

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**FLORİSTİK VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ARI VE ARI  
ÜRÜNLERİNDE FİZİKO-KİMYASAL VE PALİNOLOJİK  
PARAMETRELERE ETKİSİ: SENOZ VADİSİ (ÇAYELİ/RİZE)  
ÖRNEĞİ**

**Esra DEMİR KANBUR**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof. Dr. Vagif ATAMOV**

**JÜRİ ÜYELERİ**

**Prof. Dr. Vagif ATAMOV**

**Prof. Dr. Sevgi KOLAYLI**

**Prof. Dr. Turan YÜKSEK**

**Doç. Dr. Cemalettin BALTACI**

**Doç. Dr. Necla PEHLİVAN GEDİK**

**RİZE-2021**

**Her Hakkı Saklıdır**

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Floristik ve Çevresel Faktörlerin Arı ve Arı Ürünlerinde Fiziko-  
kimyasal ve Palinolojik Parametrelere Etkisi: Senoz Vadisi  
(Çayeli/Rize) Örneği**

Vagif ATAMOV danışmanlığında, Esra DEMİR KANBUR tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile oluşturulan jüri tarafından 12/07/2021 tarihinde Biyoloji Anabilim Dalı'nda **DOKTORA** tezi olarak kabul edilmiştir.

<b>Jüri Üyeleri</b>	<b>Unvanı, Adı Soyadı</b>	<b>İmza</b>
Başkan	:	
Üye	:	
Üye	:	
Üye	:	
Üye	:	

**Doç. Dr. Ahmet YANIK**  
**ENSTİTÜ MÜDÜRÜ**

## ÖNSÖZ

Tezimin oluşturulmasında değerli bilgilerini sonuna kadar açan ve yol gösterici olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Vagif ATAMOV'a,

Tezimin oluşturulması sırasında, fikir ve yardımlarını esirgemeyerek bana her zaman en doğru yolu gösteren ve desteğiyle daima yanımda olan eş danışman hocam Sayın Prof. Dr. Turan YÜKSEK'e,

Bilgi ve deneyimleri ile çalışmalarımdayardımcı olan, Prof. Dr. Sevgi KOLAYLI, Prof. Dr. Mustafa AKBULUT'a, Doç. Dr. Necla PEHLİVAN GEDİK'e ve Dr. Öğ. Üyesi Ali Erdem ÖZÇELİK ve Doc. Dr. Kenan GEDİK'e

Tez çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimleriyle çalışmalarımdayardımcı olan Sayın Prof. Dr. Hakkı Türker AKÇAY'a,

Yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Dr. Tuğba BAYAZIT, Dr. Adem DEMİR, Makine Yüksek Mühendisi Soner TOKÇALAR, Doç. Dr. Murat ŞİRİN ve Yüksek Kimyager Turgut KELEŞ'e,

Büyükdere Vadisi Tarımsal Kakılınma Kooperatifi başkanı Hüseyin ÇALIŞKAN ve eşi Gülcan ÇALIŞKAN'a, Mehmet KANBUR'a ve tüm bölge arıcılarına,

En zor anlarımda yanımda olan dostlarım Elif UZUN, Miray ÇAKIR ve Zeynep DEMİR'e,

Her zaman yanımda olan Annem, Babam, Ağabeyim ve Eşim'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Bu Doktora Tezi RTEÜ BAP tarafından FDK-2019-1039 nolu proje ile ve Çayeli Bakır A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

Esra DEMİR KANBUR

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Floristik ve Çevresel Faktörlerin Arı ve Arı Ürünlerinde Fiziko-kimyasal ve Palinolojik Parametrelere Etkisi: Senoz Vadisi (Çayeli/Rize) Örneği” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemleri kabul ettiğimi beyan ederim. 12/07/2021

İmza

Esra DEMİR KANBUR

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

## ÖZET

### FLORİSTİK VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ARI VE ARI ÜRÜNLERİNDE FİZİKO-KİMYASAL VE PALİNOLOJİK PARAMETRELERE ETKİSİ: SENOZ VADİSİ (ÇAYELİ/RİZE) ÖRNEĞİ

Esra DEMİR KANBUR

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Doktora  
Danışmanı: Prof. Dr. Vagif ATAMOV

Bu çalışmada Senoz Vadisi'ndeki farklı tip flora ve yükseltelerde üretilen balların fiziko-kimyasal parametrelerindeki değişimleri ve melissopalinojik özellikleri tespit edildi. Bu amaçla, araştırma alanı farklı yükselti kademelerinde (1. yükselti kademesi 0-1000m, 2. yükselti kademesi 1001-3000m) bulunan arı kovanlarının dağılımları katmanlı rastgele örnekleme metodu ile belirlendi ve rastgele seçilen kovanlardan arı ve bal örnekleri, aynı arılıklardan bitki ve toprak örnekleri alındı. Araştırma alanı ve yakın çevresine ait nektar ve polen kaynağı bitkileri toplandı. Araştırma alanından toplanan bal örneklerinde nem, şeker, nişasta, prolin, diastaz ve 5-Hidroksimetil furfural parametreleri yanısıra, bal, arı dokusu, bitki ve toprak örneklerinde ağır metal içeriği standart laboratuvar yöntemleri ile analiz edildi. Ayrıca bal örneklerinde melissopalinojik analizler yapılarak botanik orijinleri tespit edildi. Araştırma sonucunda 16 familyaya ait 48 takson nektar ve polen kaynağı bitki olarak tespit edildi. Analiz edilen balların %69,05'inin unifloral *Castanea sativa* balı ve %30,95'inin multifloral nitelikte bal olduğu belirlendi. Bal örneklerindeki toplam polen sayıları 1,872-4.518,949 arasında değişim gösterdiği ve en yüksek polen miktarının 9 no'lu kestane balında olduğu belirlendi. Karışık çiçek ballarının kestane ballarından daha düşük nem oranında olduğu bulundu. Bal örneklerindeki ortalama 5-Hidroksimetil furfural konsantrasyonları 1. ve 2. yükselti kademelerinde sırasıyla 2,72 ve 1,18 mg/kg arasında değişim gösterdi. Ortalama prolin değerleri karışık çiçek ballarında 628,34 mg/kg ve kestane ballarından ise 786,02 mg/kg olarak ölçüldü. Bal örneklerinde en yüksek Pb, Cu ve Al elementleri ve arı örneklerinde en yüksek Cr, Fe, Zn ve Mn değerlerine 2. yükselti kademesinde rastlandı. Bitki örneklerinde en yüksek konsantrasyonda bulunan elementin Alüminyum olduğu tespit edildi. Arı ve bal örneklerindeki konsantrasyonlar karşılaştırılarak arının güçlü bir biyobariyer görevi gördüğü tespit edildi.

2021, 83 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Flora, Bal, Arı Dokusu, Biyoindikatör, Ağır Metal Kirliliği

## ABSTRACT

### EFFECTS OF FLORISTIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS ON PHYSICO-CHEMICAL AND PALYNOLOGICAL PARAMETERS IN BEE AND BEE PRODUCTS: THE CASE OF SENOZ VALLEY (ÇAYELI / RIZE)

Esra DEMİR KANBUR

Recep Tayyip Erdogan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology

Ph. D.

Supervisor: Prof. Dr.Vagif ATAMOV

In this study, the changes in the physico-chemical parameters and melissopalynological properties of honey produced in different types of flora and altitudes in the Senoz Valley were determined. For this purpose, the distribution of bee hives at different altitude in the research area (1st altitude 0-1000 m, 2nd altitude 1001-3000 m) were determined by layered random sampling method, and bee and honey, plant and soil samples was taken from randomly selected hives, plant and soil samples was taken from the same apiaries. Nectar and pollen source plants were collected belonging to the research area and its surroundings. In addition to moisture, sugar, starch, proline, diastase and 5-Hydroxymethyl furfural parameters in honey samples collected from the research area, heavy metal content in honey, bee tissue, plant and soil samples were analyzed by standard laboratory methods. In addition, melissopalynological analyzes were made in honey samples and their botanical origins were determined. As a result of the research, 48 taxa belonging to 16 families were determined as nectar and pollen sources plant. It was determined that 69.05% of the analyzed honeys were unifloral *Castanea sativa* honey and 30.95% were multifloral honey. It was determined that the total pollen numbers in honey samples varied between 1.872-4.518.949 and the highest pollen amount was in chestnut honey number 9. Mixed flower honeys were found to have lower moisture content than chestnut honeys. Average 5-Hydroxymethyl furfural concentrations in honey samples varied between 2.72 and 1.18 mg/kg at 1st and 2nd altitude levels, respectively. Average proline values were measured as 628.34 mg/kg in mixed flower honeys and 786.02 mg/kg in chestnut honeys. The highest Pb, Cu and Al elements in honey samples and the highest Cr, Fe, Zn and Mn values in bee samples were found at the 2nd altitude level. It was determined that the element with the highest concentration in plant samples was Aluminum. By comparing the concentrations in bee and honey samples, it was determined that the bee acts as a strong biobarrier.

**2021, 83 pages**

**Keywords:** Flora, Honey, Bee Tissue, Bioindicator, Heavy Metal Pollution

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ .....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	IX
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Flora ve Arıcılık .....	7
1.3. Dünyada ve Türkiye’de Bal üretimi.....	12
1.4. Balda Yapılan Bazı Fizikokimyasal Analizler.....	14
1.5. Çevre Kirliliğinin Bal Üzerindeki Etkileri .....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	21
2.1. Arazi Çalışmaları.....	21
2.1.1. Deneme Alanlarının Seçilmesi.....	21
2.1.2. Deneme Alanlarından Nektar ve Polen Kaynağı Bitkilerin Toplanması .....	22
2.1.3. Deneme Alanlarından Bal Örneklerinin Alınması .....	22
2.1.4. Deneme Alanlarından Arı Örneklerinin Alınması .....	22
2.1.5. Deneme Alanlarından Toprak Örneklerinin Alınması .....	23
2.2. Yöntem.....	23
2.2.1. Bal Numunelerinin Melissopalnolojik ve Fiziko-kimyasal Analizleri .....	23
2.2.1.1. Bal Örneklerinde Melissopalnolojik Analizler .....	23
2.2.1.1.1. Polen Teşhisi İçin Preparatların Hazırlanması ve İncelenmesi .....	23
2.2.1.1.2. Bal Örneklerinden Toplam Polen Sayısı (TPS) Analizi için Preparat Hazırlanması ve İncelenmesi .....	24
2.2.2. Bal Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analizler .....	25
2.2.2.1. Balda Nişasta Analizi .....	25
2.2.2.2. Balda HMF Analizi .....	25
2.2.2.3. Balda Prolin Analizi .....	26
2.2.2.4. Balda Diastaz Analizi.....	26
2.2.2.5. Balda Şeker Analizi.....	26

2.2.2.6.	Balda Refraktometre ile Nem Tayini .....	27
2.3.	Bal, Arı, Bitki ve Toprak Numunelerinin Analize Hazır Hale Getirilmesi ve Laboratuvar Analizleri .....	27
2.3.1.	Bal Örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini .....	27
2.3.2.	Arı Örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini.....	28
2.3.3.	Bitki örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini.....	28
2.3.4.	Toprak Örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini .....	29
2.4.	Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi .....	29
3.	BULGULAR .....	29
3.1.	Polen ve Nektar Kaynağı Bitkiler Listesi.....	29
3.2.	Bal Örneklerinin Melissopalinojik Analiz Sonuçları .....	35
3.3.	Yükselti Kademeleri ve Vejetasyon Yapısı Sınıflandırılmasına Göre Bal Örneklerindeki Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analiz Sonuçları.....	40
3.3.1.	Bal Örneklerinin Yükselti Kademelerine Göre Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analiz Sonuçları .....	40
3.3.2.	Senoz Vadisi Floristik Yapısına Göre Sınıflandırılan Bal Örneklerinde Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analiz Sonuçları .....	42
3.4.	Arı Dokusu, Bitki ve Toprak Örneklerindeki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi .....	44
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR .....	48
4.1.	Araştırma Alanının Nektar ve Polen Kaynağı Bitkileri .....	48
4.2.	Bal Örneklerinin Melissopalinojik ve Nişasta Analizlerin Sonuçları .....	48
4.3.	Bal Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analizlerin Sonuçları .....	50
4.4.	Bal, Arı, Bitki ve Toprak Numunelerinin ICP-OES ile Element Analizi Sonuçları.....	53
5.	ÖNERİLER .....	66
	KAYNAKLAR .....	68
	EKLER .....	77

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Senoz Vadisi coğrafi konumu .....	3
Şekil 2. Senoz Vadisi subalpin vejetasyonu .....	11
Şekil 3. Deneme alanları.....	22
Şekil 4. Bal örneklerinde yükselti kademelerine göre TPS-10 g değişimi.....	50
Şekil 5. Bal örneklerinde yükselti kademelerine göre % Nem değişimi .....	51
Şekil 6. Bal örneklerinde ölçülen Pb, Cu ve Al ağır metalleri konsantrasyonlarının yükselti kademelerine göre karşılaştırılması .....	53
Şekil 7. Arı örneklerinde ölçülen Fe, Zn ve Mn ağır metalleri konsantrasyonlarının yükselti kademelerine göre karşılaştırılması .....	54
Şekil 8. Toprak Örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının yükselti kademelerine göre karşılaştırılması .....	55
Şekil 9. Çimeroz Yaylası istasyonuna ait görüntü, Vaccinium birlikleri .....	77
Şekil 10. Marabadam Yaylası istasyonuna ait görüntü .....	78
Şekil 11. Marabadam Yaylası istasyonunda seçilen arılığa ait görüntü .....	78
Şekil 12. Marabadam Yaylası istasyonuna ait görüntü .....	79
Şekil 13. <i>Trifolium repens</i> bitkisine ait görüntü .....	79
Şekil 14. <i>Laurocerasus officinalis</i> bitkisine ait görüntü.....	80
Şekil 15. Rosaceae ve <i>Castanea sativa</i> polenlerine ait görüntü .....	80
Şekil 16. <i>Tilia rubra</i> , <i>Castanea sativa</i> ve Ericaceae taksonlarına ait polen görüntüleri... 81	
Şekil 17. <i>Rhododendron ponticum</i> polenine ait görünüşü (x100).....	81
Şekil 18. <i>Onobrychis</i> sp. polenine ait görüntü (x100).....	82
Şekil 19. Poleni çok zengin ballardan görüntü .....	82
Şekil 20. Arılık çevresine bulunan potansiyel kirlenici (suyun üstü paslanmış teneke ile örtülmüş) .....	83
Şekil 21. Kimyasal gübreleme yapılan çay tarım arazisi çevresinde bulunan arılıklara ait görüntü .....	83

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Senoz Vadisi ballarının toplandığı bölgelere göre polen spektrumu ve toplam polen sayısı (TPS-10g) (*Dominant polen, **Sekonder polen, ***Minör polen, ****Eser polen).....	36
<b>Tablo 2.</b> Senoz Vadisi'nde Yükselti ve Floristik Yapıya Göre Tanımlanan Ballarda Toplam Polen Sayısı Değişimi.....	40
<b>Tablo 3.</b> Senoz Vadisi Bal Örneklerinin Yükselti Kademelerine Göre Şeker, Diastaz, Prolin, HMF ve Nem Değerlerinin Değişimi .....	41
<b>Tablo 4.</b> Senoz Vadisi Bal Örneklerindeki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi.....	42
<b>Tablo 5.</b> Floristik Yapıya Göre Sınıflandırılan Bal Örneklerindeki Şeker, Diastaz, Prolin, HMF ve Nem Değerlerinin Değişimi .....	43
<b>Tablo 6.</b> Vejetasyon Yapısı Sınıflandırılmasına Göre Bal Örneklerindeki Ağır Metal Değerlerinin Değişimi .....	44
<b>Tablo 7.</b> Arı Dokusundaki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi .....	45
<b>Tablo 8:</b> Bitkilerde Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi..	46
<b>Tablo 9 .</b> Topraktaki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi	47
<b>Tablo 10.</b> 1. yükselti kademesinde (0-1000 m) bal, arı, bitki ve toprak örneklerinin element içeriğinin karşılaştırılması .....	56
<b>Tablo 11.</b> 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) bal, arı, bitki ve toprak örneklerinin ortalama element konsantrasyonlarının karşılaştırılması .....	56

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Co	Kobalt
Pb	Kurşun
Ni	Nikel
Fe	Demir
Zn	Çinko
Cu	Bakır
Al	Alüminyum
Mn	Mangan
g	Gram
mg	Miligram
kg	Kilogram
µg	Mikrogram
ml	Mililitre
m <sup>2</sup>	Metrekare
TPS	Toplam Polen Sayısı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
HMF	5-Hidroksimetil furfural
%	Yüzde

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Türkiye, flora bütünlüğü bakımından ele alındığında üç fitocoğrafik bölge ılıman kuşak içerisinde bulunması ile sahip olduğu bitki çeşitliliği sayesinde dikkat çeker. Bir ülkenin florasının zenginliği, o ülkede yetişen türlerin sayısı ile ilginçliği de bitkilerin yayılışı ve çeşitli vejetasyon tiplerine sahip olması ile ölçülebilir (Turgut, 2012). Türkiye yaklaşık 12.000 bitki taksonuna (tür, alt tür ve varyete düzeyinde) sahiptir (Erik ve Tarıkahya, 2004). Türkiye'nin bu özelliği, coğrafi faktörlerin ya da diğer bir ifade ile bitkilerin yetişme ortamlarının çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Kısa mesafelerde ortaya çıkan iklim değişiklikleri, morfolojik özelliklerinden kaynaklanan çeşitlilikler, toprak tiplerinin farklılıkları, topoğrafik çeşitlilik gibi çok sayıda coğrafi faktör, vejetasyon yapısının farklılaşmasına ve türce çeşitlenmeye sebep olmuştur. Ülkemizde bulunan fitocoğrafik bölgeler Kuzeyde Avrupa-Sibirya; Doğu ve Orta Anadolu'da İran-Turan; Güney ve Batıda ise Akdeniz fitocoğrafik bölgeleridir. Rize ili ve çevresi ülkemizin bitki coğrafyası bakımından 3 büyük flora bölgesi olan Euro-Siberian, İrano-Turanian ve Mediterranean (Akdeniz) bölgelerinden Euro-Siberian flora bölgesinin Colchis (Kolşik) kesiminde yer almaktadır (Davis, 1988). Türkiye'deki Euro-Siberian flora alanı Ordu ili Melet Irmağı ile ikiye ayrılmaktadır. Doğusunda kalan kesim Kolşik batısında kalan kesim ise Öksin olarak adlandırılmaktadır. Doğu Karadeniz Bölümünü orta Karadeniz bölümünden ayıran Melet Irmağı ile doğu ve batı kesimine ayrılan Oksin sahanın doğuda kalan kısmına Kolşik adı verilmiştir. Bu bölgede Doğu ladini (*Picea orientalis*, Doğu kayını (*Fagus orientalis*), Kestane (*Casanea sativa*), Doğu Karadeniz meşesi (*Quercus pontica*), Kafkas ormangülü, (*Rhododendron caucasicum*) vd. taksonların yaygın olduğu bir floristik özelliğe sahiptir (Avcı, 2005).

Türkiye uygun ekolojisi, zengin florası ve arı materyalindeki genetik varyasyonu ile arıcılıkta yirmi birinci yüzyılda söz sahibi olacak ülkelerden biri durumundadır. Ülkemiz dünyanın en önemli on iki gen merkezinden biridir ve Türkiye doğal veya kültüre alınan yaklaşık 450 bitki türünün nektarlı olduğu ve arıcılık için önem taşıdığı bilinmektedir (Sorkun, 2008).

Bal arısı türü *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, çeşitli iklim koşullarına dayanıklı olup geniş bir yelpazede dağılmıştır ve çok sayıda alt türe ayrılmıştır. *A. mellifera* farklı

taksonomik revizyonlar ile 20-30 alt tür tanımlanmıştır (Ruttner, 1988). *Apis mellifera*'nın içinde yaşadığı peyzajın bileşimi ve konfigürasyonu, kovanların refahını ve üyelerinin bitkilere sağlayabileceği tozlaşma hizmeti oldukça önemli bir konudur. *Apis mellifera*, gıda üretimiyle bağlantılı bitkilerin çoğunun tozlaştırıcısı olarak çok önemli bir rol oynaması nedeniyle insan hayatı, ekosistem sağlığı ve sürdürülebilirliği için son derece önemlidir (Joseph vd., 2020). Bu nedenle ilk çağlardan günümüze kadar bal arıları, bal ve insan arasında güçlü bir ilişki kurulmuş ve arıcılık faaliyetleri bir yaşam kültürü ve ekonomik önemi olan sektör haline dönüşmüştür.

Arıcılık, bitkisel kaynakları, arıyı ve emeği birlikte kullanarak bal, polen, arı sütü, propolis, arı zehiri gibi ürünler ile ana arı, oğul, paket arı gibi canlı materyal üretme faaliyetidir. Toprağa bağlı kalımsızın yapılabilen ve çeşitli tarım kolları ile uyumlu bir şekilde yürütülebilen bir yetiştiricilik koludur. Deniz seviyesinden binlerce metre yükseklikteki yaylalara kadar, nektar ve polenin bulunduğu her yerde arıcılık faaliyetleri yürütülebilmektedir. Bu faaliyetler sırasında, bal arısı (*Apis mellifera*) kolonilerin buldukları yörelere göre nektar akımının en bol olduğu dönemlerde ergin arı popülasyonunun en üst düzeye ulaştırılması ve bu popülasyonun bal üretimi ve bitkilerin polinasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayede birçok bitkisel üretim arıcılık ile karşılıklı yarar sağlayarak sürdürülmektedir. Arıcılık faaliyetlerinin verimli ve sürdürülebilirliğinde yetişme ortamı iklim özellikleri yanı sıra bitkisel tür çeşitliliğinin etkisi oldukça fazladır.

Doğu Karadeniz Türkiye’de en fazla bal üreten ikinci bölgedir (Anonim, 2021). Doğu Karadeniz bölgesinde deniz seviyesinden alpin bölgelere kadar ulaşan yükseltilerde ve farklı tip floristik yapıda ve mikro iklimin hâkim olduğu arazilerde arıcılık faaliyetleri yapılmaktadır. Bölge genelinde farklı tip yetişme (floristik yapı, mikro iklim, vb.) ortamlarında yürütülen arıcılık faaliyetleri sonucunda farklı tip renk, tat, aroma ve kaliteye sahip ballar üretilmekte ve kalitesi laboratuvar analizleri ile belirlendikten sonra tüketicinin beğenisine sunulmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesinde üretilen ballar gerek iç piyasada gerekse ülke dışında yoğun talep görmektedir.

Araştırma alanı Senoz Vadisi (Şekil 1) Kolşik flora bölgesi içinde yer almaktadır. Kolşik Flora kesiminde kalan Rize ili Çayeli ilçesi sınırlarında Avrupa-Sibirya elementleri, Akdeniz Florası elementleri ile yer yer İran-Turan kökenli bitkiler de bulunmaktadır. Bu üç grup flora elementlerinden kuşkusuz en zengini Kolşik bitkilerdir (URL-1). Çalışma alanının bitki örtüsünde orman birlikleri baskın durumdadır. Kıyıda



2011 ). Gıda sektöründeki yanlış uygulamaların toplum üzerinde ciddi etkileri vardır ve bu da insanların ekonomik, sosyal ve sağlık yönlerine yansır. Bal, en çok karıştırılan yiyecekler arasında altıncı sıraya yerleştirilmiştir (Izquierdo vd., 2020). Avrupa Birliği'nde artan bal talebi, dünyanın diğer bölgelerinden bal ithalatına yol açmıştır. Bu ithal edilen balların büyük bir kısmı, saf olmayan veya aldatıcı bir şekilde etiketlenmiş olarak bulunmuştur.

Balın orijini günümüz koşullarında bal örneğindeki polenlerin santrifüjle çöktürüldükten sonra mikroskopta teşhis edilmesine dayanmaktadır (Bölükbaşı, 2017). Melissopalinoji, balın kalite kontrolü için büyük önem taşımaktadır. Bal her zaman çok sayıda polen taneleri ve bal özü elementi içerir, bu nedenle bu içerikler balın geldiği ortamın iyi bir parmak izini sağlar. Polen analizi bu nedenle balların coğrafi ve botanik kökenini belirlemek ve kontrol etmek için yararlı olabilir. Multifloral bal asla tek bir botanik kaynaktan elde edilemez. Aksine, “unifloral” bal terimi, çoğunlukla bir türden üretilen balı tanımlamak için kullanılır. Genellikle Bir balın “unifloral” olarak adlandırılması için polen içeriği, toplam polen sayısının en az %45'i olmalıdır (Çelemlı vd., 2018). Balın bileşimi ve özellikleri bölgenin floristik özelliklerine, çevresel faktörlere, arıcılık uygulamaları ve iklimsel faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Sahip olduğu zengin içeriği ile bal mükemmel bir besin ve sakinleştiricidir. Geçmişte, bal genel olarak tatlandırıcı bir ürün şeklinde kabul edilirken; günümüzde eşsiz besleyici ve organoleptik mineral yapısı, vitamin, protein, antibakteriyel, antioksidan özellikleri ve diğer faydalı madde içeriğinden dolayı başta gıda sektörü olmak üzere kozmetik ve sağlık sektöründe yoğun biçimde kullanılmaktadır (Bogdanov, 2017).

Balın kalitesi fiziko kimyasal analizler ile belirlenmektedir. Uluslararası bal komisyonu (IHC,1997) tarafından balın nem içeriği, elektrik iletkenliği, indirgen şekerler, fruktoz ve glukoz miktarı, sakaroz içeriği, şekerler, mineral, serbest asitlik, diastaz aktivitesi, HMF içeriği, invertaz aktivitesi, prolin içeriği gibi bazı spesifik bileşenler balın kalite kriterleri olarak kabul edilmektedir. Balın botanik kökeninin analizi sayesinde balın bitki polenlerinin sıklığı bilinir ve kalitesinin yetişme ortamı koşullarına bağlı olduğu belirtilmektedir (Nisbet vd., 2013). Dünya genelinde kendine özgü bir tadı olan veya bir başka özelliği ile öne çıkan 300'den fazla farklı bal çeşidi bulunmaktadır. Üretilirken neredeyse her bileşen, özellikle tat, koku, renk, nem içeriği, şeker kompozisyonu oldukça değişkendir. Tarımsal uygulamalar ve floristik yapı arıcılık alanlarının değeri, üretilen balın kalitesi, türü ve miktarını etkilemektedir (White Jr.,

1978).

Ağır metaller biyolojik süreçlere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır. Antropojenik kirlilik kaynaklarının artması (sanayi, plansız kentleşme, motorlu araç, plansız tarım, tarımda hatalı ve aşırı kimyasal gübreleme ve pestisit kullanımı, vb.) çevreyi olumsuz yönde etkiler. Atmosfere çeşitli yollar ile yayılan toz, duman ve zehirli gazlar toprak, su ve bitkileri olumsuz etkilemektedir. Bu çevresel kirleticiler ve neden olduğu kirlilikler arının yaşam süreci üzerinde etkili olmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003).

Arı ürünleri farklı kaynaklardan kontamine olabilir. Kontaminasyon, arıcılık uygulamalarından veya çevreden kaynaklanabilir. Çevresel kirleticiler, incelemenin ilk bölümünde ele alınmıştır. Bunlar: ağır metaller kurşun, kadmiyum ve cıva, radyoaktif izotoplar, organik kirleticiler, pestisitler (böcek öldürücüler, fungusitler, herbisitler ve bakterisitler), patojenik bakteriler ve genetiği değiştirilmiş organizmalardır. İncelemenin ikinci bölümünde arıcılıktan kaynaklanan kirleticiler tartışılmaktadır. Başlıca olanlar akarisitlerdir: lipofilik sentetik bileşikler ve organik asitler ve uçucu yağların bileşenleri gibi toksik olmayan maddeler ve arı kuluçka hastalıklarının kontrolü için kullanılan antibiyotikler, özellikle tetrasiklinler, streptomisin, sülfonamidler ve kloramfenikol. Arıcılıkta kullanılan diğer maddeler küçük bir rol oynar: paradiklorobenzen, mum güvesi ve kimyasal kovucuların kontrolü için kullanılır. Bal, polen, balmumu, propolis ve arı sütünün farklı kirleticiler tarafından kirlenme derecesi gözden geçirilir (Bogdanov, 2008). Rize ili genelindeki çaylık alanların artışına bağlı olarak kullanılan kimyasal gübre miktarı da hızla artmaktadır. 2018 Yılı verilerine göre Rize ilinde satılan kimyasal gübre miktarının 150 000 ton olduğu tahmin edilmektedir. Arazi karakteristiklerine bağlı olarak bu gübrelerin %20-40 (30-60 bin ton) arasında yıkanarak toprak ve su kaynaklarını kirlettiği öngörülmektedir. Tarım arazileri ve yakın çevresindeki toprak ve su kaynaklarındaki kirliliğin buradaki flora ve fauna üzerinde olumsuz etkileri olduğu kaçınılmaz bir gerçektir.

Çeşitli kimyasal ürünlerin çevrede sürekli olarak uygulanması, günümüzde, bazıları çevrede devam ederek ciddi hastalıklara yol açtığı için tüm dünya için büyük

endişe kaynağıdır. Bu kimyasal kirliliğin karakterizasyonu için çeşitli örnekleme teknikleri kullanılmıştır, ancak son zamanlarda doğal örnekleyiciler kullanarak biyozileme etkinliği, özgüllüğü ve düşük maliyeti nedeniyle bu alanda tercih edilen teknik haline gelmiştir. Aslında, biyomonitörler olarak bilinen birkaç canlı organizma, çevrede izlenmelerine izin veren iyi bilinen kalıcı çevre kirleticileri biriktirebilir (Al-Alam vd., 2019). Biyoindikatörler çevresel kirliliğe yaşam fonksiyonlarını değiştirerek veya toksinleri vucudunda biriktirerek cevap veren canlılardır. Genel anlamda organizma, kendi sağlığını indike ederken özel anlamda ekosistem sağlığının göstergesi olmaktadır (Topyıldız ve Yarsan, 2014). Son yıllarda, ağır metal kirliliği için biyomonitör olarak daha yüksek bitki yapraklarının artan kullanımı, çevre ve özellikle kentsel alanlarda görülmüştür. Bugün, sadece bitkisel kaynaklar (likenler, yosunlar, ağaç kabukları, ağaç halkaları, çam iğneleri, otlar ve yapraklar) değil, aynı zamanda ağır metal birikimi ve metal kirliliğinin dağılımını tespit etmek için diğer birçok canlı organizma (yumuşakçalar, balıklar, kuşlar ve siyanobakteriler) biyomonitör olarak kullanılmaktadır. Birçok biyomonitör türü olmasına rağmen, özellikle yosunlar algler ve likenler daha yüksek metal biriktirme kapasitesine sahip olduklarından kentsel ortamlarda metal kirliliğini izlemek için en sık kullanılan organizmalardır (Akgüç vd., 2010). Farklı ekosistemlerin tümünde ortak bir paydaş olan toprak, insan sağlığı üzerinde çeşitli şekillerde olumlu veya olumsuz etkilerin oluşmasına neden olabilir. Topraktaki elementler besin zinciri boyunca bitkiler ve hayvanlar üzerinden geçer ve ayrıca su kaynağına girer. Her ikisi de sağlığa yol açan toksik veya farklı konsantrasyonlarda ortaya çıkabilir (Kapanen ve Itavaara, 2001).

Hızla gelişen sanayi ve kişi başına düşen aşırı, hızlı ve plansız tüketim anlayışı ile birlikte çevre kirliliği tüm dünya genelinde hızlı bir şekilde artmaktadır. Bilim insanları çevre kirliliğini önlemek için yoğun bir şekilde çalışmalarına devam etmektedir. Ancak çevre kirliliğinin daha iyi anlaşılması için sadece sanayi kuruluşlarının bulunduğu alanlarda değil diğer alanlarda da dış ortam faktörlerinin çok iyi biçimde analiz edilmesi ve dış ortam faktörlerinin çevre sorunları ile nasıl bir ilişki içinde olduğunun tespit edilmesi son derece önemlidir. Son yıllarda çevre kirliliğinin izlenmesinde toprak, su ve bitkinin yanı sıra canlıların da izlenmesi ve araştırılması hızla yaygınlaşmaktadır. Bilindiği üzere arıcılık faaliyetleri dış ortam koşullarında ve her türlü çevresel etkilere karşı açık alanlarda yürütülmektedir. Arı da çevre kirliliğinde biyoindikatör olarak rol almaktadır.

Rize ilinde arıcılık faaliyetleri deniz seviyesinden dağ çayırlarının bulunduğu yüksek rakımlara kadar yürütülmektedir. Deniz seviyesine yakın alt rakımlarda arazinin büyük çoğunluğunda çay tarımı yapılmaktadır. Çay bahçelerinde daha fazla ürün almak gayesiyle aşırı, plansız ve kontrolsüz biçimde kimyasal gübreler kullanılmaktadır. Azot, fosfor ve potasyum içeren bu gübreler yıkanarak toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olduğu pek çok araştırmada belirtilmiştir (Yüksek, 2004; Yüksek, Yüksek ve Kurdoğlu, 2017). Ancak yörede çay bahçesi çevresinde yürütülen arıcılık faaliyetlerinin arılar ve arı ürünlerine etkisi konusunda araştırmaya dayalı herhangi bir bilgiye ulaşılmamıştır. Bir diğer önemli husus araştırma alanı çevresinde yürütülen madencilik faaliyetlerinin arı ve arı ürünleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olup olmadığı konusudur. Yörede bu konuda da yapılmış bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle farklı nitelikteki kirletici ortamların (çay tarım alanları ve madencilik faaliyetleri, vb.) arı ve arı ürünleri üzerindeki etkisinin kabul edilebilir araştırma yöntemleri ile tespit edilmesi ve sayısal verilerle ortaya konulması çevre, gıda ve insan sağlığı için çok büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle arılar ve arı ürünlerinin (bal, polen, propolis vb.) dış ortamlardaki kirliliğinin belirlenmesinde girdi olarak kullanılması sorunun doğru bir şekilde belirlenmesine katkı sağlayabilir. Arı dokusu ve bal üzerinde ağır metallerin çalışıldığı yerli ve yabancı pek çok çalışma vardır. Ancak farklı tip çevresel faktörlerin (toprak, bitki örtüsü, arazi kullanım şekli, madencilik faaliyetleri vb.) arı dokusu ve arı ürünleri üzerindeki etkilerinin arazi ve laboratuvar çalışmaları ile sayısal olarak ifade edilmesi oldukça önemli bir husustur.

Bu çalışmanın hipotezi: Çevresel faktörlerin neden olduğu kirliliğinin belirlenmesinde arı ve arı ürünlerinin etkisi yoktur. Bu çalışmanın amacı, çok nemli kuzeydoğu Karadeniz bölgesinde yer alan Senoz Vadisi'nde farklı flora türleri (kestane ve yayla) ile üretilen balların fizikokimyasal değişimleri, melissopalinojenik özelliklerin ve ağır metal içeriğinin belirlenmesidir.

## **1.2. Flora ve Arıcılık**

Türkiye florası, Güney Avrupa ile Güneybatı Asya Floraları arasında bir köprü oluşturarak, ekvatorial ve subekvatorial kuşaklarından sonra dünyanın flora açısından en zengin bölgeleri arasında bulunmaktadır (Çobanoğlu, 2013). Kutuplar hariç hemen hemen her yerde arıcılık faaliyeti yapılabilmektedir. Ancak aşırı sıcaklık, nem, yağış,

basınç ve rüzgâr şartları bu faaliyeti olumsuz yönde etkilemektedir (Koday ve Karadağ, 2020). Uygun coğrafi şartlara sahip alanlar tercih edilir. Flora, arıcılıkla doğrudan bağlantılıdır. Bölgenin iklimi, topoğrafyası ve hidrografik şartlar ile arıcılık arasında sıkı bir ilişki vardır (Tunçel, 1992). Bitki çeşitliliğinin yüksek olması arı sağlığını ve ürünlerini doğrudan etkilemektedir. Arıcılığın yoğun olarak yapıldığı bölgede floristik çalışmalar da beraberinde yapılmış ve geliştirilmiştir.

Rize'den bitki toplayan ilk bilim adamı 1717 yılında Tournefort'tur, onu Koch ve Balansa (Güner ve vd., 1987) takip etmiştir. 1892'de Bornmüller, 1895'ten itibaren ise Albov'un araştırma alanı ve çevresinden bitki topladığı görülmektedir (Eminağaoğlu, 2002). Davis ve J.G. Dodds Rize'den topladıkları bitkileri Flora of Turkey and the East Aegean Islands'ta (Davis, 1965-1985) yayınlamışlardır. V. Komarov Flora of 6 U.S.S.R'de (Komarov, 1933-1964), A.A. Grossheim ise Flora Kavkaza'da (Grossheim, 1939-1967) Rize ili ve çevresinden birçok takson kaydı vermişlerdir (Güner vd.,1987). Ayrıca Anşin (1980) Doğu Karadeniz Bölgesi Florası ve Asal Vejetasyon Tiplerinin Floristik İçerikleri adlı çalışmasında Rize'den bitki örnekleri toplamıştır.

Güner vd. (1987)'i bütün Rize'yi kapsayan, Rize Florası, Vejetasyonu ve Yöre Ballarının Polen Analizi adlı TBAG-650 nolu proje kapsamında, 1974-1986 yılları arasında toplamış oldukları 4338 bitki örneğini incelemişler ve sonuç olarak 110'u endemik, 15'i Türkiye için yeni kayıt olmak üzere 1430 tür tespit etmişlerdir.

Çalışma alanında Kolşik flora hakimiyeti göze çarpmaktadır. Grid haritalama sistemine göre Rize İlinin de yer aldığı A8 karesinde TÜBİVES kayıtlarına göre 2361 takson yer almaktadır. Rize İlinde ise 777 takson olduğu bildirilmiştir (URL-2).

Rize İli'nde son yıllarda birçok floristik çalışmalar yapıp bölgenin flora ve vejetasyonuna katkılar sağlanmıştır. Atamov vd. (2013 a-b), Atamov vd. (2014) ve Atomov vd. (2015a-b) Rize'de nadir ve endemik bitkiler, habitat ve bitki çeşitliliği, geofitler, ballı bitkiler ve botanik turizmini de kapsayan çalışmalar yaparak bölgenin floristik yönden tanıtımına katkı sağlamışlardır.

Başhemşin Yaylası florası (Baykal ve Atamov, 2015) Ambarlık Yaylası flora ve vejetasyonu (Süzen, 2017), Tunca Vadisi ve çevresinin floristik yapıları (Baykal vd., 2018), Handüzü Yaylası Florası (Atamov ve Çobanoğlu, 2019) ve Akyamaç Şelalesi Tabiat Parkı çevresinin florası (Baykal, 2019) çalışmalarında turizme açık olan bu bölgelerin bitkilerini belirleyerek gelecekte turizmin floristik yapıya etkilerini karşılaştırabileceğimiz çalışmaların temelini oluşturmuşlardır.

Sahilden yaklaşık 700-750 m yüksekliğe kadar *Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.'nın baskın olduğu geniş yapraklı orman vejetasyonu yayılmaktadır. Bu kuşakta yer yer iğne yapraklıların aşağılara indiği görülmektedir. Geniş yapraklı orman kuşağının altında *Rhododendron ponticum*'un baskın olduğu zengin bir ormanaltı bitki örtüsü göze çarpmaktadır. 750-1250 m yükseltiler arasındaki kuşakta ise *Fagus orientalis* L., *Castanea sativa* Mill., *Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt., *Carpinus betulus* L. vb. karışık orman formasyonları baskındır. Karışık orman sınırının üstünde, bazı yerlerde 1800 m, bazı yerlerde ise 2200 m yükseltiye kadar çıkabilen *Picea orientalis* türünün monodominant olduğu iğne yapraklı ormanlar yer alır. Gerek karışık gerekse iğne yapraklı orman formasyonlarında *Rhododendron* L. cinsine ait türlerin hâkim olduğu zengin bir ormanaltı vejetasyonu bulunmaktadır. İğne yapraklı ormanların bittiği noktadan sonra ise subalpin-alpin çayır ve çalı vejetasyonu yer almaktadır.

Güner vd. (1987), Rize Florası, Vejetasyonu ve Yöre Ballarının Polen Analizi adlı TBAG-650 nolu projenin vejetasyon kısmında Rize ilinin fitososyolojisini, orman vejetasyonuna ait 5 birlik, yüksek dağ çayır ve çalılık vejetasyonuna ait 1 sınıf, 2 ordo, 5 alyansa dahil 8 birlik halinde sınıflandırmışlardır.

Eminağaoğlu (2015) yayınladığı Artvin'in doğal bitkileri kitabında Artvin'de pseudomaki, orman, sucul (göl) ve bataklık, dağ stepi, subalpin, alpin, nemli dere ve kaya olmak üzere sekiz vejetasyon tipi tanımlamıştır. Karadeniz bitki coğrafyasında orman vejetasyonuna ait fitososyolojik birimlerin bütünü *Querceta pubescentis* ve *Querceto-Fageta* sınıflarına dahil edilirler. Bu birlikler şu şekilde taksonomik kategorilere ayrılmıştır.

Üst sınıf : Querceto-Fagea, Fukarek-Fabijanik 1968

Sınıf : Querceto-Fagetea, (Braun-Blanquet et Vliegler 1937), Fukarek-Fabijanik 1968

Ordo : Rhododendro-Fagetalia orientalis Br.-Bl. Et.VI 1937

Alyans : Castaneo-Carpinion Quezel et al. 1980

Birlik : Fago orientalis-Castaneetum sativae Vural 1987Sınıf: *Querceto-fageta*

Rize İli genelinde Baykal(2019), Süzen(2017) Çobanoğlu ve Atamov (2019) vejetasyon çalışmaları yaparak bölgenin floristik yapısına katkılar sağlamışlardır. Çalışma alanındaki subalpin vejetasyona ait hakim taksonomik kategorileri ise şu şekildedir.

Üst sınıf : Querceto-Fagea, Fukarek-Fabijanik 1968

Sınıf 1 : Alchemillo retinervis-Sibbaldietea parviflorae, Vural 1987

Ordo : Rhododendro-Fagetalia orientalis Br.-Bl. Et.VI 1937

Alyans : Vaccinio myrtilli-Rhododendrion caucasici, Vural 1987

Birlik : Vaccinio myrtilli-Rhododendretum caucasici, Vural 1987

Güçlü bir arı kolonisi ve nektarlı bitkiler açısından zengin bir flora bal verimini etkileyen en önemli faktörlerdendir (Polat vd., 2020). Bu nedenle floral kapasitenin yeterli ve zengin olması arı sağlığında ve ürünlerinin üretiminde verimi ve kaliteyi olumlu yönde etkiler. Bu anlamda araştırma alanı olan Senoz Vadisi'nin bitki örtüsü nektarlı bitkiler açısından zengin olan karışık orman birlikleri ile temsil olunmuş orman vejetasyon ve subalpin vejetasyonlarına sahiptir (Şekil 3-4).



Şekil 2. Senoz vadisi Orman Vejetasyonunun Genel Görünüşü



**Şekil 2.** Senoz Vadisi subalpin vejetasyonu

Arıcılık, tanımında da belirtildiği gibi bir sanat veya beceri işidir. Arıcılar çok dinamik bir yapıya sahip olan kolonilerini, bölgenin flora durumuna göre ve kendi amacı doğrultusunda kullanma ve yönetme sanatını iyi öğrenmelidirler

(<https://www.aricilik.com.tr/aricilik-hakkinda-bilgiler/> erişim tarihi 29.03.2020). Arılar için flora bir ham madde kaynağıdır. Çünkü arılar nektar ve polen kaynağı olan değişik vejetasyon tiplerini oluşturan yerel flora elementlerinden, alpin çayırlarından, kır çiçeklerinden ve diğer kültür bitkilerinden topladıkları maddelerden bal yaparlar. Sosyal bir topluluk olan arıların, yapılan deneylerde 29-33°C arasında çok faal oldukları, 10°C altında ve 37°C üzerinde hiç faaliyette bulunmadıkları belirtilmektedir (Çağlıyan, 2015). Kuzeydoğu Karadenizde farklı vejetasyon tiplerinde, özellikle orman, çayır, pseudomaki, subalpin çayırlıkların nektar ve polenle zengin bölgelerde yoğun arıcılık faaliyetleri sürdürülmesine rağmen, yetiştirme ortamı özelliklerinin (örneğin yükselti, bakı, arazi kullanım şekli, floristik kompozisyon, yağış, sıcaklık, vb.) üretilen balların niteliğine nasıl etki ettiği konusundaki çalışmalar yetersiz seviyededir. Yetiştirme ortamı faktörlerinin balın kalitesi üzerinde nasıl etkili olduğu konusunda araştırmaların yapılması ile bir yandan tüketici güvenini artırabileceği, diğer yandan sürdürülebilir bal üretim modeline katkı sağlayacağı şüphesizdir. Arıcılık faaliyeti diğer hayvancılık faaliyetlerine kıyasla atık madde miktarının yok denecek kadar az olması sebebiyle de oldukça önem arz etmektedir. Arıcılıkta genellikle bal ürünü göz önünde olsa da propolis, arı sütü, arı zehiri, polen ve arı ekmeği gibi geniş bir ürün yelpazesi mevcuttur (Koday ve Karadağ, 2020). Bu açıdan sürdürülebilir arıcılığın yapılması önem arz etmektedir. Arıcılığın gelişmesi ve sürdürülmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bal ormanlarının kurulması bu çalışmaların başında yer alır. Özkan ve ark. (2020) Batı Karadeniz bölgesinde bulunan Düzce (Yığılca)'daki bölgeye özgün Yığılca arısının da yaşam alanı olan bal ormanı florasını çalışmışlar toplam 137 takson tespit etmişlerdir.

### **1.3. Dünyada ve Türkiye'de Bal üretimi**

Bala ulaşmak için insan, hayatını riske atmaya hazırды. MÖ 2100-2000 yıllarına dayanan bir Sümer tablet yazısı olan balın ilk yazılı referansı, balın bir ilaç ve merhem olarak kullanımından bahseder. Eski kültürlerin çoğunda bal hem beslenme hem de tıbbi amaçlarla kullanılmıştır. İnsan yaşamında bal sadece besin olarak değil aynı zamanda ilaç olarak da kullanılmıştır. Son yıllarda birçok hastalığa karşı bal ve diğer arı ürünlerine dayalı tedaviler sunan, apiterapi adı verilen alternatif bir tıp dalı gelişmiştir. Bu konudaki bilgiler çeşitli kitaplarda derlenmiştir (Bogdanov vd., 2008). Belirli bir çiçek kaynağından elde edilen bal; renk, doku, aroma ve tat, tat ve genel kabulle ilişkili olarak

belirli duyuşal özelliklere sahiptir. Duyuşal değerlendirme, balın botanik kökenini ayırt etmeyi, dolandırıcılık kaynaklarını belirlemeyi ve belirli kusurları ölçmeyi sağlar (Debela ve Belay, 2021).

Bal, bal arısı tarafından işlenen tatlı bir sıvıdır. Bal, insan sağlığı için yararlı olan yüksek besleyici bileşenleri nedeniyle dünya çapında tanınmaktadır. Geleneksel olarak Mısırlılar, Yunanlılar, Romalılar ve Çinliler tarafından mide ülserleri de dahil olmak üzere bağırsak yaralarını ve hastalıklarını iyileştirmek için kullanılmıştır. Aynı zamanda öksürük, boğaz ağrısı ve kulak ağrıları için bir çare olarak kullanılmıştır (Pasupuleti vd., 2017). Hindistan'da Lotus balı geleneksel olarak göz enfeksiyonlarını ve diğer hastalıkları tedavi etmek için kullanılmıştır. Harici olarak kullanıldığı ek olarak, bal da dahili olarak kullanılır (Fratellone vd., 2015). Bu, eski zamanlardan beri uygulamada. Balın glukoz, fruktoz, flavonoid, polifenoller ve organik asitler gibi aktif bileşenleri kalitesinde önemli bir rol oynar. Bal, dünyanın birçok ülkesinde üretilmekte ve fonksiyonel özellikleri ve besin değerleri nedeniyle önemli bir ilaç olduğu kadar enerji sağlayan bir gıda olarak kabul edilmektedir. Bal ayrıca biyolojik, fizyolojik ve farmakolojik aktiviteleriyle de bilinir (Pasupuleti vd., 2017).

Flavonoidler ve fenolik bileşen içeriği, sahip oldukları yüksek antioksidan ve antienflamatuvar özellikleri sayesinde insan sağlığı üzerinde önemli bir rol oynar. Bal, farklı tümör türlerine karşı antimikrobiyal kapasiteye ve anti kanser aktiviteye sahiptir ve hücrel çoğalmada rol oynayan farklı moleküler yollara etki eder (Cianciosi vd., 2018).

Bal, Sri Lanka, Hindistan, Nepal ve Pakistan gibi Asya ülkeleri tarafından geleneksel tıbbi sistemlerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Yanıklar, kataraktlar, ülser, diyabet, yara iyileşmesi vb. için bir ilaç olarak kullanılır. Birçok araştırmacı, bal kullanımı için geleneksel iddiaların çoğunu (örneğin, diyabet, ishal, iltihaplanma, gastrointestinal ve kardiyovasküler hastalıklar için kullanım) kontrollü deneylerle bilimsel olarak onaylamıştır (Arawwawala and Hewagegana, 2018).

Dünyada en fazla bal üretimi ve tüketimi Asya kıtasındadır. Bu kıtaları sırasıyla Avrupa, Amerika, Afrika ve Okyanusya izlemektedir (FAO, 2019). Dünya bal üretimi yaklaşık 1,2 milyon ton olup, toplam şeker üretiminin % 1'inden azıdır. Bal tüketimi ülkeden ülkeye büyük farklılıklar göstermektedir. Başlıca bal ihraç eden ülkeler Çin ve Arjantin, kişi başına 0,1 ila 0,2 kg gibi küçük yıllık tüketim oranlarına sahiptir. Ev üretiminin her zaman pazar talebini karşılamadığı gelişmiş ülkelerde bal tüketimi daha yüksektir. Hem önemli bir bal ithalatçısı hem de üreticisi olan Avrupa Birliği'nde, kişi

başına yıllık tüketim İtalya, Fransa, Büyük Britanya, Danimarka ve Portekiz'de orta (0,3-0,4 kg) ile Almanya'da yüksek (1-1,8 kg) arasında değişmektedir. Avusturya, İsviçre, Portekiz, Macaristan ve Yunanistan, ABD, Kanada ve Avustralya gibi ülkelerde ise kişi başına ortalama tüketim 0,6 ila 0,8 kg/yıl'dır (Bogdanov vd., 2008).

Türkiye sahip olduğu topoğrafik, ekolojik ve jeolojik farklılığının sağladığı doğal bitki örtüsü, iklim çeşitliliği ve farklı arı ırkları ile dünyanın en zengin gen kaynaklarına sahip arı gen kaynağı merkezlerindedir (Özkırım, 2018). 7.991.072 milyonun üzerindeki koloni varlığı (FAO, 2019; TUİK, 2019) ile dünyada koloni sayısı bakımından ikinci sırada yer almaktadır (Can ve ark., 2015). Türkiye'deki arı koloni sayısı 7.991,072 ve yıllık bal üretiminin ise 114,471 ton olduğu belirtilmektedir. Doğu Karadeniz'de koloni sayısı 1.092.217 iken bal üretimi 22,947 tonu bulmaktadır. Doğu Karadeniz Türkiye'nin koloni sayısı % 13,67'sine denk gelirken; Türkiye genelinde üretilen balın % 20 sine denk gelmektedir. İlgili değerlerden de görüleceği üzere koloni sayısına göre Doğu Karadeniz'deki bal verimi diğer bölgelere göre daha yüksektir.

#### **1.4. Balda Yapılan Bazı Fizikokimyasal Analizler**

Melissopalinoloji, baldaki polen ve sporları inceleyen bir bilim dalıdır. Bal yüzyıllardır doğal besin olarak kullanılmaktadır. Bitkiden üretilen balın ham maddesine nektar denir. Nektar çiçek balının kaynağıdır. Salgı balın kaynağını ise bal özü (balçığı) oluşturmaktadır. Balözü, nektar ile beslenen böceklerin, yoğun şeker içeriğine sahip rektal salgılarıdır. Böcekler kendileri için gerekli besin maddelerini floem öz suyundaki yoğun şeker çözeltisinden karşılarlar ve vücutları için gerekli besin maddelerini aldıktan sonra geri kalan şekerli maddeyi dışkı olarak dışarı atarlar. Arılar bu yoğun şekerli maddeyi alarak kovana getirir ve arının fermentçe zengin vücut salgısıyla (tükrük ve farinks bezleri tarafından salınan) balın kıvamlı hale getirilmesi ile salgı balını oluştururlar. Bu olayın sonucunda arının midesindeki bal, arı tarafından peteklere kusularak çerçeveler doldurulur.

Ouchemoukh vd. (2007)'te yaptıkları çalışmada Bejaiya/Cezayir'de arıcılardan topladıkları 11 bal örneğini fizikokimyasal ve melissopalinolojik parametrelerine göre karakteristikleştirmişlerdir. Al-Farsi vd. (2018) 58 Omani bal örneğinde fizikokimyasal parametrelerine göre balların Gulf Standardization Organization (GSO) değerlerine uygunluğunu değerlendirmişlerdir. 11% bal örneğinin sükröz değerlerinin standartlara

uymadığını tespit etmişlerdir. Sohaimy vd. (2015), Mısır, Yemen, Suudi Arabistan ve Pakistan ballarının bazı fizikokimyasal parametrelerini çalışmışlar ve Pakistan ballarının diğer ballardan daha hızlı kristalize olduğunu rapor etmişlerdir. Bölükbaşı (2007)'de yaptığı tez çalışmasında ambalajlı balların melissopalinojik, kimyasal ve organoleptic analizlerini yapmıştır. 2004-2006 yıllarının farklı dönemlerinde, Türkiye'nin altı farklı bölgesinde bulunan çeşitli illerdeki büyük ve küçük ölçekli marketlerden satın alınarak toplanan 47 bal örneğinde çalışma yapılmıştır. Balların orijinleri tespit edilip bazı fiziko-kimyasal parametrelere göre balın kalite değerleri belirlenmiştir. Derebaşı vd., (2014) Karadeniz Bölgesi'nden topladıkları 209 bal örneğinde fiziko-kimyasal parametrelerde ölçümler yapmışlardır. Karadeniz Bölgesi ballarının fiziko-kimyasal özellikleri için elde edilen sonuçlar iyi bir kalite seviyesi, yeterli işlem, iyi olgunluk ve tazeliğe işaret etmektedir. Ancak, antibiyotik, böcek ilacı ve naftalin kalıntıları, bal kalitesinin değeri ve önemi konusunda arıcılar eğitilmesi gerektiği ve bu konularda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Bal birkaç miktar amino asit içerir ve prolin bunların en önemlisidir. Baldaki diğer amino asitlere göre %50-85'i temsil eder (Serra Bonvehi ve Jorda, 1997). Prolin miktarı, balın olgunluk ve özgünlüğünü belirlemektedir (Al-Farsi et al., 2018). Can vd. (2015) Türkiye florasına ait 62 bal örneğini melissopalinojik özelliklerine göre fizikokimyasal parametreleri, fenolik bileşenleri ve antioksidant kapasitelerini araştırdıkları çalışmada; bal üretimi yapılan bölge florasının ve coğrafik konumunun balın bu parametrelerinde etkisinin yüksek olduğunu söylemişlerdir. (Yarsan vd., 2007; Nisbet vd., 2013) çalışmalarında balların mineral içeriğinin, nitelik ve nicelik oranları bakımından o bölgede bulunan nektar ve polen kaynağı bitkilerin nektar verimi ve polen kompozisyonuna bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Baldaki uçucu organik bileşikler, farklı biyosentetik yollardan elde edilir ve çeşitli derecelerde seçicilik ve etkinlik dereceleriyle ilişkili çeşitli yöntemler kullanılarak ekstrakte edilir. Bu bileşikler, aldehit, keton, asit, alkol, hidrokarbon, terpen ve benzen bileşikleri ve bunların türevleri, furan ve pıran türevleri gibi kimyasal kategoriler halinde gruplandırılır (Manyi-Loh, 2011).

Bal, karmaşık bir bileşime sahip doğal bir tatlandırıcıdır. Bal özellikleri, botanik kaynak ve coğrafi kökene, ayrıca iklimsel, işleme ve depolama koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Bal, esas olarak karbonhidratlar ve sudan, raf ömrünü etkileyen parametreler ve renk, lezzet, yoğunluk, viskozite, higroskopiklik ve kristallenme dahil bazı özelliklerinden oluşur. Bal ayrıca azot bileşikleri, organik asitler, mineraller,

maillard reaksiyon ürünleri (hidroksimetilfurfural, furfural, furozin, melanoidinler ve akrilamid) ile duyuşal ve fiziksel özellikleri ve biyolojik potansiyeli etkileyen birkaç biyoaktif bileşenleri içerir (Machado De-Melo vd., 2017). İçerisinde %70-80 şeker, %10-20 su (Karoui vd., 2007) mineral tuzlar, vitaminler, proteinler, fenolik bileşikler, yağlar ve serbest amino asitler gibi diğer minör bileşikleri barındırmaktadır (Ouchemoukh vd., 2007). Balın içeriğinde aynı zamanda, laktonlar, vitaminler (B1, B2, C ve nikotinik asit), polen, balmumu ve pigmentler bulunmaktadır. Balın içeriği, arının uğradığı nektarlı veya polen kaynağı bitkiye göre farklılıklara, iklim koşullarına ve çevresel faktörlere bağılı olarak değışmektedir (Anklam, 1998; Azeredo vd., 2003).

### **1.5. Çevre Kirliliğinin Bal Üzerindeki Etkileri**

Antik çağlarda, maden cevherleri işlendikçe, metaller insan faaliyetleri sonucu doğal döngü dışında atmosfere ve hidrosfere yayılmaya başlamıştır. Yüzyıllar boyunca ağır metalleri etkilerini bilinmeden takı, silah, su borusu gibi materyallerin üretiminde kullanmışlardır. Sanayileşme ile kömürlerin yakılmaya başlanması endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliğini aşırı boyutlara ulaştırmış ve ağır metal kirliliğinden kaynaklanan zehirlenmeler ilk olarak Japonya’da görülmüştür (URL-3) Son yıllarda kimyasal maddelerin ekolojik sisteme verdikleri zarar gazete haberlerinde görülmüş ve medyada sık sık çevresel problemlere neden oldukları yer almaya başlamıştır. İnsanların aktiviteleri sonucunda havada, toprakta ve suda oluşan olumsuz etkilerinden dolayı ekolojik dengenin bozulmasına neden olan durum çevre kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Çevre kirliliğinde, bu aktiviteler sonucunda ortaya çıkan koku, gürültü ve atıklar arzu edilmeyen sonuçlardır (Şişman vd., 2014).

Arıcılık faaliyetleri ile bu faaliyetlerin yürütüldüğü ekosistemler arasında ciddi etkileşimler meydana gelmektedir.

Endüstriyel anlamda çayın üretimi, işlenmesi ve satış ve pazarlanması 1940’lı yıllara dayanmaktadır (Yüksek, vd., 2013). Ülkemizdeki çay tarım alanları yıllara göre artmaya devam etmektedir. Ülke genelinde ruhsatlı çay bahçelerinin toplam alanının 77000 hektardan 83000 hektara çıktığı ÇAYKUR resmi kayıtlarında belirtilmektedir (Anonim, 2016). Ülke genelinde en fazla çaylık alan artışı Rize ilindedir. Rize yöresindeki çaylık alanların miktarı ÇAYKUR verilerine göre yaklaşık 50000 hektar iken; Japonlar tarafından yapılan DOKAP raporuna göre 85377 hektar olduğu ifade

edilmiştir (Yüksek vd., 2013). Yine ilgili DOKAP raporunda Rize ili arazi yapısı dikkate alındığında olması gereken çaylık alanların 67756 dekar olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2000). Ancak Rize ilindeki aktüel çay bahçesi bu değerlerin üzerindedir. Son 15 yılda il genelindeki özellikle kırsaldaki yol yoğunluğunun artması nedeniyle üst rakımlarda çok ciddi makineli arazi tahribatı ve yeni çay bahçesi kurulumu hızla devam etmektedir. Bu nedenle Rize ilindeki çaylık alanların yaklaşık 100 000 hektar olduğu tahmin edilmektedir. Çaylık alanlara her yıl kimyasal gübreler uygulanmaktadır. Toprağa uygulanan gübreler, toprak reaksiyonuna, toprağın iyo değişim kapasitesine ve organik madde içeriğine etkide bulunacağından dolayı toprakta ağır metal toksisitesine veya ağır metallerin toprakta birikmesine neden olabilir (Briffa vd. 2020).

Bal arıları kovanlarına nektar, polen, propolis ve su getirmek için konaklama yeri yani arılık çevresiyle sürekli bir ilişki içerisinde olup, yarıçapı 7-10 kilometrelik bir alanda uçabilmektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2011). Arıların uçuş alanındaki hava, toprak, su ve bitkilerin özellikleri hem bal arılarını hem de ürünlerini etkilemektedir. Bu nedenle bal arıları ve onların ürünleri, çevrenin toksik şartlarına doğrudan maruz kalan iyi bir biyolojik göstergedir (indikatördür) ve 1970'li yıllardan beri artan bir şekilde çevrenin ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılmaya başlanmıştır (Celli ve Maccagnani, 2003; Bogdanov, 2008).

Tonelli vd. (1990) Çernobil kazasından sonra İtalya'dan topladıkları 120 bal örneğinde radyoaktif kirliliğin olup olmadığını araştırmışlardır. Arının biyoindikatör olarak kullanıldığı çalışmada Rashed vd. (2009), toplam 192 örnekte (96 toprak, 48 çiçek ve 48 bal örneği) dokuz elementin varlığını (Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) araştırmışlardır. Mısır'ın Aswan bölgesinde kirli alanlar (Edfu ve Kom Omb şehirleri) ve kirlenmemiş alanlardan toplanan numunelerde (Esna ve Aneeba şehirleri) metal konsantrasyonları, atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar, kirli alanlardaki balın, kirlenmemiş alanlardaki baldan daha yüksek Cu, Pb, Fe ve Zn konsantrasyonları gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu olayın kirli alanlardaki endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirlilik girdisi ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Çiçeklerin üzerinde yaptıkları ağır metal çalışmalarında ise, çiçekte bulunan metallerin baldakilerden daha yüksek seviyelerde bulunduğunu ortaya koymuştur. Kirli alanlardaki bal / çiçek örnekleri için ağır metal konsantrasyon miktarları kirlenmemiş alanlardan toplanan örneklerde daha yüksek görünmektedir. Baldaki element konsantrasyonları, insan tüketimi için güvenlik temel seviyelerinde olmuştur. Sonuçlar, balın, ağır metallerle

çevre kirliliğinin varlığını değerlendirmek için çevresel bir gösterge olarak yararlı olabileceğini göstermiştir. Zhelyazkova vd. (2012) bazı ağır metallerin ve metaloidlerin (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Mn, Fe) içeriğini arı dokusu, arı dışkısı ve arı ürünlerinde (bal, polen, arı mumu) karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir. Çalışmada Stara Zagora bölgesinde (Bulgaristan) iki yerleşim yer almıştır: Gurkovo şehri antropojenik etkisinin düşük olduğu bir bölge; Bratya Kunchevi köyü- antropojenik etkisi olan bir bölge (taş ocağı civarında bulunan bir köy). Araştırma sonucunda arı dışkı kütlesinde ağır metal ve metaloidlerin birikimi gözlenmiştir. Arı organizmasının biyo-bariyer fonksiyonu ile Pb ve Cd gibi ağır ve toksik metallerin organizma tarafından fekal kütle yoluyla verimli bir şekilde atıldığı kanıtlanmıştır. Fe içeriğinin, Bratya Kunchevi istasyonundaki arı poleni, polen ve balmumunda (Gurkovo kasabasındaki örneklerle kıyasla) yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, Bratya Kunchevi köyünün analiz edilen örneklerinde yüksek miktarda demir bulunmasının olası bir nedeni, andezit tüflerinin biriktirilmesini (kalsiyum-magnezyum-demir silikatlar) sağlayan taş ocağı olabileceğini söylemişlerdir. Saunier vd. (2013)'te yaptıkları bir çalışmada maden Zn-Pb maden yatağı civarından toplanan bal, arı mumu, arı sütü numunelerinde ağır metallerin arı kovanlarının gıda ürünleri üzerinde olası etkileri hakkında bilgi verebileceğini söylemişlerdir. Ponikvar vd., (2005)'te yaptıkları çalışmada kömürlü elektrik santrali tarafından kirletildiği bilinen bir bölge ile bu bölgeye 100 km uzaklıkta, aynı yükseklikte, SO<sub>2</sub> kirliliği bulunmayan bölge seçmişlerdir. Toplam kükürt miktarının önemli ölçüde farklı olup olmadığını araştırmak amacıyla 1993'te bal ve arı dokusu örnekleri, 1994'te bal ve polen örnekleri toplamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda analiz için seçilen numunelerden balın, SO<sub>2</sub> ile çevresel yükü tahmin etmek için en umut verici biyoindikatör olduğunu göstermiştir. Ballar ve daha az bir ölçüde arı ürünlerinin bir kısmı (polen, propolis, balmumu), çevre kirliliğinin temsili biyoindikatörleri olarak kabul edilmektedir (Salkova ve Panayotova-Pencheva, 2016). Demirezen ve Aksoy (2010) yaptıkları çalışmada Kayseri ve yöresinden topladıkları bal örneklerinde ağır metal analizleri yapmışlardır ve bal örneklerinin ağır metalden tamamen yoksun olmadıklarını söylemişlerdir. (Yarsan vd., 2007; Nisbet vd., 2013) çalışmalarında balların mineral içeriğinin, nitelik ve nicelik oranları bakımından o bölgede bulunan nektar ve polen kaynağı bitkilerin nektar verimi ve polen kompozisyonuna bağlı olarak değişiklik gösterdiğini söylemişlerdir. Silici vd. (2016) çalışmalarında Türkiye'nin Muğla'daki termoelektrik santralleri tarafından olası kirlenmeyi tespit etmek için bilinen coğrafi ve

botanik kökenlerden 6 adet bal ve 11 bal arısı örneği analiz etmişlerdir. Termik santral civarından ve santralden yaklaşık 11 km uzaklıkta, kirlenmeye sebep olmayacak bölgelerden toplanan arı ve bal numunelerinde iz elementlerin içeriği, mikrodalga sindiriminin uygulanmasından sonra atomik absorpsiyon spektrometrisi ile belirlemişlerdir. Cu, Cd, Pb, Zn, Mn, Fe, Cr, Ni ve Al seviyelerini literatürdeki diğer çalışmalarda bulunan değerlere benzer bulmuşlardır. Ancak, bal arısı örneklerinde Pb ve Cd gibi toksik elementlerin kirlenme seviyelerinin bal örneklerinden daha yüksek olduğunu söylemişlerdir. Arslan ve Arıkan (2014) yaptıkları çalışmada, karayollarına uzaklığa göre arı ürünlerinde (bal, polen, propolis) ağır metal birikimlerini ölçmüşlerdir. Kadmiyum değerlerinin karayollarına yakın arılıklardan elde edilen ürünlerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Almeida-muradian vd. (2013)'de yaptıkları çalışmada iki farklı arı türünün ürettikleri balda melissopalinojik ve fiziko-kimyasal özelliklerini çalışmışlardır. Balın ticari değerini yansıtan temel yönlerden biri, kökeninin botanik ve coğrafi beyanı olduğunu ve palinolojik analiz bal tanımlamada en sık kullanılan yöntem olduğunu söylemişlerdir. İncelenen iki bal türünün palinolojik özellikleri, iki arının türünün aynı bitkileri ziyaret etmediğini öne sürerek tamamen farklı olduklarını tespit etmişlerdir. El Sohaimy vd. (2015) Mısır'da marketlerden topladıkları bal örneklerinin fizikokimyasal özellikleri ve "kalitesinin farklı kökenlerden değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yemen, Saudi ve Kashmiri ballarını temsil eden örneklerinin melissopalinojik analizi, farklı coğrafi kaynaklardan toplanan farklı bal kaynaklarından örnekler ile geniş değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Kashmiri balının kristalleşmesinin, çalışılan diğer bal örneklerinden daha hızlı olduğu belirlenmiştir. Balın kalitesi, bitkisel kökenlere, ambalajlama, taşıma ve depolama koşullarına bağlı olarak değişmiştir. Bölükbaşı (2007)'de yaptığı tez çalışmasında ambalajlı balların melitopalinojik, kimyasal ve organoleptik analizlerini yapmıştır. 2004-2006 yıllarının farklı dönemlerinde, Türkiye'nin altı farklı bölgesinde bulunan çeşitli illerdeki büyük ve küçük ölçekli marketlerden satın alınarak toplanan 47 bal örneğinde çalışma yapılmıştır. Balların orijinleri tespit edilip bazı fiziko-kimyasal parametrelere göre balın kalite değerleri belirlenmiştir. Derebaşı vd. (2014) Karadeniz Bölgesi'nden topladıkları 209 bal örneğinde fiziko-kimyasal parametrelerde ölçümler yapmışlardır. Karadeniz Bölgesi ballarının fiziko-kimyasal özellikleri için elde edilen sonuçlar iyi bir kalite seviyesi, yeterli işlem, iyi olgunluk ve tazeliğe işaret etmektedir. Ancak, antibiyotik, böcek ilacı ve

naftalin kalıntıları açısından, arıcılar, bal kalitesinin değeri ve önemi konusunda eğitilmeli ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır.

İlk defa bu çalışmada arı ve arı ürünlerine ait örnekleme çalışmaları arıların yaşam alanını sınırlayan havza içerisindeki çevresel koşullar (arazi kullanım şekli, tarım alanlarında kullanılan kimyasal gübre, madencilik faaliyetler, orman ve yayla) dikkate alınarak yapıldı. Çalışma arazi örnekleme yönteminin havza tabanlı ve toprak, jeolojik formasyon, bitki örtüsü ve arazi kullanım kriterleri dikkate alınması çalışmanın yöntemsel olarak da diğer çalışmalardan farklılıklara sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Tez bu haliyle güçlü bir özgün değere sahiptir.

İlk defa bu çalışma ile arıcılık faaliyetlerinin yürütüldüğü farklı jeolojik formasyonların arı dokusu ve arı ürünleri üzerinde toksik etkiye sahip olup olmadığı sayısal verilerle ortaya konulmaya çalışıldı.

İlk defa bu çalışma ile farklı arazi kullanım şekillerine göre arı ve arı ürünlerindeki bazı ağır metaller sayısal verilerle ortaya konuldu ve böylece en fazla ağır metal değerlerinin hangi tip arazide olduğu sayısal verilerle ortaya konuldu.

İlk defa bu çalışma ile orman-tarım-yayla arazi kullanımlarının ve bitki örtüsünün arı dokusu ve arı ürünlerindeki bazı ağır metallere nasıl etki ettiği havza bazında ortaya konulacak ve havza genelinde arı ve arı ürünlerindeki kirliliğin en fazla ve en az olduğu alanlar sayısal verilerle ortaya konulmaya çalışıldı.

İlk defa bu çalışma ile arı dokusundaki bazı ağır metal değerlerinin arazi kullanım şekli ve yükseltiye göre değişimi sayısal verilerle ortaya konuldu ve çalışma alanında arıların ağır metal kirliliğinin izlenmesinde nasıl kullanılabileceği belirlendi.

Bu tez çalışmasının amacı, çok nemli Kuzeydoğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Senoz Vadisindeki farklı tip flora (Kestane ve Karışık Çiçek) üretilen balların fiziko-kimyasal parametrelerinin değişimleri, aroması, melissopalinojik özellikleri ve ağır metal içeriğinin tespit edilmesidir.

Hazırlanan bu tez çalışmasında yoğun bir şekilde arıcılık yapılan Senoz Vadisi üzerinde deniz seviyesinden başlanarak subalpin çayırıklara kadar ulaşan arıcılık faaliyetlerine tarım ve madencilik endüstrisinin etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle biyoindikatör olarak değerlendirilen *Apis mellifera* türünün ekolojik ortamı ve bal çalışma kapsamına alınmıştır. Bu amaçla arının ekolojik yaşamında yer alan toprak, bitki, arı ve bal örneklerinde ağır metal analizleri (Pb, Zn, Cu, Fe, Al, Mn, Cr, Ni, Co, Cd) yapılmıştır. Melissopalinojik analizler ile bal örneklerinin menşei belirlenmiş,

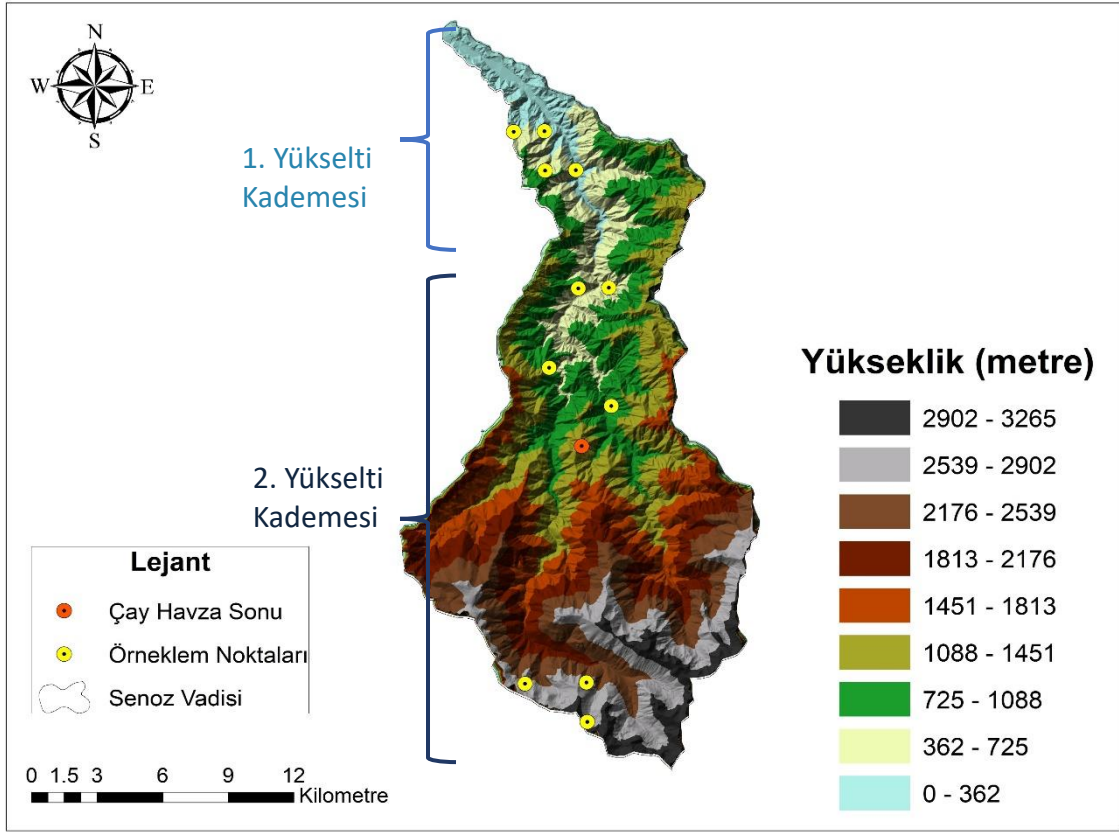
prolin, diastaz, HMF, şeker, nem ve nişasta analizleri ile de kalite olarak değerlendirilmiştir.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Arazi Çalışmaları**

#### **2.1.1. Deneme Alanlarının Seçilmesi**

Deneme alanlarının seçilmesinde katmanlı rastgele yöntemi uygulandı. Buna göre önce araştırma havzasında arıcılık faaliyetlerinin yürütüldüğü yerler belirlendi, daha sonra bu yerlerin jeolojik katmanları, arazi kullanım şekilleri ve yükselti basamakları tespit edildi. Tespit edilen bu katmanlarda rastgele yöntemle göre büyüklüğü 1000 m<sup>2</sup> olan deneme alanları oluşturuldu ve örnekleme bu alanlarda yapıldı. Arıcılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı 11 adet deneme alanı belirlendi. 1. Yükselti kademesi antropojenik kirliliklerden oldukça etkilenen bölgedir. Bu alanda sanayi kuruluşları, otoyol, yerleşim yerleri, maden işletmesi, asfalt dökme fabrikası ve kimyasal gübrelemelerin yapıldığı çay tarımı arazileri mevcuttur. 1. Yükselti kademesinde ise yerleşim yerleri vadiye yayılmış durumdadır. Bölgede çay tarımı organik gübre ile yapılmaktadır. 3000 metre yüksekliğindeki istasyonlar ise bakir alanlardır.



**Şekil 3.** Deneme alanları

### 2.1.2. Deneme Alanlarından Nektar ve Polen Kaynağı Bitkilerin Toplanması

Deneme alanlarında tür tayinin yapılabilmesi için çiçeklenme fenofazındaki ve teşhis için önem arz eden organlara sahip olan bitki örneği alınıp herbaryum materyali olarak kurutuldu. Deneme alanlarında kovanların çevresinde bulunan nektar ve polen kaynağı bitkilerin çiçekleri yeterli miktarda toplanıp her tür ayrı ayrı kilitli poşetlerde laboratuvara getirildi ve  $-18^{\circ}\text{C}$  de muhafaza edildi (Rashed vd., 2009).

### 2.1.3. Deneme Alanlarından Bal Örneklerinin Alınması

İşaretleme yapılmış kovanlardan 2018-2019 yıllarında bal sağımı yapılırken 400 g bal örneği alınarak dezenfekte edilmiş kavanozlara konuldu ve analizler için laboratuvara götürüldü. Bal örnekleri laboratuvarda oda sıcaklığında muhafaza edildi (Demir, 2013).

### 2.1.4. Deneme Alanlarından Arı Örneklerinin Alınması

Deneme alanlarındaki kovanlardan rasgele kovan seçimi yapıldı ve seçilen kovanlara özel işaret verildi. Daha sonra işaretlenmiş kovanlardan Roman (2010)'a göre İlkbahar ve yaz mevsimlerinde her ayda iki kez olmak üzere (Zhelyazkova, 2012) rastgele 100 arı örneği alınıp steril kaplarda laboratuvara taşındı ve -18 °C'de muhafaza edildi.

### **2.1.5. Deneme Alanlarından Toprak Örneklerinin Alınması**

Topraktaki ağır metal durumunu tespit edilmesi amacıyla belirlenen deneme alanının her birinden rastgele yonteme göre toprak (0-20 cm derinlik kademesinden) örneği alınacaktır. Toprak örnekleme her bir deneme alanında 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Strüktür yapısı bozulmuş olarak alınacak toprak örnekleri bazı analizlerin yapılması için laboratuvara götürülecektir.

## **2.2. Yöntem**

### **2.2.1. Bal Numunelerinin Melissopalinolojik ve Fiziko-kimyasal Analizleri**

Nem, nişasta, HMF, prolin diastaz ve şeker analizleri sonuçları türk gıda kodeksi bal tebliği (tebliğ no: 2020/7)'ne göre değerlendirilir.

#### **2.2.1.1. Bal Örneklerinde Melissopalinolojik Analizler**

##### **2.2.1.1.1. Polen Teşhisi İçin Preparatların Hazırlanması ve İncelenmesi**

Bu çalışmada uluslararası bir metod olarak kabul edilecek olan 10 gram bal içindeki polenlerden preparat yapılması yöntemi kullanıldı (Sorkun, 2008). Preparatlar, Wodehouse yöntemine göre daimî preparat haline getirildi. Bu ortak metoda göre, kavanozlara konulan bal örnekleri bagetle iyice karıştırılarak homojen hale gelmeleri sağlandı. Kristalleşmiş ve soğuktan katılaşmış olan ballar bir müddet su banyosunda (40-45 °C) tutularak erimesi sağlandı. İyice karıştırılarak homojen hale gelmiş olan bal örneklerinden 10 'ar gram tartılarak santrifüj tüplerine konuldu. Üzerine 20 mL distile su ilave edilerek tüpler tıpa ile kapatıldı. Balın su içinde çözünmesini sağlamak için tüpler 40-45 °C'lik su banyosunda 10-15 dakika bekletildi. Su banyosundan alınan tüpler çalkalanarak balın su içinde erimesi sağlandı. Daha sonra tüpler 3500 rpm'de 45 dakika santrifüj edildi. Santrifüj edilen tüplerin süpernatant kısmı döküldü ve kurutma kâğıdı

üzerine ters çevrilerek bir süre bekletildi. İğne ucuna alınan bir miktar gliserin-jelatin tüp dibindeki çökeltiye bulaştırılarak, çökeltinin tümü lam üzerine aktarıldı. Lam üzerine konulan çökeltiye bulaştırılacak gliserin-jelatinin ısıtıcı üzerine konularak erimesi sağlandı ve üzeri lamelle kapatıldı. Etiket yapıştırıldı ve preparat ters çevrilerek kuruması için bir gün bekletilerek mikroskopta incelenecek duruma getirildi. Polen teşhislerinde x10 ve x40 ve x100'lük objektif kullanıldı. Taksonların, polen ortalamaları ve polen %'leri belirlendi. Bu taksonlara ait polenlerin, çalışılan ballardaki katkıları saptandı. Sonrasında tüm preparat tarandıktan sonra balda bulunan bütün polenler teşhis edildi.

İncelenen ballarda bulunan polenler, polen spektrumlarına göre 4 ana gruba ayrılır:

- a) Miktarı > % 45 olan polenler dominant,
- b) Miktarı % 16- % 44 arası olan polenler sekonder,
- c) Miktarı % 3- % 15 arası olan polenler minör,
- d) Miktarı <%3 olan polenler ise eser miktarda bulunan polenler olarak belirlenir

(Sorkun, 2008).

#### **2.2.1.1.2. Bal Örneklerinden Toplam Polen Sayısı (TPS) Analizi için Preparat Hazırlanması ve İncelenmesi**

10 g baldaki TPS sayısı (TPS-10)' nın saptanması için hazırlanan preparatlar aşağıda işlem sırası verilen metoda göre yapıldı. İyice karıştırılarak homojen hale getirilmiş stok baldan 10 g alınacak ve deney tüpüne aktarıldı. Örneğin üzerine 20 mL distile su ilave edilerek tüp içerisine şahit olarak bir tanesinde 9666 adet Lycopodium sp. sporu bulunan tablet atıldı. Tablet erimesini sağlamak amacıyla tüpler 45 C°'lik su banyosunda 10-15 dakika bekletildi. Tablet iyice eridikten sonra polenlerin ve sporların boyanmasını sağlayan birkaç damla bazik fuksin ilave edilerek tüpler karıştırıcıda homojen şekilde karıştırıldıktan sonra 3500 rpm'de 45 dk santrifüj edildi. Santrifüj edilen tüplerin süpernatant kısmı döküldü. Suyunun iyice süzülmesi sağlanan tüpün içerisine 0,1 mL kadar %50'lik gliserin ilave edilerek dipteki çökeltinin gliserin ile homojen bir biçimde karışması sağlandı. Bu karışımdan pipetle 0,01 mL alınarak, 0,09 mL %50'lik gliserin konulmuş başka bir tüpe aktarıldı. Bu tüpteki çözültiden 0,01 mL alınarak, lam üzerine konulmuş ve üzerine lamel kapatılarak, mikroskopta incelenmeye hazır hale getirildi (Sorkun,1985).

Her preparat mikroskopta sol üst köşeden incelenmeye başlandı ve 18x18

mm<sup>2</sup>'lik alan tamamen taranarak bu alanda bulunan tüm polenler nicelik olarak tespit edildi. Daha sonra preparat tekrar sol üst kösedden başlanarak tamamen tarandı ve Lycopodium sp. sporlarının sayısı saptandı. Sayım sırasında x10 oküler ve x40'lik objektif kullanıldı. Bulunan değerler aşağıda gösterilen formüle uygulandı.

İncelenen ballar TPS yönünden 4 ana gruba ayrılır.

- a) Toplam polen sayısı (TPS) 20 000'den az olanlar, poleni çok az ballar,
- b) TPS 20 000-100 000 arası olanlar poleni normal ballar,
- c) TPS 100 000-500 000 arası olanlar poleni zengin ballar,
- d) TPS 500 000-1 000 000 arası olanlar poleni çok zengin ballar olarak

belirlenir (Sorkun, 2008).

## **2.2.2. Bal Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analizler**

### **2.2.2.1. Balda Nişasta Analizi**

Bal örneklerinde bulunan nişastanın polenden mi yoksa tağşiş amaçlı olarak sonradan bala eklenip eklenmediğini saptamak için kullanılır. Numune iyice karıştırıldı ve homojen hale getirilen stok baldan 10 g alınıp ve deney tüpüne aktarıldı. Üzerine 20 ml distile su ilave edilerek balın su içerisinde çözülmesini sağlamak amacıyla tüpler 45 C°'lik su banyosunda 10-15 dakika bekletildi ve su banyosundan çıkarılan her tüp karıştırıcı yardımı ile karıştırılarak balın su içerisinde çözünmesi sağlandı. Suyun homojen şekilde karıştırılması sağlandıktan sonra, çözelti santrifüj ile 3500 rpm'de 45 dk santrifüj edildi ve santrifüj edilen tüplerin süpernatant kısmı döküldü. Suyunun iyice süzülmesi sağlanan tüpün dibinde kalan çökeltiye bir damla seyreltik iyot damlatılarak bu çözümden 1 damla alınıp lam üzerine konuldu ve üzerine lamel kapatılarak mikroskopta incelenmeye hazır hale getirildi. Mikroskopta önce polen taneleri sonra nişasta taneleri sayıldı. Çıkan sonuçlar oranlandı. Analiz sonuçları türk gıda kodeksi bal tebliği (tebliğ no: 2020/7)'ne göre değerlendirildi.

### **2.2.2.2. Balda HMF Analizi**

IHC (Interantional Honey Commission) metoduna göre 10 g numune behere tartılarak saf suyla seyreltilerek 50 ml balon jøjeye konuldu ve işaret çizgisine kadar tamamlandı. Çözelti şırınga ucu filtreden geçilerek viallere alındı ve şartlanmış olan

HPLC sistemine enjekte edildi. Türk gıda kodeksi bal tebliği (tebliğ no: 2020/7)'ne göre balda bulunması gereken HMF miktarı 40mg/kg'dır.

Cihaz Şartları:

Shimadzu Marka

Mobil Faz: Metanol-su (10+90 olacak şekilde)

Analitik Kolon: C18-reversed phase (125x4 mm)

Dedektör: DAD

Akış Oranı ve Enjeksiyon Miktarı: 1 ml/dk ve 10 µl

Kolon ve dedektör sıcaklığı: 25 °C

### **2.2.2.3. Balda Prolin Analizi**

Homojen haldeki bal numunesinden 5 g tartılarak 50ml saf su ile çözüldü. 100 ml'lik balon jojeye aktarılıp 100 ml'ye saf su ile tamamlandı. Sırasıyla prolin standart çözeltisi, ninhidrin çözeltisi, formik asit eklendi. Çalkalanıp 70 °C sıcak su banyosunda 25 dk bekletildi. Üzerine 2-propanol eklenip 45dk oda sıcaklığında bekletildi. Thermo marka spektrofotmetre ile 510nm dalga boyunda suya karşı okutuldu (Meda vd., 2005). Türk gıda kodeksi bal tebliği (tebliğ no: 2020/7)'ne göre balın kilogramında en az 300 g prolin olmalıdır.

### **2.2.2.4. Balda Diastaz Analizi**

10 g bal tartıldı. 5ml sodyum asetat ve 15 ml su eklenerek manyetik karıştırıcı ile iyice çalkalandı. 50ml 'lik balon jojeye 3ml sodyum klorür eklendi üzerine hazırlanan çözelti döküldü ve saf su ile 50 ml'ye tamamlandı. Analiz durdurucu olarak seyreltik iyot kullanıldı. Thermo marka spektrofotmetre ile 660nm dalga boyunda nişastaya karşı okuma yapıldı (Doğan, 2003). 100g balda bulunan diastaz sayısı en az 8 olmalıdır. Analiz sonuçları türk gıda kodeksi bal tebliği (tebliğ no: 2020/7)'ne göre değerlendirildi.

### **2.2.2.5. Balda Şeker Analizi**

100 mL 'lik beherde 5g bal tartıldı. 40 mL distile su ilave edilip ve cam bagetle karıştırılarak balın su içerisinde iyice çözünmesi sağlandı. Karışımın üzerine 25 mL

metanol eklenip distile su ile 100 mL'ye tamamlandı. Karışımdan şırınga ile 1.5 cc çekilip 0.45 µm'lik membran filtreden süzülen örnek, vialle alınarak şartlanmış olan HPLC sistemine enjekte edildi (TS 13359, 2008). Elde edilen sonuçlar bal tebliğine göre değerlendirildi. Türk gıda kodeksi bal tebliği (tebliğ no: 2020/7)'ne göre sakkaroz miktarı 5g'ı geçmemelidir. Früktoz+glukoz en az 60, früktoz/glukoz miktarı ise 0,9-1,4 arasında olmalıdır.

Cihaz Şartları:

Shimadzu Marka

Mobil Faz: Asetonitril-su (80+20 olacak şekilde)

Analitik Kolon: C18-reversed phase (125x4 mm)

Dedektör: RID

Akış Oranı ve Enjeksiyon Miktarı: 1,3 ml/dk ve 10 µl

Kolon ve dedektör sıcaklığı: 25 °C

#### **2.2.2.6. Balda Refraktometre ile Nem Tayini**

Bal kristalize olmuş ise nem miktarı tayininin doğru gerçekleşmesi için örnek ısıtılıp sıvı hale getirildi. Cam çubuğun ucuna yaklaşık 1 g bal alınarak bu bal Eclipse marka refraktometrenin kapaklı cam haznesine konuldu. Kapak kapatıldıktan sonra nemin yüzdesi, mercekli kısımdan bakılarak sayısal cetvelden okundu. Türk gıda kodeksi bal tebliği (tebliğ no: 2020/7)'ne göre ölçülen nem miktarı en fazla % 20 olmalıdır.

### **2.3. Bal, Arı, Bitki ve Toprak Numunelerinin Analize Hazır Hale Getirilmesi ve Laboratuvar Analizleri**

#### **2.3.1. Bal Örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini**

Bal örneklerinden yaş yakma işlemi için 300 mg tartıldı üzerine 5ml nitrik asit, 3ml hidrojen peroksit eklendi ve Berghof Speedwave marka mikrodalga parçalama ünitesinde uygun prosedürde yakıldı (Roman, 2010). Yakma sonucunda elde edilen çözelti 25 ml'ye seyreltilti. Ekstrakte edilen numunelerde ICP-OES cihazı ile bazı ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb ve Zn) tayini yapıldı.

ICP-OES Cihaz Şartları;

RF power :1450 W

Plasma gaz akışı	:17 L min <sup>-1</sup>
Auxiliary gaz akışı	:0.2 L min <sup>-1</sup>
Nebulizer gaz akışı	:0.8 L min <sup>-1</sup>
Peristaltik pompa hızı	:1.5 mL min <sup>-1</sup>
Nebulizer tipi	:Teflon concentric
Purge	:Normal
Resolution	:Normal
Gecikme miktarı	:45 s
Yıkama Süresi	:60 s
Tekrar	:3
Örnek Akış Oranı	:1.5 mL min <sup>-1</sup>
Detektör	:CCD Array detector

### 2.3.2. Arı Örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini

Arı örneklerini analize hazırlamak için 45 °C’de 24 saat kurutulduktan sonra baş kısmı ayrıldı ve kalan parçalar toz haline getirildi. Toz haline getirilen örneklerden yaş yakma işlemi için 300 mg tartıldı. 8 ml nitrik asit ve 4 ml hidrojen peroksit eklenip Berghof Speedwave marka mikrodalga parçalama ünitesinde uygun prosedürde yakıldı (Roman, 2010). Yakma sonucunda elde edilen çözelti 25 ml’ye seyreltildi. Ekstrakte edilen numunelerde ICP-OES cihazı ile bazı ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb ve Zn) tayini yapıldı (Nisbet vd., 2013).

### 2.3.3. Bitki örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini

Araziden toplanan her bir tam nektarlı bitki örneği (Davis 1965-1985; Davis vd. 1988)’e göre teşhis edilip herbaryum örneği haline getirildi ve tür teşhisleri yapıldı.

Element tayini yapılacak bitki numuneleri etüvde (105C°’de 24 saat) kurutuldu. Öğütülüp yaş yakma prosedürü için numune poşetlerinde muhafaza edildi. Yaş yakma ise Berghof Speedwave marka mikrodalga parçalama ünitesinde uygun prosedüre göre 300 mg numune tartılıp üzerine 5ml nitrik asit ve 3ml hidrojen peroksit eklenip uygun prosedüre göre yakıldı. Yakma sonucunda elde edilen çözelti 25 ml’ye tamamlandı. ICP-OES cihazında Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb ve Zn elementlerinin miktarı tayin

edildi.

#### 2.3.4. Toprak Örneklerinde ICP-OES ile Element Tayini

Araziden alınan toprak örnekler etüvde (105C°'de 24 saat) kurutuldu. Analize hazır hale getirilen örneklerden Berghof Speedwave marka yaş yakma cihazı prosedürüne göre 0.1g tartılıp üzerine 8 ml nitrik asit, 2 ml hidroklorik asit ve 1ml hidrojen peroksit eklendi ve uygun şartlarda yaş yakma işlemi gerçekleştirildi (URL-4). Yakma sonucunda elde edilen çözelti 50 ml'ye seyreltildi. Ekstrakte edilen örneklerde bazı ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb ve Zn) miktarı ICP-OES cihazıyla tespit edildi.

#### 2.4. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Arazi ve laboratuvar analizleri sonucu elde edilecek verilerin normal dağılımı (normallik testi) yapıldı. Analizlerin tümünde independent t-test uygulanarak örneklemeler arasındaki farkın p düzeyindeki önemi \*0,05 yanılma ile önemli, \*\*0,01 yanılma ile önemli, \*\*\* 0,001 yanılma ile önemli seviyelerinde doğrulandı. IBM SPSS Statistic 26 programı kullanıldı.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Polen ve Nektar Kaynağı Bitkiler Listesi

Senoz Vadisi Sabuncular Deresi havzasında bulunan deniz kıyısından başlayıp yaklaşık 3000m' lere kadar uzanan geniş bir vadidir. Vadide orman, subalpin ve alpin vejetasyonları görülmektedir. Çalışma alanının büyük kısmı orman vejetasyonuna hâkim alanlardadır. Orman ve subalpin bölgede tespit ettiğimiz nektar ve polen kaynağı bitkilerin listesi aşağıda verilmiştir Bazı bitkilerin resimleri Ek 1'de verilmiştir.

#### RANUNCULACEAE

##### *Ranunculus constantinopolitanus* (DC.) D'urv.

Topkaya Köyü, 340m, 26.05.2019, E.D.721, Yeşiltepe Köyü, 480m, 01.05.2019, E.D.741, Çinofol mah.,670m, 26.05.2019, Buzlupınar Köyü, 706m, 01.05.2019, E.D.723, Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019, E.D.961, Çok yıllık otsu, Çiç. 5-6, Hk., Geniş

yayılışlı.

## **BRASSICACEAE**

### ***Brassica oleracea* L.**

Madenli Beldesi, 132m, 01.05.2019, E.D.851, Seslidere Köyü, 326m, 11.04.2019, Topkaya Köyü, 340m, 01.05.2019, E.D.855, Yeşiltepe Köyü, 480m, 11.04.2019, E.D.748 Çinofol mah., 670m, 23.03.2019, E.D.734, Buzlupınar Köyü, 706m, 01.05.2019, E.D.732, Uzundere Köyü, 850m, 01.05.2019, E.D. 951, Tek yıllık otsu, Çiç. 3-5, Hk., Geniş yayılışlı.

### ***Eruca vesicaria* L.**

Buzlupınar Köyü, 706m, 01.05.2019, E.D.980, Tek yıllık otsu, Hk., Çiç. 3-5, Kültür.

### ***Arabis brachycarpa* Rupr.**

Çimeroz Yaylası, 2850m, 10.07.2019, E.D., Çok yıllık otsu, Çiç. 7., Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

## **POLYGONACEAE**

### ***Rumex alpinus* L.**

İncesu Yaylası, 2680 m., 22.06.2019, E.D., Çok yıllık otsu, Çiç. 6-8, Hk., Geniş yayılışlı.

### ***Rumex crispus* L.**

Uzundere Köyü, 850 m., 26.05.2019, E.D.981, Çok yıllık otsu, Çiç. 5-8, Hk., Geniş yayılışlı.

### ***Rumex acetosella* L.**

Seslidere Köyü, 326m, 26.05.2019, E.D.949, Madenli Beldesi, 200 m., 09.06.2011, E.D.982, Çok yıllık otsu, Çiç. 6-7, Hk., Geniş yayılışlı.

## **TILIACEAE**

### ***Tilia rubra* DC. subsp. *caucasica* (Rupr.) V. Engler.**

Çinofol mah., 670m, 22.06.2019, E.D.1002, Uzundere Köyü, 850m, 22.06.2019, E.D. 1003, Ağaç, Çiç. 7, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

## **FABACEAE (LEGUMINOSAE)**

### ***Robinia pseudoacacia* L.**

Buzlupınar Köyü, 706m, 26.05.2019, E.D. 857, Ağaç, Ph., Çiç. 4-6, Geniş yayılışlı.

### ***Phaseolus vulgaris* L.**

Madenli Beldesi, 132m, 01.05.2019, E.D.948 Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019 Topkaya Köyü, 340m, 01.05.2019, E.D.947, Yeşiltepe Köyü, 480m, 26.05.2019, E.D.956 Çinofol mah., 670m, 01.05.2019, E.D.966, Buzlupınar Köyü, 706m, 26.05.2019, E.D.968,

Uzundere Köyü, 850m, 26.05.2019, E.D.963, Tek yıllık otsu, Çiç. 4-5, Th., Geniş yayılışlı.

***Securigera orientalis* subsp. *balansae* (Boiss.) Keskin**

Çimeroz Yaylası, 2800m, 10.07.2019, E.D.1004, Çok yıllık otsu, Çiç. 4-7, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Vicia cracca* L. subsp. *cracca* L.**

Marabadam Yaylası, 10.07.2019, Çok yıllık otsu, E.D. 1005 Çiç. 5-8, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Trifolium ambiguum* Bieb.**

Çimeroz Yaylası, 2800m, 10.07.2019, E.D.1006, Çok yıllık otsu, Çiç. 6-8.,Hk., Elementi bilimiyor.

***Trifolium pratense* L.**

İncesu Yaylası, 1800m, 10.07.2019, E.D.1007, Çok yıllık otsu, Çiç. 5-9,Hk., Geniş yayılışlı.

***Trifolium repens* L.**

Çinofol mah., 670m, 23.03.2019, Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019, Topkaya Köyü, 340m, 01.05.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m,01.05.2019, Buzlupınar Köyü, 706m, 01.05.2019, E.D. 950, Çok yıllık otsu, Çiç. 3-9, Hk., Geniş yayılışlı.

***Trifolium medium* L.**

Çinofol mah.,670m, 23.03.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m,01.05.2019, Buzlupınar Köyü, 706m,01.05.2019, E.D.951, Çok yıllık otsu, Çiç. 5-8., Hk., Geniş yayılışlı.

***Onobrychis lasistanica* Sirj.**

Çimeroz Yaylası, 10.07.2019, E.D.1008, Çok yıllık otsu, çiç. 7, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Oxytropis lazica* Boiss.**

Çimeroz Yaylası, 10.07.2019, E.D.1009 Çok yıllık otsu, çiç. 7-8, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

**ROSACEAE**

***Laurocerasus officinalis* Roemer.**

Çinofol mah., 670m, 23.03.2019, Seslidere Köyü, 326m,11.04.2019, Buzlupınar Köyü, 706m,01.05.2019, Uzundere Köyü, 850m, 01.05.2019, E.D.952, Ağaç, Çiç. 4-6, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Pyrus communis* L. subsp. *sativa* (DC.) Hegi**

Seslidere Köyü, 326m, 11.04.2019 Topkaya Köyü, 340m, 01.05.2019 Çinofol mah.,670m, 23.03.2019, Ağaç, E.D. 957, Çiç.4-5, Kültür.

***Cydonia oblonga* Miller**

Uzundere Köyü, 850m, 01.05.2019, E.D. 964, Ağaç, Çiç. 4-5, Ph., Geniş yayılışlı, Kültür.

***Prunus divaricata* Ledeb.subsp. *divaricata* Ledeb.**

Buzlupınar Köyü, 706m,01.05.2019, Uzundere Köyü, 850m, 01.05.2019 17.05.2011, E.D. 965, Ağaç, Çiç. 4-5, Ph., Geniş yayılışlı, Kültür.

***Malus sylvestris* Miller**

Uzundere Köyü, 850m, 01.05.2019, E.D. 966, Ağaç, Çiç. 4-5, Ph., Geniş yayılışlı, Kültür.

***Cerasus avium* (L.) Moench.**

Uzundere Köyü, 850m,01.05.2011, E.D. 967, Ağaç, Ph., Çiç. 3-5, Kültür.

***Rubus caucasicus* Focke**

Marabadam Yaylası, 2600m, 10.07.2019, E.D.1010 Çok yıllık çalı, Çiç. 5-6, Ph, Avrupa-Sibirya Elementi.

***Rubus hirtus* Waldst. Et.Kit.**

Çukurluhoca Köyü, 930m, 10.07.2019, E.D.1011, Çok yıllık çalı, Çiç. 6-8, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Rubus canescens* DC.**

Yeşiltepe Köyü, 480m, 10.07.2019, E.D.1012 Çok yıllık çalı, Çiç. 5-8, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Fragaria vesca* L.**

Seslidere Köyü, 326m, 11.04.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m, 11.04.2019, E.D.958, Çok yıllık otsu, Çiç. 4-6, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

**ASTERACEAE**

***Petasites albus* L.**

Buzlupınar Köyü, 706m, 23.03.2019, E.D.953, Çok yıllık otsu, Çiç. 3-4, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

**ERICACEAE**

***Rhododendron ponticum* L. subsp. *ponticum* L.**

Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019, Topkaya Köyü, 340m, 01.05.2019, Çinofol mah.,670m, 23.03.2019, E.D.954, Çiç. 3-8, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Vaccinium myrtillus* L.**

İncesu Yaylası, 2680 m., 22.06.2019, Marabadam Yaylası, 2600m, 10.07.2019, Çimeroz

Yaylası, 2850m, 10.07.2019, Çalı, E.D.1013 Çiç. 5-7, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Vaccinium arctostaphylos* L.**

Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019, Topkaya Köyü, 340m, 01.05.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m, E.D.968, Çiç. 5-7, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

**BORAGİNACEAE**

***Myosotis lazica* M. Popov**

Seslidere Köyü, 326m, 11.04.2019, Buzlupınar Köyü, 706m, 01.05.2019, Uzundere Köyü, 850m, 01.05.2019, E.D.959, Tek ya da İki Yıllık Otsu, Çiç. 7-9, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Myosotis laxa* Lehm. subsp. *caespitosa* (C. F. Schultz) Hyl. ex Nordh.**

Çimeroz Yaylası, 2850m, 10.07.2019, E.D.1014 Tek ya da İki Yıllık Otsu, Çiç. Hk., 5-8, Avrupa-Sibirya Elementi.

***Trachystemon orientalis* (L.) G. Don.**

Buzlupınar Köyü, 706m, 23.03.2019, Seslidere Köyü, 326m, 11.04.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m, 11.04.2019, E.D. 955, E.D.949, Çok yıllık otsu, Çiç. 3-5, Ch., Avrupa-Sibirya Elementi.

**LAMIACEAE**

***Ajuga reptans* L.**

Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019, Topkaya Köyü, 340m, 01.05.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m, 11.04.2019, Buzlupınar Köyü, 706m, 01.05.2019, E.D. 960, Çok yıllık otsu, Çiç. 3-6, Avrupa-Sibirya Elementi.

***Lamium album* L.**

Uzundere Köyü, 850 m., 26.05.2019, E.D.986, Çok yıllık otsu, Çiç. 5-8, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Prunella vulgaris* L.**

İncesu Yaylası, 2680 m., 10.07.2019, E.D.1015, Çiç.5-9, Çok yıllık otsu, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Thymus praecox* Opız subsp. *caucasicus* (Ronniger) Jalas var. *grossheimi* (Ronniger)**

**Jalas**

Marabadam Yaylası, 2600m, 10.07.2019, E.D.1016, Çiç. 6-9, Çok yıllık otsu, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

***Salvia forskohlei* L.**

İncesu Yaylası, 2680 m., 10.07.2019, E.D.1017, Çiç. 6-9, Çok yıllık otsu, Hk., Avrupa-

Sibirya Elementi.

## **PLANTAGINACEAE**

### ***Plantago lanceolata* L.**

Yeşiltepe Köyü, 480m, 01.05.2019, E.D.969, Çok yıllık otsu, Çiç. 4-10, Hk., Geniş yayılışlı.

## **JUGLANDACEAE**

### ***Juglans regia* L.**

Çinofol mah.,670m, 01.05.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m, 01.05.2019, E.D. 970, Çok yıllık ağaç, Çiç. 5, Ph., Geniş Yayılışlı.

## **FAGACEAE**

### ***Castanea sativa* Miller.**

Madenli Beldesi, 132m, 22.06.2019 Seslidere Köyü, 326m, 22.06.201 Topkaya Köyü, 340m, Yeşiltepe Köyü, 480m, 22.06.201 Çinofol mah.,670m, 22.06.201 Buzlupınar Köyü, 706m, 22.06.201 Uzundere Köyü, 850m, 22.06.201 Çukurluhoca Köyü, 930m, 22.06.201.E.D. 1018, Ağaç, Çiç. 6-7, Ph., Avrupa-Sibirya Elementi.

## **GERANIACEAE**

### ***Geranium asphodeloides* subsp. *asphodeloides* Burm. Fil.**

Uzundere Köyü, 850m, 01.05.2019, E.D. 971, Çok yıllık otsu, Çiç. 4-6, Avrupa-Sibirya Elementi.

### ***Geranium sanguineum* L.**

Çimeroz Yaylası, 2850m, 10.07.2019, E.D.1019 Çok yıllık otsu, Çiç. 5-8, Avrupa-Sibirya Elementi.

## **SCROPHULARIACEAE**

### ***Scrophularia chrysantha* Jaub. et Spach.**

Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019, Yeşiltepe Köyü, 480m, 11.04.2019, Uzundere Köyü, 850m, 23.03.2019, E.D. 956 Çok veya iki yıllık, otsu. Çiç. 4-8, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

### ***Scrophularia nodosa* L.**

Seslidere Köyü, 326m, 01.05.2019, E.D.962, Yeşiltepe Köyü, 480m, 11.04.2019, E.D.1021 Uzundere Köyü, 850m, 23.03.2019, E.D. 957 Çok veya iki yıllık, otsu. Çiç. 4-8, Hk., Avrupa-Sibirya Elementi.

## **VITACEAE**

### ***Vitis vinifera* L.**

Seslidere Köyü, 326m, 26.05.2019, E.D. 848, Çalı, Çiç. 5-6, Ph., Geniş yayılışlı, Kültür.

## **POACEAE**

### ***Zea mays* L.**

Çinofol mah., 670m, 10.07.2019, E.D.1038, Seslidere Köyü, 326m, 10.07.2019, Topkaya Köyü, 340m, E.D.1039, 10.07.2019, E.D.1040 Yeşiltepe Köyü, 480m, 10.07.2019, E.D.1035, Buzlupınar Köyü, 706m, 10.07.2019, E.D.1021, Tek yıllık otsu, Çiç. 6-10, Th., Geniş yayılışlı, Kültür.

### **3.2. Bal Örneklerinin Melissopalinolojik Analiz Sonuçları**

Bal örneklerinin melissopalinolojik analizleri, toplam polen sayısı ve nişasta analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Melissopalinolojik analizler sonucu 29 örnek kestane balı olarak 13 örnek ise karışık çiçek balı (yayla balı) olarak tanımlanmıştır. 13 familya, 9 cins ve 4 tür düzeyinde 26 farklı polen türü tespit edilmiştir. *Castanea sativa* türüne ait polenler (Ek 1) bütün örneklerde dominant oranda bulunmuştur. 2, 26 ve 35. Örneklerde Brassicaceae familyası ve *Rhododendron ponticum* türüne ait polenler sekonder miktarda görülmüştür. Fabaceae, Rosaceae, Boraginaceae, Asteraceae, Ericaceae, Brassicaceae, Pinaceae, Malvaceae, Liliaceae, Poaceae familyaları ve *Rumex* sp., *Onobrychis* sp., *Ranunculus* sp., *Rhododendron ponticum*, *Alnus glutinosa*, *Laurus nobilis*, *Veronica* sp.ve *Myosotis* sp. türlerine ait polenlere farklı örneklerde minör ve eser miktarda rastlanmıştır. Toplam polen sayısı 1872-4518949 arasında değişim göstermiştir. Örneklerin hiçbirinde nişasta tanelerine rastlanmamıştır.

**Tablo 1.** Senoz Vadisi ballarının toplandığı bölgelere göre polen spektrumu ve toplam polen sayısı (TPS-10g) (\*Dominant polen, \*\*Sekonder polen, \*\*\*Minör polen, \*\*\*\*Eser polen

Bal Öneği	Polen Spektrumu (%)	TPS-10g	Polen Miktarına Göre Ballar	Niştasta
1	* <i>Castanea sativa</i> (%99) ** *** ****Rosaceae (%0,5), Liliaceae (%0,5)	129390	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
2	* <i>Castanea sativa</i> (%50) **Brassicaceae (%16), <i>Rhododendron ponticum</i> (%16) *** <i>Rumex</i> sp. (%5), <i>Onobrychis</i> sp. (%4), Fabaceae (%4), **** Rosaceae (%3), Pinaceae (%2), <i>Ranunculus</i> sp. (%0,5), Malvaceae (%0,5)	24575	Poleni Normal	Tespit edilmedi
3	* <i>Castanea sativa</i> (%100) ** *** ****	702082	Poleni Çok Zengin	Tespit edilmedi
4	* <i>Castanea sativa</i> (%98,5) ** *** ****Poaceae (%0,5), Rosaceae (%0,5), <i>Rhododendron ponticum</i> (%0,5)	224791	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
5	* <i>Castanea sativa</i> (%98) ** *** ****Brassicaceae (%1), Rosaceae (%0,5), <i>Rumex</i> sp. (%0,5)	177528	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
6	* <i>Castanea sativa</i> (%99) ** *** **** <i>Alnus glutinosa</i> (%0,5), Brassicaceae (%0,5)	199764	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
7	* <i>Castanea sativa</i> (%100) ** *** ****	4279079	Poleni Çok Zengin	Tespit edilmedi
8	* <i>Castanea sativa</i> (%98,5) ** *** ****Fabaceae (%0,5), Rosaceae (%0,5), <i>Laurus nobilis</i> (%0,5)	4347876	Poleni Çok Zengin	Tespit edilmedi
9	* <i>Castanea sativa</i> (%92) ** *** ****Lamiaceae(%0,5), <i>Onobrychis</i> sp. (%2), <i>Rhododendron ponticum</i> (%3,5), Fabaceae(%0,5), Asteracee(%0,5), Rosaceae(%0,5), Liliaceae (%0,5)	4518494	Poleni Çok Zengin	Tespit edilmedi
10	* <i>Castanea sativa</i> (%98) ** *** **** <i>Rhododendron ponticum</i> (%1), Fabaceae (%0,5), Rosaceae (%0,5)	3315825	Poleni Çok Zengin	Tespit edilmedi

**Tablo 1.(Devamı)**

11	* <i>Castanea sativa</i> (%99) ** ***	392745	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
12	**** <i>Tilia rubra</i> (%1) * <i>Castanea sativa</i> (%66) ** ***Fabaceae(%12), Asteraceae (%12), Brassicaceae(%9) **** <i>Euphorbia</i> sp.(%1) * <i>Castanea sativa</i> (%99,5)	4988	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
13	** *** **** <i>Rhododendron ponticum</i> (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%98)	638745	Poleni Çok Zengin	Tespit edilmedi
14	** *** **** <i>Rhododendron ponticum</i> (%1), Rosaceae (%1) * <i>Castanea sativa</i> (%95)	377341	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
15	** *** **** Apiaceae (%1), Asteraceae (%0,5), Brassicaceae (%2), Rosaceae (%1), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%93)	240269	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
16	** *** **** Brassicaceae (%2,5), Asteraceae (%0,5), Boraginaceae(%0,5), Rosaceae(%3), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%89)	110328	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
17	** *** **** Apiaceae (%3), Rosaceae (%2), Asteraceae (%2), Rosaceae (%1), Boraginaceae (%1), Brassicaceae (%0,5), Ericaceae (%0,5), Liliaceae (%0,5), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%96)	97868	Poleni Normal	Tespit edilmedi
18	** *** **** Apiaceae (%1), Asteraceae (%0,5), Boraginaceae (%0,5), Brassicaceae (%0,5), Ericaceae (%0,5), Liliaceae (%0,5), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%95,5)	146841	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
19	** *** **** Fabaceae (%1), Rosaceae (%1), <i>Tilia rubra</i> (%1), <i>Rhododendron ponticum</i> (%1), Apiaceae (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%95)	300761	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
20	** *** **** Brassicaceae (%2), Apiaceae (%1), Rosaceae (%1), <i>Rumex</i> sp. (%0,5), Asteraceae (%0,5), * <i>Castanea sativa</i> (%89)	48545	Poleni Normal	Tespit edilmedi
21	** *** **** Asteraceae (%2,5), Brassicaceae (%2), Fabaceae (%2,5), Liliaceae (%1), <i>Rhododendron ponticum</i> (%1), <i>Geranium</i> sp. (%0,5), <i>Laurus nobilis</i> (%0,5)	103910	Poleni Zengin	Tespit edilmedi

**Tablo 1.(Devamı)**

22	* <i>Castanea sativa</i> (% 74,5) ** ***Fabaceae (%9), Asteraceae (%8) **** Brassicaceae (%3), Poaceae (%2), Ericaceae (%2), <i>Euphorbia</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%60) **	7104	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
23	***Fabaceae (% 14), Asteraceae (%12,5), Brassicaceae (%12) **** <i>Euphorbia</i> sp. (%1), Ericaceae (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%98) **	14015	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
24	*** **** <i>Rhododendron ponticum</i> (%1), Rhamnaceae (%1) * <i>Castanea sativa</i> (%99) **	90699	Poleni Normal	Tespit edilmedi
25	*** ****Asteraceae (%1) * <i>Castanea sativa</i> (%55) ** <i>Rhododendron ponticum</i> (%18) *** Rosaceae (%15) **** Ericaceae (%4), <i>Geranium</i> sp. (%2), <i>Rumex</i> sp. (%2) * <i>Castanea sativa</i> (%98) **	194279	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
26	*** ****Rosaceae (%2) * <i>Castanea sativa</i> (%97) **	37846	Poleni Normal	Tespit edilmedi
27	*** ****Brassicaceae (%0,5), Ericaceae (%0,5), Fabaceae (%0,5), Liliaceae (%0,5), <i>Rhododendron ponticum</i> (%0,5), Rosaceae (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%76,5) **	630141	Poleni Çok Zengin	Tespit edilmedi
28	*** ****Asteraceae (%15) **** Brassicaceae (%3), Malvaceae (%3), <i>Onobrychis</i> sp. (%2), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%98) **	34637	Poleni Normal	Tespit edilmedi
29	*** **** Asteraceae (%15) **** Brassicaceae (%3), Malvaceae (%3), <i>Onobrychis</i> sp. (%2), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%98) **	17382	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
30	*** ****Asteraceae (%1), Fabaceae (%0,5), Poaceae (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%64) **	310484	Poleni Zengin	Tespit edilmedi
31	*** Asteraceae (%15), Lamiaceae (%12) **** Fabaceae (%4), <i>Geranium</i> sp. (%2), Liliaceae (%2), <i>Onobrychis</i> sp. (%0,5), <i>Plantago lanceolata</i> (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%71) **	1872	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
32	*** Brassicaceae (%12), Fabaceae (%10) **** <i>Rhododendron</i> sp. (%3), Lamiaceae (%2), <i>Myosotis</i> sp. (%1), <i>Veronica</i> sp. (%0,5), <i>Epilobium</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%65) **	8541	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
33	*** Brassicaceae (%14), Fabaceae (%12) **** <i>Rhododendron</i> sp. (%3), Lamiaceae (%3), <i>Myosotis</i> sp. (%1), <i>Veronica</i> sp. (%1), <i>Epilobium</i> sp. (%1) **	9486	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi

**Tablo 1.(Devamı)**

34	* <i>Castanea sativa</i> (%74) ** *** Fabaceae (%9), Brassicaceae (%8), Lamiaceae (%5) **** <i>Rhododendron</i> (%2), <i>Myosotis</i> sp. (%1), <i>Veronica</i> sp. (%0,5), <i>Epilobium</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%59) ** Brassicaceae (%16)	7548	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
35	*** <i>Rumex</i> sp. (%5), <i>Onobrychis</i> sp. (%4), Fabaceae (%4), **** Rosaceae (%3), Pinaceae (%3), <i>Ranunculus</i> sp. (%0,5), Malvaceae (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%76) **	8631	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
36	*** <i>Rhododendron ponticum</i> (%8), Fabaceae (%14) ****Brassicaceae (%0,5), Ericaceae (%0,5), Liliaceae (%0,5), Rosaceae (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%75,5) **	10362	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
37	*** Asteraceae (%12), Brassicaceae (%10), **** Malvaceae (%1), <i>Onobrychis</i> sp. (%1), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%98) **	12845	Poleni Çok Az	Tespit edilmedi
38	*** ****Rosaceae (%2) * <i>Castanea sativa</i> (%98) **	45375	Poleni Normal	Tespit edilmedi
39	*** ****Rosaceae (%2) * <i>Castanea sativa</i> (%88) **	49621	Poleni Normal	Tespit edilmedi
40	*** <i>Tilia rubra</i> (%5) **** Asteraceae (%0,5), Boraginaceae (%0,5), Brassicaceae (%2,5), Rosaceae (%3), <i>Rumex</i> sp. (%0,5) * <i>Castanea sativa</i> (%99) **	52846	Poleni Normal	Tespit edilmedi
41	*** ****Rosaceae (%1) * <i>Castanea sativa</i> (%98) **	38479	Poleni Normal	Tespit edilmedi
42	*** ****Rosaceae (%2), Brassicaceae (%2)	61284	Poleni Normal	Tespit edilmedi

Yükselti parametreleri ve vejetasyon yapısına göre sınıflandırıldığına toplam polen sayısı sahil kesim ve kestane ballarına daha yüksek bulunmuştur. Sahil kesim balları ile dağlık kesim ballarında toplam polen sayısı ( $p < 0,05$ ) seviyesinde, kestane balları ile yayla ballarında ise ( $p < 0,01$ ) seviyesinde önemlidir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Senoz Vadisi'nde Yükselti ve Floristik Yapıya Göre Tanımlanan Ballarda Toplam Polen Sayısı Değişimi

	Yükselti Kademeleri (m)	N	Ortalama	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
*TPS-10g	1 (0-1000 m)	18	1039060,11	1714952,647	0,003	0,040*
	2 (1001-3000 m)	24	138422,50	190166,144		
TPS-10g	Kestane	29	752402,72	1392593,117	0,003	0,008**
	Karışık Çiçek	13	15811,00	13005,508		

\*TPS-g: 10 gram baldaki toplam polen sayısı \*0,05 yanılma ile önemli, \*\*0,01 yanılma ile önemli

### 3.3. Yükselti Kademeleri ve Vejetasyon Yapısı Sınıflandırılmasına Göre Bal Örneklerindeki Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analiz Sonuçları

#### 3.3.1. Bal Örneklerinin Yükselti Kademelerine Göre Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analiz Sonuçları

Araştırma alanından toplanan bal örneklerinde saptanan fruktoz, glukoz, F+G, prolin, HMF ve nem değerleri 1. yükselti kademesinde, sukroz, F/G ve diastaz değerleri ise 2. Yükselti kademesinde daha yüksek seviyededir. Yükselti kademelerine göre baldaki şeker parametreleri, diastaz, prolin, nem istatistiksel olarak ( $p > 0.05$ ) seviyesinde fark yoktur. HMF değeri ( $p < 0.05$ ) seviyesinde önemlidir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Senoz Vadisi Bal Örneklerinin Yükselti Kademelerine Göre Şeker, Diastaz, Prolin, HMF ve Nem Değerlerinin Değişimi

	Yükselti Kademeleri (m)	N	Ortalama (mg/kg)	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
Fruktoz (g/100g)	1 (0-1000 m)	18	43,39	7,05	0,645	0,713
	2 (1001-3000 m)	24	42,63	6,26		
Glukoz(g/100g)	1 (0-1000 m)	18	31,90	8,00	0,303	0,648
	2 (1001-3000 m)	24	30,80	7,38		
Sukroz(g/100g)	1 (0-1000 m)	18	0,06	0,04	0,699	0,870
	2 (1001-3000 m)	24	0,06	0,05		
F+G	1 (0-1000 m)	18	75,30	12,76	0,323	0,592
	2 (1001-3000 m)	24	73,43	9,58		
F/G	1 (0-1000 m)	18	1,41	0,29	0,276	0,845
	2 (1001-3000 m)	24	1,43	0,26		
Diastaz(mg/kg)	1 (0-1000 m)	18	19,33	10,55	0,024	0,123
	2 (1001-3000 m)	24	27,22	21,21		
Prolin (mg/kg)	1 (0-1000 m)	18	744,43	346,76	0,383	0,901
	2 (1001-3000 m)	24	731,81	304,46		
HMF (mg/kg)	1 (0-1000 m)	14	2,72	2,18	0,104	0,016*
	2 (1001-3000 m)	18	1,18	1,21		
Nem (%)	1 (0-1000 m)	18	18,21	1,10	0,392	0,730
	2 (1001-3000 m)	24	18,06	1,48		

F: Fruktoz, G: Glukoz, HMF:5-Hydroxymetilfurfural, \*0,05 yanılma ile önemli

Araştırma alanından bal örneklerinde saptanan ortalama ağır metal değerlerinde Cd, Cr, Ni, Fe, Zn ve Mn metalleri 1. yükselti kademesinde daha yüksek bulunmuşken Pb, Cu ve Al değerleri 2. yükselti kademesinde daha yüksek seviyededir. Yükselti kademelerindeki Co ve Pb miktarı sırasıyla 0,005 mg/kg ve 0,03 mg/kg dedeksiyon limitleri altında kaldığı için tespit edilememiştir. Yükselti kademelerine göre bal örneklerinde Cr değerleri arasında ( $p>0.014$ ) ve Zn değerleri arasında ( $p>0.022$ ) düzeyinde fark olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Senoz Vadisi Bal Örneklerindeki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi

Parametreler	Yükselti Kademeleri (m)	N	Ortalama (mg/kg)	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
Cd	1 (0-1000 m)	18	0,20	0,27	0,068	0,380
	2 (1001-3000 m)	24	0,12	0,03		
Cr	1 (0-1000 m)	18	2,30	1,08	0,018	0,014*
	2 (1001-3000 m)	24	1,38	1,20		
Co	1 (0-1000 m)	18	-	-	-	-
	2 (1001-3000 m)	24	-	-		
Pb	1 (0-1000 m)	18	-	-	-	-
	2 (1001-3000 m)	24	1,09	-		
Ni	1 (0-1000 m)	18	1,95	0,46	0,016	0,106
	2 (1001-3000 m)	24	1,54	0,84		
Fe	1 (0-1000 m)	18	13,89	4,77	0,047	0,353
	2 (1001-3000 m)	24	11,23	12,65		
Zn	1 (0-1000 m)	18	2,41	0,98	0,473	0,022*
	2 (1001-3000 m)	24	1,56	0,62		
Cu	1 (0-1000 m)	18	0,54	0,20	0,019	0,342
	2 (1001-3000 m)	24	3,21	8,87		
Al	1 (0-1000 m)	18	6,65	5,35	0,574	0,773
	2 (1001-3000 m)	24	7,14	5,86		
Mn	1 (0-1000 m)	18	12,13	6,03	0,095	0,240
	2 (1001-3000 m)	24	9,39	8,32		

\*0,05 yanılma ile önemli

### 3.3.2. Senoz Vadisi Floristik Yapısına Göre Sınıflandırılan Bal Örneklerinde Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analiz Sonuçları

Araştırma alanı floristik yapısına göre sınıflandırılan bal örneklerinde fruktoz, glukoz ve F+ G değerleri kestane ballarında, sukroz ve F/G değerleri ise yayla ballarında daha yüksek seviyededir. Ancak, vejetasyon yapısına göre baldaki şeker parametreleri, diastaz, prolin ve HMF değerlerinde ( $p > 0.05$ ) fark yoktur. Nem değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak ( $p < 0.01$ ) düzeyinde önemlidir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Floristik Yapıya Göre Sınıflandırılan Bal Örneklerindeki Şeker, Diastaz, Prolin, HMF ve Nem Değerlerinin Değişimi

Parametreler	Bal Çeşidi	N	Ortalama (mg/kg)	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
Fruktoz	Kestane	29	43,76	5,57	0,169	0,239
	Karışık Çiçek	13	41,16	8,28		
Glukoz	Kestane	29	32,21	8,37	0,107	0,235
	Karışık Çiçek	13	29,18	5,06		
Sukroz	Kestane	29	0,06	0,03	0,027	0,581
	Karışık Çiçek	13	0,07	0,07		
F+G	Kestane	29	75,97	9,76	0,315	0,125
	Karışık Çiçek	13	70,35	12,78		
F/G	Kestane	29	1,42	0,31	0,018	0,807
	Karışık Çiçek	13	1,41	0,15		
Diastaz	Kestane	29	24,30	19,49	0,171	0,804
	Karışık Çiçek	13	22,81	13,59		
Prolin	Kestane	29	786,02	276,59	0,618	0,141
	Karışık Çiçek	13	628,34	388,64		
HMF	Kestane	29	1,78	1,93	0,759	0,746
	Karışık Çiçek	13	2,03	1,72		
Nem	Kestane	29	18,47	0,97	0,388	0,009**
	Karışık Çiçek	13	17,35	1,67		

F: Fruktoz, G: Glukoz, HMF:5-Hydroxymetilfurfural, \*\*0,01 yanılma ile önemli

Araştırma alanından bal örneklerinde saptanan ortalama Cr, Co, Ni, Fe, Zn, Cu ve Mn değerleri kestane ballarında daha yüksek seviyede; Co, Pb, Cu ve Al değerleri Karışık Çiçek ballarında daha yüksek seviyededir. Bal örneklerinde Co ve Pb miktarı sırasıyla 0,005 mg/kg ve 0,03 mg/kg dedeksiyon limitleri altında kaldığı için tespit edilememiştir. Kestane ve Karışık Çiçek bal örneklerindeki Ni değerleri arasında ( $p < 0.042$ ) ve Mn değerleri arasında fark ( $p < 0.01$ ) düzeyinde önemlidir (Tablo 6).

**Tablo 6.** Floristik yapıya göre sınıflandırılan bal örneklerindeki ağır metal değerlerinin değişimi

Parametreler	Yükselti Kademeleri (m)	N	Ortalama (mg/kg)	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
Cd	Kestane	29	0,10	0,02	0,051	0,186
	Karışık Çiçek	13	0,22	0,26		
Cr	Kestane	29	1,99	1,20	0,456	0,129
	Karışık Çiçek	13	1,36	1,21		
Co	Kestane	29	-	-	-	-
	Karışık Çiçek	13	-	-		
Pb	Kestane	29	-	-	-	-
	Karışık Çiçek	13	1,09	-		
Ni	Kestane	29	1,97	0,41	0,000	0,042*
	Karışık Çiçek	13	1,25	0,94		
Fe	Kestane	29	13,79	10,78	0,762	0,174
	Karışık Çiçek	13	9,20	7,62		
Zn	Kestane	29	1,98	0,99	0,582	0,609
	Karışık Çiçek	13	1,76	0,58		
Cu	Kestane	29	1,78	6,00	0,578	0,743
	Karışık Çiçek	13	0,35	0,15		
Al	Kestane	29	6,70	4,58	0,410	0,712
	Karışık Çiçek	13	7,40	7,53		
Mn	Kestane	29	13,52	6,77	0,005	0,000***
	Karışık Çiçek	13	3,52	2,77		

\*0,05 yanılma ile önemli, \*\*\* 0,001 yanılma ile önemli

### 3.4. Arı Dokusu, Bitki ve Toprak Örneklerindeki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi

Araştırma alanından toplanan arı örneklerinin dokularında saptanan ortalama ağır metal değerlerinde Pb, Ni ve Al metalleri 2. yükselti kademesinde daha yüksek bulunmuşken diğer ağır metal (Cd, Cr, Co, Fe, Zn, Cu, Mn) değerleri 1. yükselti kademesinde daha yüksek seviyededir. Yükselti kademelerine göre arı dokusundaki Zn değerleri istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ), Fe değerleri arasında ( $p < 0.01$ ) ve Mn değerleri arasında ( $p < 0.001$ ) düzeylerinde önemlidir (Tablo 7).

**Tablo 7.** Arı Dokusundaki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi

Parametreler	Yükselti Kademeleri (m)	N	Ortalama (mg/kg)	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
Cd	1 (0-1000 m)	62	0,85	0,79	0,119	0,152
	2 (1001-3000 m)	63	1,21	1,52		
Cr	1 (0-1000 m)	62	5,68	1,99	0,944	0,360
	2 (1001-3000 m)	63	6,00	1,94		
Co	1 (0-1000 m)	62	0,03	0,06	0,057	0,363
	2 (1001-3000 m)	63	1,06	2,24		
Pb	1 (0-1000 m)	62	1,84	1,82	0,827	0,764
	2 (1001-3000 m)	63	1,71	1,72		
Ni	1 (0-1000 m)	62	4,62	4,29	0,191	0,421
	2 (1001-3000 m)	63	4,14	1,48		
Fe	1 (0-1000 m)	62	162,29	46,70	0,099	0,003**
	2 (1001-3000 m)	63	193,60	65,58		
Zn	1 (0-1000 m)	62	89,02	39,42	0,603	0,049*
	2 (1001-3000 m)	63	103,30	40,69		
Cu	1 (0-1000 m)	62	22,52	6,76	0,410	0,318
	2 (1001-3000 m)	62	23,83	7,782		
Al	1 (0-1000 m)	62	30,53	28,72	0,508	0,569
	2 (1001-3000 m)	63	27,93	21,52		
Mn	1 (0-1000 m)	62	248,57	141,98	0,001	0,001**
	2 (1001-3000 m)	63	377,69	263,16		

\*0,05 yanılma ile önemli, \*\*0,01 yanılma ile önemli

Araştırma alanı polen ve nektar kaynağı olan bitkilerde en yüksek Cd, Co, Fe, Zn, Cu, Al ve Mn değerlerine 1. yükselti kademesinde rastlanırken; en yüksek Cr değerine 2. yükselti kademesinde rastlanmıştır (Tablo 8). Yükselti kademelerine göre polen ve nektar kaynağı olan bitkilerde Pb miktarı dedeksiyon limiti (0,03 mg/kg) altında kaldığı için tespit edilememiştir. Yükselti kademelerine göre nektar ve polen kaynağı bitki örneklerinde Mn değerleri arasındaki fark ( $p<0,004$ ) ve Zn değerleri arasındaki fark ( $p<0,000$ ) önem seviyesindedir (Tablo 8).

**Tablo 8:** Bitkilerde Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi

Parametreler	Yükselti Kademeleri (m)	N	Ortalama (mg/kg)	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
Cd	1 (0-1000 m)	59	0,36	0,25	0,487	0,112
	2 (1001-3000 m)	110	0,23	0,20		
Cr	1 (0-1000 m)	59	3,94	1,27	0,017	0,460
	2 (1001-3000 m)	110	4,19	2,36		
Co	1 (0-1000 m)	59	1,38	1,53	0,000	0,289
	2 (1001-3000 m)	110	0,34	0,11		
Pb	1 (0-1000 m)	59	-	-	-	-
	2 (1001-3000 m)	110	-	-		
Ni	1 (0-1000 m)	59	3,93	2,77	0,329	0,562
	2 (1001-3000 m)	110	3,66	2,93		
Fe	1 (0-1000 m)	59	257,65	805,30	0,083	0,378
	2 (1001-3000 m)	110	161,08	308,23		
Zn	1 (0-1000 m)	59	39,79	15,81	0,045	0,000***
	2 (1001-3000 m)	110	26,27	12,05		
Cu	1 (0-1000 m)	59	10,34	6,03	0,993	0,973
	2 (1001-3000 m)	110	10,30	9,35		
Al	1 (0-1000 m)	59	163,39	58023,71	0,006	0,200
	2 (1001-3000 m)	110	126,34	278,40		
Mn	1 (0-1000 m)	59	86,25	100,53	0,001	0,004**
	2 (1001-3000 m)	110	49,60	60,57		

\*\*0,01 yanılma ile önemli, \*\*\* 0,001 yanılma ile önemli

Araştırma alanı toprak örneklerinde en yüksek Cd, Cr, Co, Ni, Fe, Zn, Cu, Al, Mn değerlerine 1. yükselti kademesinde, en yüksek Pb değerine 2. Yükselti kademesinde rastlanmıştır. Yükselti kademelerine göre topraktaki Fe, değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ), Cu, Al ve Mn değerleri ise istatistiksel olarak ( $p < 0,001$ ) önemli seviyededir (Tablo 9).

**Tablo 9 . Topraktaki Ağır Metal Değerlerinin Yükselti Kademelerine Göre Değişimi**

Parametreler	Yükselti Kademeleri (m)	N	Ortalama (mg/kg)	Std. Sapma	F Ratio	Sig. Level (P)
Cd	1 (0-1000 m)	32	1,40	1,44	0,360	0,081
	2 (1001-3000 m)	56	0,50	-		
Cr	1 (0-1000 m)	32	22,68	12,11	0,476	0,902
	2 (1001-3000 m)	56	22,36	10,23		
Co	1 (0-1000 m)	32	14,04	11,42	0,015	0,950
	2 (1001-3000 m)	56	13,88	9,06		
Pb	1 (0-1000 m)	32	11,83	6,98	0,752	0,358
	2 (1001-3000 m)	56	14,70	8,12		
Ni	1 (0-1000 m)	32	12,26	7,92	0,188	0,203
	2 (1001-3000 m)	56	10,00	5,89		
Fe	1 (0-1000 m)	32	41662,75	12600,63	0,137	0,010**
	2 (1001-3000 m)	56	33691,96	15312,37		
Zn	1 (0-1000 m)	32	154,85	181,74	0,141	0,132
	2 (1001-3000 m)	56	86,15	215,06		
Cu	1 (0-1000 m)	32	294,17	403,46	0,000	0,000***
	2 (1001-3000 m)	56	64,42	53,03		
Al	1 (0-1000 m)	32	51304,15	20677,61	0,171	0,001***
	2 (1001-3000m)	56	36500,08	15349,62		
Mn	1 (0-1000 m)	32	1426,32	545,16	0,646	0,000***
	2 (1001-3000 m)	56	873,82	566,37		

\*\*0,01 yanılma ile önemli, \*\*\* 0,001 yanılma ile önemli

## 4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

### 4.1. Araştırma Alanının Nektar ve Polen Kaynağı Bitkileri

Tarım ve Kalkınma Bakanlığı'nın yürüttüğü DOKAP (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Samsun, Trabzon) illerinin doğal tıbbi ve aromatik bitki envanterleri ve ballı bitkileri projesi sonucunda ve teşhis edilen bitkilerden 398'si ballı bitkidir. Bu bitkilerden 63'ü Karadeniz'e özgü olmakla birlikte 23 tanesi endemiktir. Polen kaynağı olarak kullanılan Samsun'da 38, Ordu'da 10, Giresun'da 23, Trabzon'da 111, Rize'de 136, Artvin'de 47, Bayburt'ta 30 ve Gümüşhane'de 15 bitki belirlenmiştir. Belirlenen ballı bitkilerden en fazla tür içeren familya Asteraceae'dir. Ballı bitki açısından en zengin il ise Bayburt olarak belirlenmiştir. Eminağaoğlu (2015) Artvin'in Doğal Bitkileri kitabında 51 adet nektar ve polen kaynağı bitkilerin olduğunu rapor etmiştir. Çalışma alanımızda ise 16 familyaya ait 49 takson nektar ve polen kaynağı bitki olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda Rosaceae ve Fabaceae familyaları en fazla taksonu içermektedir.

*Quercus fagatae* sınıfının *Rhododendro- Fagetalis orientalis* sınıfının *Castaneo-Carpinion* alyansında bulunan bölge vejetasyonunda *Castanea sativa* yoğun birlikler oluşturmaktadır. Bu birliklerde yer alan bazı türlerin *Rubus hirtus*, *Smilax excelsa* L., *Hedera colchica* C. (Koch) olduğu söylenmiştir (Çobanoğlu, 2012). 1. Yükselti kademesindeki bal örneklerinin çoğu monofloral *Castanea sativa* balları olarak tespit edilmiştir. Fabaceae ve Rosaceae familyalarına ait 10'ar adet takson bulunmuştur. Mart-Haziran arasında çiçeklenme dönemi yaşayan bitkilerden arı polen toplar ve bu polenleri yavru beslemesinde kullanır. Bölgede bal sağımı 1. yükselti kademesinde temmuz ayında yapıp kovanlar 2. Yükselti kademesinde bulunan arıllıklara taşınır. 2. yükselti kademesinde ise hava şartlarına göre Ağustos-Eylül ayları arasında sağım yapılır. Bu durum melissopalinojik analizlerde bazı taksonların polenlerinin belirlenmemiş olmasının nedenidir.

### 4.2. Bal Örneklerinin Melissopalinojik ve Nişasta Analizlerin Sonuçları

Balın botanik kaynağı, temel olarak belirli bir çiçek kaynağından gelmesi ve bu bitkilerin fizikokimyasal ve mikroskopik özelliklerini yansıması durumunda tam olarak

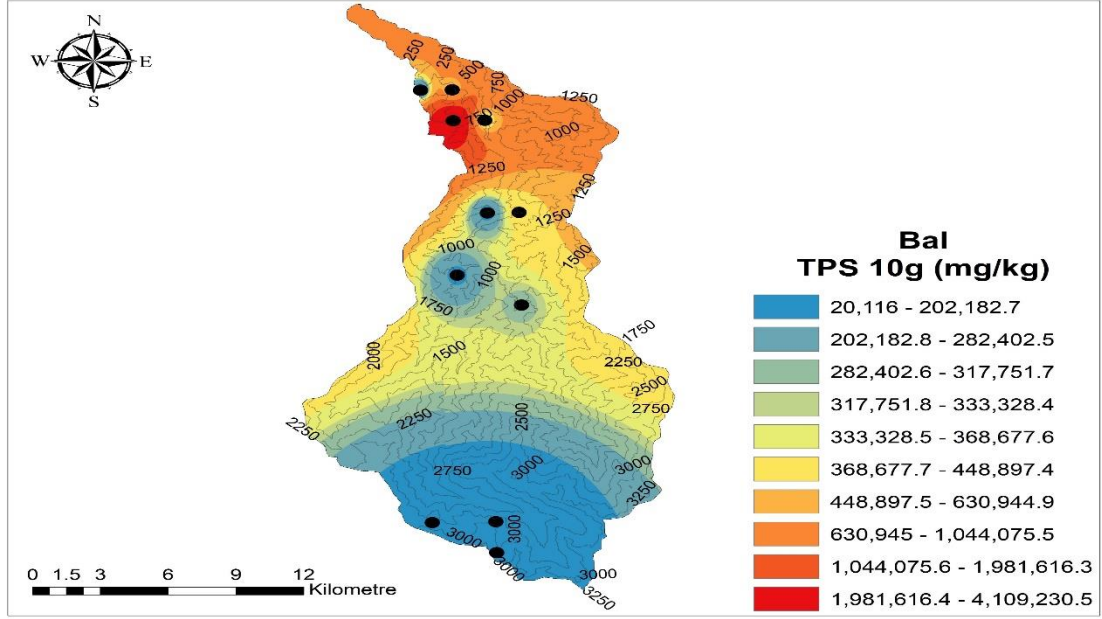
belirlenebilir. Unifloral bal, bal arılarının kovan besleme alanındaki tek türden baskın olarak nektar toplaması nedeniyle çok nadirdir. Çalışmamızda orman kuşağında yer alan istasyonlardan unifloral kestane balları, yüksek rakımlardaki istasyonlardan ise multifloral ballar temin edilmiştir. Bir balın palinolojik orijini, bitkilerin yayıldığı coğrafi bölgeye ait yetişme ortamı özellikleri ve toplama zamanı ile yakından ilişkilidir. Aynı çiçek kökenli ballar, farklı iklim koşulları ve toprak özellikleri nedeniyle farklı kimyasal bileşimlere sahip olabileceği belirtilmektedir (Zábrodská ve Vorlová, 2015).

Demir (2013), Ayder Yaylası'ndan toplanan 41 bal örneğinde melissopalinojik özelliklerin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada 5 adet bal örneğinin unifloral *Castanea sativa* ve 36 adet bal örneğinin multifloral bal olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada toplam polen sayısının 3438- 87056 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Fişne (2016), Trabzon yöresinden topladığı 85 bal örneğinde yaptığı polen tür tayini ve toplam polen sayısı analizlerinde 4 adet bal örneğinde unifloral *Castanea sativa* balına ve 81 adet bal örneğinde multifloral balına rastlamıştır. Araştırılan bal örneklerindeki toplam polen sayılarının 2 845- 1525683 adet arasında değiştiği rapor edilmiştir (Fişne, 2016). Aynı çalışmada 48 bal örneğinde *Rhododendron* sp. polenlerine rastlamıştır. Balda *Rhododendron* polenlerinin varlığı toksik etki yapabileceğinden önemli olacağını vurgulamıştır. Çalışmamızda ise 15 bal örneğinde *Rhododendron ponticum* polenlerine rastlanmıştır.

Uzunca (2019), Kastamonu bölgesinden topladığı 33 bal örneğinde 2 adet *Onobrychis* sp. balı, 1 adet Myrtaceae balı, 1 adet Fabaceae balı, 1 adet *Trifolium* sp., balı ve 9 adet *Castanea sativa* (kestane) unifloral ballar olarak tanımlamış ve bal örneklerindeki toplam polen sayısının 1051-325108 arasında değiştiğini belirlemiştir. Sorkun (2008) Kestane balının polen spektrumunda % 80 *Castanea sativa* poleni ihtiva etmesi gerektiğini belirtmiştir. Çalışmamızda 29 adet unifloral *Castanea sativa* ballarına ve 13 adet multifloral ballara rastlanmıştır. *Castanea sativa* bütün örneklerde dominant çıkmasına rağmen balının polen spektrumunda % 80 oranının altında olanlar Kestane balı olarak sınıflandırılmamıştır. Bal örneklerindeki toplam polen sayıları ise 1872-4518949 arasında değişmektedir. Buna göre TPS-10 bakımında 11 adet bal örneğinin poleni çok az, 11 adet bal örneğinin poleni normal, 13 adet bal örneğinin poleni zengin ve 7 adet bal örneğinin poleni çok zengin olarak sınıflandırılmıştır. Karışık Çiçek balının 2 örneğinde polen düzeyinin normal seviyede olduğu, diğerlerinin ise poleni çok az olduğu belirlenmiştir. Bal örneklerinde TPS-10 g 1. Yükselti kademesinden toplanan örneklerde

daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4).



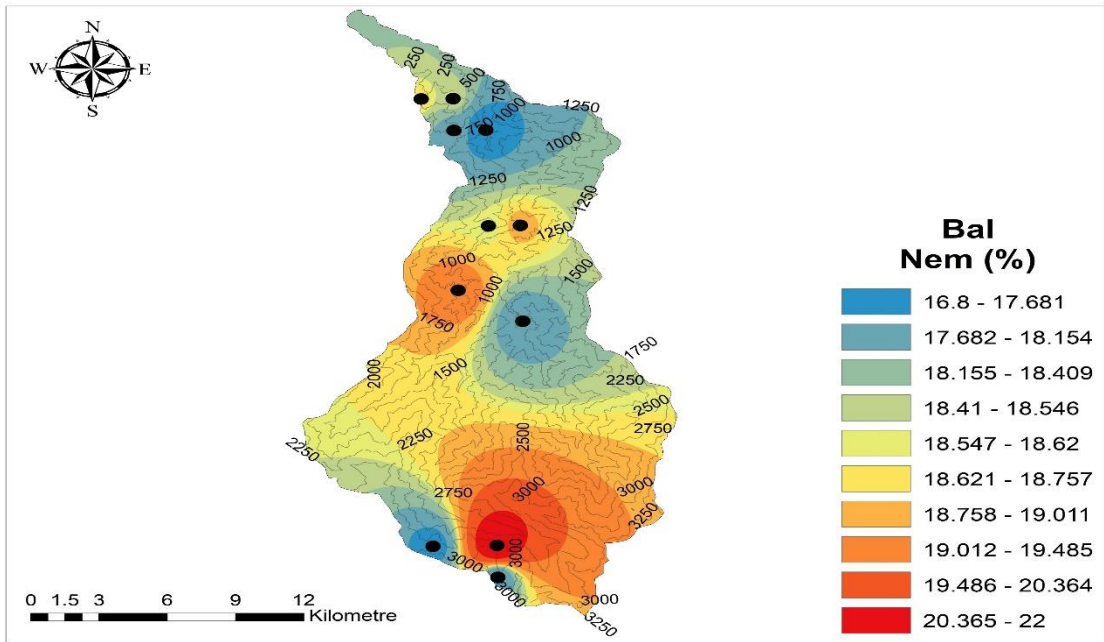
Şekil 4. Bal örneklerinde yükselti kademelerine göre TPS-10 g değişimi

### 4.3. Bal Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analizlerin Sonuçları

Nem, bal olgunluğunu belirleyen önemli bir parametredir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7)'e göre maksimum nem değeri %23 olan funda balı hariç, balın nem içeriğinin %20'nin altında olması gerektiği vurgulanmaktadır. Balın nem içeriğinin değişmesinde önemli parametrelerden birinin araştırma alanındaki nem koşullarının yüksek seviyede olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Yine balın olgunlaşmadan hasat edilmesinin nem değerlerinin yüksek çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim çalışmamızda bal neminin en yüksek çıktığı örneğin bulunduğu deneme alanındaki balların olgunlaşmadan hasat edildiği tespit edilmiştir. İklimsel değişiklikler ve hasat koşulları gibi faktörlerin nem içeriğini değiştirdiği için balın fizikokimyasal özelliklerini ve kalitesini etkilediği belirtilmektedir (Geana, 2020).

Batu vd. (2013) çalışmalarında genelde yüksek rakımlarda üretilen ballardaki nem yüzdesinin deniz seviyesinde üretilen ballara göre daha düşük olduğunu söylemişlerdir. Zappalà vd. (2005) yaptıkları çalışmada kestane ballarında nem oranlarını %17,9-18, karışık çiçek ballarındaki nem oranlarını %15,8-18 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda, literatüre uyumlu olarak karışık çiçek ballarının kestane ballarında daha düşük nem oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. 2.

Yükselti kademesinden alınan bir karışık çiçek balı örneğinde nem miktarı % 22 olarak bulundu. Bunun nedeni olarak balın erken hasat edilmiş olduğu söylenebilir (Şekil 5). Baldaki yüksek miktarda nem, balın kısa sürede fermente olmasına ve mikrobiyal büyüme ihtimalinin artmasına neden olduğu ve nem içeriği düşük balların raf ömrünün daha uzun olduğunu belirtmektedir (Fredes ve Montenegro, 2006). Buna göre çalışmamızdaki karışık çiçek ballarının raf ömrünün kestane ballarına kıyasla daha uzun olacağı ve bunun bal tüketiminde dikkate alınmasının önemli bir husus olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Bal örneklerinde yükselti kademelerine göre % Nem değişimi

5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF), çok çeşitli gıdalarda kalite bozulmasının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Jalili ve Ansari, 2015). HMF balın mevcut mevzuata uygunluğunu değerlendirmek için gereklidir. Baldaki yüksek HMF konsantrasyonları, aşırı ısınma, kötü koşullarda depolama veya balın yaşına dair bir gösterge sağlar. Hem Codex Alimentarius Commission (Alinorm 01/25, 2000) hem de EU Directive (110/2001) baldaki konsantrasyonunun genellikle 80 veya 40 mg/kg'ı geçmemesi gerektiğini belirlemiştir. Çalışmamızda HMF konsantrasyonlar kodekse uygun olarak 1. yükselti kademesi ve 2. yükselti kademesinde ortalama 2,72- 1,18 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Buna göre balın hasat tarihinden analize kadar geçen süre zarfında gıda kodeksine uygun olarak saklandığının bir kanıtı olarak sunulabilir.

Prolin, nektarın bala dönüşmesi sırasında arı tarafından bala katılan tek

aminoasittir (Von der Ohe ve ark, 1991). Amino asitlerinin esas kaynağı polen olduğu için, balın aminoasit profili botanik kaynağının da bir karakteristiğidir (Hermosin ve ark., 2003). Prolin seviyesinin bal florasına bağlı olarak değişebildiği ve arıların çalışma performansı ile daha yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir (Manzanares vd., 2014). Hermosin ve ark., (2003) ise balın prolin miktarının 200 mg/kg'dan fazla olması gerektiğini ifade ederken; Türk gıda kodeksi bal tebliğine (2020)'ye göre balda prolin miktarı en az 300 mg/kg olması gerektiği belirtilmiştir. Balın kalite göstergesinden biri olan prolin içeriğinin 183 mg/kg değerinin altına düşmesi tağşişin bir göstergesi olduğunu söylemişlerdir (Bogdanov, 1999). Bal örneklerimizin tamamında prolin değerleri literatüre ve Türk gıda kodeksi bal tebliğine (2020) uygun çıkmıştır. Bayram ve Demir (2018)'de Rize ve farklı illerden topladıkları kestane ve multifloral ballarda prolin miktarlarının 503,46-696,09 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Flanjak vd., (2016) Hırvatistan'dan topladıkları kestane ballarında prolin miktarının 390,9-916,4 mg/kg arasında değiştiğini bulmuşlardır. Bayram (2019), Türkiye'nin farklı şehirlerinden topladığı bal örneklerinde en yüksek prolin miktarının 1055 mg/kg ile Zonguldak'tan topladığı kestane balında olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamız örneklerinde ise Karışık Çiçek ballarında ortalama 628,34 kestane ballarından ise ortalama 786,02 prolin değerlerine rastlanmış olması araştırma alanındaki balların yüksek kaliteye sahip olduğu ve tüketicilerin güvenle bu ürünleri kullanabileceğinin bir kanıtı olarak sunulabilir.

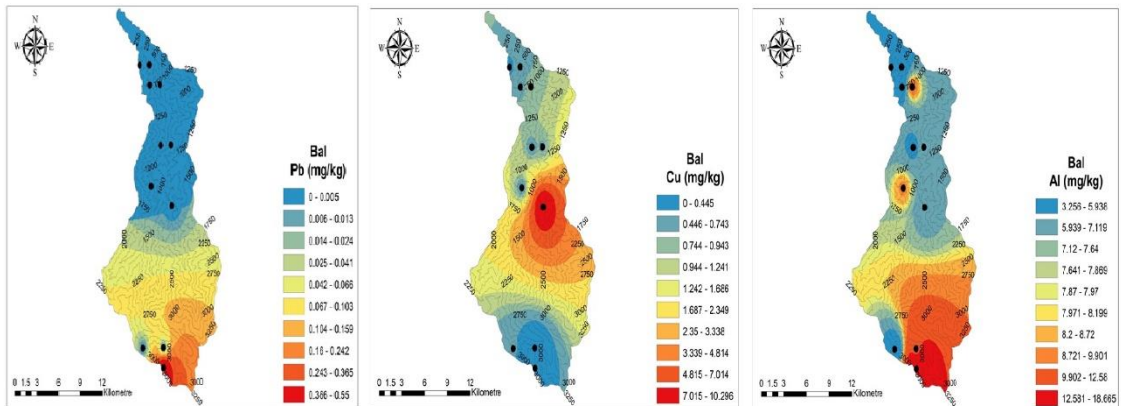
Türk gıda kodeksi bal tebliğine (2020) ve FAO (2019)'a göre früktoz+glukoz miktarının asgari 60g/100g olması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışmada früktoz+glukoz miktarı kestane ve Karışık Çiçek ballarında sırasıyla 75,97-70,35 arasında değişmekte olup Türk gıda kodeksi bal tebliğine (2020) ve FAO (2019) değerlerine uygundur. Türk gıda kodeksi bal tebliğine göre (2020) F/G oranı kestane balında 1-1,85 arasında olması gerekirken çiçek balında bu oran 0.9-1.4 arasında değişir. Kestane ballarında bir örnek, Karışık Çiçek ballarında ise 3 örnek tebliğe uygun değildir. Demir, (2013)'te Ayder yaylasından topladığı 41 örnekte F/G oranı 0,76-1,6 arasında bulmuşlardır. Çetin vd., (2011), piyasadan topladıkları 50 adet bal örneğinde Früktoz/Glukoz oranını 1.01-1,85 arasında değiştiğini söylemişlerdir. Bizim çalışmamızda ise F/G oranı ortalama 1,41-1,42 arasında değişmektedir.

Özellikle çiçek balları zamanla kristalize olmaktadır. Kristalizasyon balın su içeriği ile bünyesindeki früktoz ve glikoz şekerleri arasındaki oranla ilgilidir. Früktoz/Glikoz oranı yükseldikçe balın şekerlenme eğilimi azalmaktadır (Çetin vd.,

2011). Sukroz baldaki miktarı balın olgunlaşma derecesine ve nektarın bileşimine göre değişirken, çok erken hasat edilen olgunlaşmamış ballar fazla miktarda sukroz ihtiva ederler (Çetin vd., 2011). Türk gıda kodeksi bal tebliğine göre (2020) Sukroz en fazla 5g/100g olmalıdır. Bal örneklerindeki sukroz kestane ballarında ortalama % 0,06 ve Karışık Çiçek balarında ise % 0,07 bulunması analiz edilen balların bir yandan Türk bal tebliğine uygunluğun olduğunu, diğer yandan balda tağşiş olmadığına bir kanıtı olarak gösterilebilir.

#### 4.4. Bal, Arı, Bitki ve Toprak Numunelerinin ICP-OES ile Element Analizi Sonuçları

Bal üretim alanındaki botanik ve coğrafik şartlar balın element içeriği açısından çok etkilidir (Mračević vd., 2020). Arı ürünlerinde ağır metal birikimi, özellikle büyük yerleşim merkezlerine, çöp yakım tesislerine, araç trafiğinin yoğun olduğu ve büyük sanayi tesislerine yakın bölgelerde daha fazla olduğu bildirilmiştir (Demirezen ve Aksoy, 2005; Bogdanov, 2008). Çalışmamız bal örneklerinde ise Pb, Cu ve Al elementleri için tam tersi durum söz konusudur (Şekil 6). Bu elementlerin konsantrasyonları yaşam alanlarına yakın istasyonlarda düşük miktarda çıkarken yüksek rakımlı alanlarda daha yüksek oranda tespit edilmişlerdir. Kurşun, kadmiyum ve kobalt gibi toksik metallerin dışkı yoluyla elimine edilmesi ve arı balında bulunmaması nedeniyle bir dizi çalışmada bulunan arı organizmasının biyolojik bariyer işlevini açıklayabilir (Zelyazkhova, 2012).

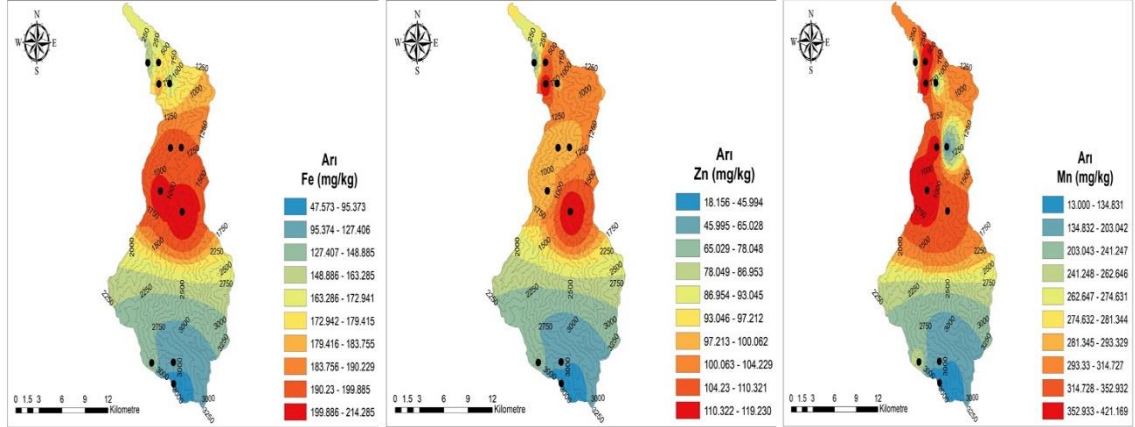


Şekil 6. Bal örneklerinde ölçülen Pb, Cu ve Al ağır metalleri konsantrasyonlarının yükselti kademelerine göre karşılaştırılması

Ağır metal kirliliği, başta metal madenciliği, ergitme, dökümhaneler ve metal

bazlı diğer endüstriler, çöp sahaları, çöplükler gibi farklı kaynaklardan metallerin sızması nedeniyle kirliliğin başlıca nedeni olan antropojenik aktivite nedeniyle (dışkı, hayvan ve tavuk gübresi, akıntılar, otomobiller ve yol çalışmaları) ortaya çıkmıştır. Tarım alanında ağır metal kullanımı, pestisit, böcek ilacı, gübre ve daha fazlası gibi ağır metal kirliliğinin ikincil kaynağı olmuştur (Briffa vd., 2020). Zehirlenme en çok bal arılarının kontamine polen veya nektarı yediklerinde meydana gelir. Co, Mn ve Cu mikro besinler olmasına rağmen, bu elementlerin ksenobiyotik miktarı hücrelerin savunma reaksiyonlarını bozar, fagositik indeksi azaltır ve düşük moleküler ağırlıklı proteinlerin profilini değiştirir. Cu, Mn ve Al içeren kimyasal bileşikler tarımda pestisit olarak kullanılır (esas olarak böcek öldürücüler). Tozlaşmaya yardımcı böcekler, nektarlı bitkileri ziyaret ederken esas olarak pestisitlere maruz kalırlar (Sadowska vd., 2019).

Çalışmamızda, arı örneklerinde Fe, Zn ve Mn değerleri 2. Yükselti kademesinde daha yüksek oranda bulunmuştur (Şekil 7).



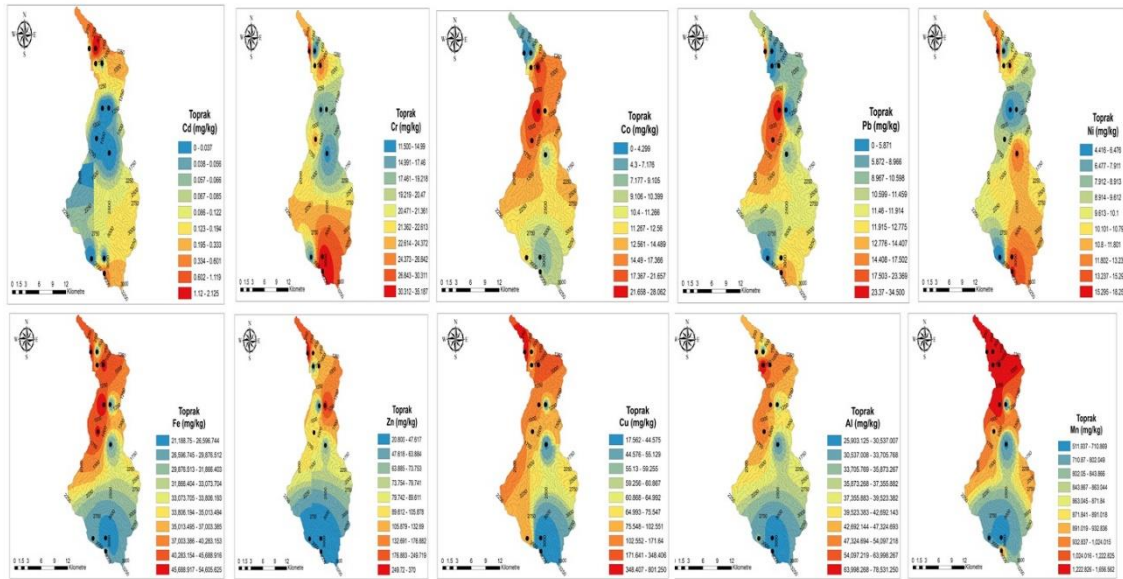
**Şekil 7.** Arı örneklerinde ölçülen Fe, Zn ve Mn ağır metalleri konsantrasyonlarının yükselti kademelerine göre karşılaştırılması

Bal arıları, yüksek ölüm oranları ve vücutlarında veya bal gibi kovan ürünlerinde bulunan kalıntı miktarları ile yaşam ortamının kimyasal bozulmasını gösterme yeteneklerinden dolayı çevresel kalitenin biyoizlenmesi için iyi bir gösterge olarak bilinirler. Celli ve Maccagnani (2003) çalışmalarının sonuçları, atmosferde bulunan metallerin arıların tüylü gövdelerinde birikebildiğini ve polenlerle kovana geri taşınabildiğini göstermektedir. Ayrıca çevre kirliliğinin bir sonucu olarak, balın yapıldığı çiçekli bitkilerin nektarında biriken toksik metaller, kirlenmiş topraktan kök sistemi vasıtasıyla nakledilebilir ve bal arıları tarafından kirli su kaynaklarından veya bal özü ile

taşınabilir (Rashed ve ark., 2009). Tabii ki, toksik bir metalin tozlayıcı popülasyon için oluşturduğu risk, maddeyi zararlı olarak ne kadar kolay tespit edip reddettikleriyle bağlantılı olabilir.

Kırsal alanlarda arıların yetersiz beslenmesini önleyen çeşitli bitkiler yetiştirilmekte ve tarım alanlarına göre daha az ve farklı pestisit kullanılmaktadır. Bununla birlikte, şehir merkezleri potansiyel olarak yüksek seviyelerde (Pb, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cd, As) toksik olan elementler gibi diğer türden tehditlerin kaynağıdır (Porrini vd., 2003; Roman, 2010; Zhelyazkova, 2012 ; Hale vd., 2012). Çalışmamız nektar ve polen kaynağı bitkilerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Kirlenmemiş topraklardan çeşitli tekniklerle elde edilen çözeltide ölçülen bazı elementlerin aralıkları aşağıdaki gibidir (mg/kg olarak): Cd 0,01–5, Co 0,3–29, Cr 0,4–29, Cu 0,5–135, Mn 25–8000, Ni 3–150, Pb 0,6–63 ve Zn 1–750 (Kabata-Pendias, 2004). Wolt (1994) toprak çözeltisinde ortalama doğal eser element bolluğunu aşağıdaki gibi sunmuştur (mg/kg olarak), Cd 0,04, Co 0,08, Cr 0,01, Cu 1, Ni 0,17, Pb 0,005 ve Zn 0,08. Çalışmamızda ise (mg/kg olarak) sahil ve yüksek kesimlerde sırasıyla Cd 1,40-0,50, Co 14,04-13,88, Cu 297,14-64,42, Ni 12,26-10, Pb 11,83-14,70 ve Zn 154,85-86,15 olarak tespit edilmiştir. Dağlık kesimlerden alınan toprak örneklerinde Pb hariç metal konsantrasyonları daha düşüktür. Literatürle uyumlu olarak dağlık kesim toprakları metal konsantrasyonu açısından daha temizdir (Şekil 8).



Şekil 8. Toprak Örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının yükselti kademelerine göre karşılaştırılması

Formicki vd. (2013)'te bal, propolis, arı mumu ve polenlerde Cd, Ni, Pb, Fe, Mg ve Zn metallerini araştırmışlardır. Balın, test edilen tüm metallerde en düşük konsantrasyonlarını içerdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda da bütün metallerin ortalama miktarları en düşük bal örneklerinde bulunmuştur (Tablo 10-11). 1. Yükselti kademesi örneklerinde arıdan bala element geçişlerinin miktarı %2,40-42,21 arasında, 2. Yükselti kademesinde ise %1,51-37,2 arasında değişmektedir. İki bölgede de arıdan bala en yüksek oranda Ni elementi geçmiştir. Bal sağımı esnasında da kontaminasyonların olabileceği varsayılarak, balda bu elementlerin daha düşük çıkması ile arının güçlü bir biyobariyer olarak işlev gördüğü savunulabilir.

**Tablo 10.** 1. yükselti kademesinde (0-1000 m) bal, arı, bitki ve toprak örneklerinin element içeriğinin karşılaştırılması

(0-1000m)	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Al mg/kg	Mn mg/kg
Toprak	1,40	22,68	14,04	11,83	12,26	41662,75	154,85	294,17	51304,15	1426,32
Bitki	0,36	3,94	1,38	-	3,93	257,65	39,79	10,34	163,39	86,25
Arı	0,85	5,68	0,03	1,84	4,62	162,29	89,02	22,52	30,53	248,57
Bal	0,20	2,30	-	-	1,95	13,89	2,41	0,54	6,65	12,13
Arı→ Bal	%23,53	%40,49	-	-	%42,21	%8,56	%2,71	%2,40	%21,78	%4,88
Toprak→Bitki	%25,71	%17,37	%9,83	-	%32,06	%0,62	%25,70	%3,51	%0,32	%6,05

**Tablo 11.** 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) bal, arı, bitki ve toprak örneklerinin ortalama element konsantrasyonlarının karşılaştırılması

(1001-3000m)	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Al mg/kg	Mn mg/kg
Toprak	0,50	22,36	13,88	11,83	10,00	33691,96	86,15	64,42	36500,08	873,82
Bitki	0,23	4,19	0,34	-	3,66	161,08	26,27	10,30	126,34	40,60
Arı	1,21	6,00	1,06	1,71	4,14	193,60	103,30	23,83	27,93	377,69
Bal	0,12	1,38	-	0,02	1,54	11,23	1,56	3,21	7,14	9,39
Arı→ Bal	%9,92	%23,00	-	%0,52	%37,20	%5,80	%1,51	%13,47	%25,56	%2,49
Toprak→Bitki	%46,00	%18,74	%2,45	-	%36,60	%0,48	%30,49	%15,99	%0,35	%4,65

Toprağa uygulanan gübreler, toprak reaksiyonuna, toprağın kation değişim kapasitesine ve organik madde içeriğine etkide bulunacağından dolayı toprakta ağır metal toksisitesine veya ağır metallerin toprakta birikmesine neden olabilir (Yerli vd., 2020). Çalışmamız toprak örneklerinde de 1. Yükselti kademesinde ağır metal konsantrasyonları 2. Yükselti kademesine göre daha fazladır (Tablo 10-11).

Topraktan bitkiye ağır metal geçişi 1. Yükselti kademesi ve 2. Yükselti kademesinde sırasıyla %0,32-25,71 ile %0,35-46 arasında değişim göstermektedir. Co, Fe ve Mn 1. Yükselti kademesinde daha yüksek oranda topraktan bitkiye geçerken diğer elementlerde 2. Yükselti kademesinde daha yüksek oranda geçiş gözlemlendi. 2. Yükselti kademesinde görülen bu durumun yağışlarla oluşabilecek kirliliğin bitki yüzeyinde toplanmış olması düşünülebilir. Ağır metallerin veya diğer kirleticilerin hareketi, sıcaklığa, yüzey sularının hareketlerine ve yönüne, hava kütlelerinin dolaşımına ve rüzgârın hızına bağlıdır (Briffa vd., 2020).

Kadmiyum çeşitli endüstriyel işlemlerde kullanımı ile çevreye salınır. Kirlenmiş toprak veya sudan bitkiler tarafından besin zincirine girer. Cd değerini, Erdoğan vd. (2005) Kahramanmaraş'tan topladıkları bal örneklerinde 0,31-0,34 mg/kg, Fredes ve Montenegro (2006) Chile ballarında 0,01-0,05 mg/kg, Tüzen vd. (2007) Türkiye'nin farklı bölgelerinden topladıkları ballarda 0,9-17,9 µg/kg aralığında rapor etmişlerdir. Çalışmamızda Karışık Çiçek ballarında ortalama 0,13 mg kg<sup>-1</sup>, kestane ballarında ise ortalama 0,06 mg/kg'dır. Her iki bal için de bu değerler literatürle uyumludur. Bal arıları (*Apis mellifera* L.) ekolojik ve tarımsal kaynakların sürdürülebilir olmasında için önemli rol oynar. En yaygın olarak bulunan tozlayıcılar arasındadır ve ürünlerin yanı sıra hizmetler de sağlarlar. Ne yazık ki, bal arısı popülasyonları ağır metal maruziyeti de dahil olmak üzere çeşitli çevresel tehditlere karşı hassastır. Bal arıları, kontamine bal ve polen kaynaklarını gezerek ve bazı durumlarda havadan maruz kalarak ağır metallerle maruz kalabilir (Di vd., 2020). Bakır (Cu) ve kadmiyum (Cd) gibi ağır metallerin kirlenmesi, genellikle gübrelerin gereksiz uygulanması nedeniyle birçok tarım sisteminde yaygın olduğu bildirilmiştir (Zhou, 2003). Gübre uygulamalarına yanıt olarak, Yeni Zelanda'dan tarım arazilerindeki toprak Cd içeriği 1990'larda nispeten kısa bir sürede 0,39 mg/kg'dan 0,85 mg/kg'a yükseldiği söylenmiştir (Taylor, 1997). Madencilik aynı zamanda Cu ve Cd'nin önemli bir kaynağıdır, sadece kirlilikten değil, aynı zamanda geri kazanılmış madencilik suyunun sulama için kullanılmasından da kaynaklandığı rapor edilmiştir (Wang vd., 2006). Amerika Birleşik Devletleri'nde, bu metallerin toprak konsantrasyonları geniş bir yelpazede değiştiği söylenmiştir (Cd: <0,01–2 mg/kg, Cu: <0,06–495 mg/kg (Holmgren vd., 1993). Araştırma alanında Cd miktarları, arı dokusunda 0,85-1,21 mg/kg arasında, nektar ve polen kaynağı bitkilerde 0,23-0,36 mg/kg arasında, toprakta ise 0,5-1,4 mg/kg arasında değişim gösterdi. Cd konsantrasyonu arı dokusu örneklerinde 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) daha yüksek bulunmuşken, bal,

bitki ve toprakta örneklerinde ise sahil kesimlerde daha yüksek bulundu (Tablo 8). 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) arıcılık taşımalı olduğu için Cd konsantrasyonunun yüksek çıkması 1. yükselti kademesinde (0-1000 m) oluşan antropojenik etkilerden kaynaklanabilir.

Kadmiyum hem yüzeyde hem de arı gövdesinin içinde birikir. Arıların dış kısımlarında Cd ile kirlenmiş toz ve polenin tüylerde tutulmasıyla ilişkili daha yüksek kadmiyum içerikleri bulunmuştur (Leita vd., 1996). Adam (2010) arılardaki yüksek kadmiyum konsantrasyonu, mineral gübreler ve böcek ilaçları içeren bir ortama çok fazla miktarda tedarik edilmesinden kaynaklanıyor olabileceğini söylemiştir. Çalışmamızda Cd konsantrasyonları 2. yükselti kademesinden (1001-3000m) toplanan arı dokusunda daha yüksek (1,21 mg/kg) bulundu. Kovanların taşınması esnasında meydana gelebilecek kontaminasyonların buna neden olduğu söylenebilir.

İyi havalandırılmış (oksitleyici) asit topraklarda, Cd ve Zn başta olmak üzere birkaç ağır metalin kolayca hareket ettiği ve bitkiler için kullanılabilir olduğu söylenebilir (Kabata-Pendias, 2003). Çalışmamız bitki örneklerinde Cd konsantrasyonları 0,23-0,36 mg/kg arasında değişmiştir. 2. yükselti kademesinde (1001-3000m) Cd miktarı daha yüksek bulundu.

Kadmiyum, Zn'nin kaçınılmaz bir yan ürünü olarak ve bazen de Pb rafinasyonu olarak üretilir. Atmosferik kirleticilerin birikmesi, fosfatlı gübreler, metal içeren pestisitler ve kanalizasyon çamuru dahil olmak üzere tarımsal girdilerin uygulanması ve ayrıca endüstriyel atıkların bertarafı, bu elementin topraktaki toplam içeriğinde artışlara ve bunun biyoyararlanımına yol açar (Davodpour vd., 2019). Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde Cd element konsantrasyonunu 0,2 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamız toprak örneklerinde ortalama Cd konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000 m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) sırasıyla 1,40-0,50 mg/kg bulundu. 1. yükselti kademesinde (0-1000 m) 2. yükselti kademesine (1001-3000 m) nazaran Cd miktarının yüksek çıkması beklenen bir durumdur.

Krom (Cr), Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency) tarafından 129 öncelikli kirletici ve 14 en zararlı ağır metalden biri olarak listelenmiştir (Sharma vd., 2012). Çoğunlukla toprak, yiyecek ve sudaki krom içeriğinden dolayı maruz kalınır (Aghamirlou vd., 2015). Çalışmamızda Karışık Çiçek balları ve kestane ballarında ölçülen krom değerleri için anlamlı bir fark yoktur. Sevimli vd. (1992) Türkiye'nin farklı

şehirlerinden topladığı bal örneklerinde Cr konsantrasyonunu 0,043-1,07 mg/kg arasında olduğunu söylemiştir. Hırvatistan ballarında 4,97–27,6 mg/kg (Bilandžić, 2019), Gana ballarında 2,655 mg/kg (Magna, 2018) olarak rapor etmişlerdir.

Ruschioni vd. (2013) canlı ve ölü arı dokularında yaptıkları biyojik kirlilik izleme çalışmasında Cr elementinin aylara göre değerlerinin yükseldiğini vurgulamışlardır. Yükselmenin dağlık bölgelerde daha çok olduğu vurgulanmış ve yükseklik ve kayaların bir bariyer gibi hava akımı sirkülasyonunu etkilediği için doğal bir bariyer görevi görüyormuş gibi olduğu söylenmiştir. Çalışmamızda dağlık kesimlerdeki arı örneklerinin dokusunda Cr ortalaması daha yüksek (6,00 mg/kg) bulundu. Bu durum taşınmalı arıcılığın getirdiği olumsuz etkilerden biri olabilir. Atmosferdeki Cr'nin %30 ila % 40'ının kaya bileşenlerinin aşınması, yağış, atmosferden gelen kuru serpinti ve yüzey akışı gibi doğal kaynaklardan, % 60 ila % 70 oranlarında ise antropojenik kaynaklardan gelmektedir (Ruschioni vd., 2013). Krom, insülin etkisini güçlendiren ve dolayısıyla karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasını etkileyen temel bir besindir. Krom, çeşitli yiyecek ve içeceklerde belirlenmiştir. Birkaç çalışma, bu aromatik bitkilerin bazılarının yüksek düzeyde Cr biriktirdiğini ve bu elementin alınmasında diyet katkısında bulunabileceğini göstermiştir (Garcia vd., 2000). Garcia vd. (2000) 99 adet aromatik bitkide yaptıkları çalışmada örneklerin % 95'inde kromun varlığını tespit etmişler ve maksimum krom miktarını 1,42 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda ise nektar ve polen kaynağı bitkilerin konsantrasyonları 3,94-4,19 mg/kg arasında değişim gösterdi. Dağlık alanlarda krom miktarı daha yüksek bulundu. Kromun doğadaki salınımı doğal ve antropojenik kaynaklar (örneğin, kayaların aşınması, volkanik emisyon, biyolojik döngü ve Pb-Cr pillerden oluşan atıklar, renkli polietilen torbalar, boş boya kapları ve atılan plastik malzemeler dahil olmak üzere katı atıklar) olarak bilinir. Teng vd. (2015) Çin'de yaptıkları bir çalışmada ortalama Cr değerlerini 63,7 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde Cr element konsantrasyonunu 22,50 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamız toprak örneklerinde Cr konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000 m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) sırasıyla 22,68-22,36 mg/kg olarak hesaplandı.

Altekin (2015) Rize ve diğer illerden toplanan bal örneklerinde yaptıkları çalışmada Co 0,010 mg/kg bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise kobalt değeri dedeksiyon limiti (0,005 mg/kg) altında olduğu için tespit edilememiştir. Kobalt, insan sağlığı için gerekli olan B12 vitamininin sentezi için gerekli bir elementtir. Kobalt,

kırmızı kan hücrelerinin üretimini uyardığı için hamile kadınlarda anemi tedavisinde kullanılmaktadır (Abu-Darwish vd., 2009). Çalışmamız bitki örneklerinde Co konsantrasyonu 0,34-1,38mg/kg arasında değişim gösterdi.

Teng vd. (2015) Çin'de toprak örneklerinde yaptıkları bir çalışmada ortalama Co değerlerini 12,04 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamız toprak örneklerinde Co konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000m) sırasıyla 14,04-13,88mg/kg olarak hesaplandı.

Kurşun çeşitli kirleticiler tarafından havaya salınır ve yağmurla toprağa karışır. Bu nedenle, bal gibi bazı yiyeceklerde kurşun konsantrasyonu, birçok değişkene bağlı olarak yükselebilir. Ayrıca kurşun, insan metabolizması için zararlıdır ve bazı sağlık bozukluklarına neden olabilir. Bu nedenle, ciddiye alınmalıdır (Aghamirlou, 2015). FAO/WHO standartlarına göre balda bulunması gereken maksimum değer 300 µg /kg olmalıdır. Çalışmamızda sadece 2. yükselti kademesindeki bir bal örneğinde kurşuna rastlanmıştır. Bu kontaminasyonun kovanın taşınması ya da sağımı esnasında olabileceği düşünülmektedir.

Çiçeklenme zamanında alt rakımlardan taşınan kovanlar veya arıcılıkta kullanılan ekipmanlar ile sahildeki kirleticilerin üst rakımlardaki kurşunun artmasına neden olduğu söylenebilir. Ayrıca üst havza genelinde özellikle yaz aylarındaki ekoturizm amaçlı yoğun araç trafiğinin de üst rakımdaki kurşunun artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Kestane ballarında ise kurşun değeri dedeksiyon limiti (0,03 mg/kg) altında olduğu için tespit edilemedi.

Araştırma alanında arı dokusundaki Pb miktarları 1,71-1,84 mg/kg arasında bulunmuş olup nektar ve polen kaynağı bitkilerde dedeksiyon limiti (0,03 mg/kg) altında kaldığı için tespit edilemedi, toprakta ise 11,83-14,7 mg/kg arasında değişim gösterdi. Arı dokusu örneklerinde sahil kesimlerde, bal ve toprak örneklerinde ise dağlık kesimlerde daha yüksek konsantrasyonda bulundu. Endüstriyel bölgelerde beslenen bal arılarında kurşun esas olarak vücut içinde birikirken (Leita vd., 1996; Hale vd., 2012), doğal alanlarda ise Pb'nin çoğu vücut yüzeyinde bulunur (Porrini vd., 2003 ). Kurşun, bal arısının bağışıklık sistemini etkiler. Çalışmamızda 1. yükselti kademesinden (0-1000m) toplanan arı örneklerinin dokusunda kurşun miktarının daha yüksek çıkmasında yoğun motorlu araç sirkülasyonu sonucu meydana gelen salınımlar ve şehirlerdeki ısınmada kullanılan enerji kaynaklarının neden olduğu salınımların etkili olduğu söylenebilir.

Teng vd. (2015) Çin'de toprak örneklerinde yaptıkları bir çalışmada ortalama Pb

değerlerini 38 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada 12 farklı noktadan topladıkları sediment örneklerinde Pb element konsantrasyonunu 7,83 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamız toprak örneklerinde Pb konsantrasyonları sahil ve dağlık kesimde sırasıyla 11,83-14,70 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Altekin vd., (2015)'te yaptıkları çalışmada nikel konsantrasyonlarını ortalama 0,041 mg/kg olarak raporlamışlardır. Oroian vd., (2016), multifloral ballarda nikel konsantrasyonunu 183,1 µg/kg, Aghamirlou vd., (2015) İran'dan topladıkları bal örneklerinde 651,78 µg/kg, Demirezen ve Aksoy (2005)'te Kayseri'den topladıkları ballarda 0,6 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Literatürde Ni, hem doğal kaynaklardan hem de antropojenik aktiviteden salındığı için çevrede yaygın olarak bulunan birçok ağır metalden biri olarak kabul edilir (Cempel, 2006). Araştırma alanı ve yakın çevresindeki artan antropojenik faaliyetlerin nikel değerlerinin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Bitki örneklerimizde Ni 3,66-3,93 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Sahil kesimde daha yüksek oranda bulunmuştur. Ruschioni vd. (2013) canlı ve ölü arı dokularında yaptıkları biyolojik kirlilik izleme çalışmasında Ni elementinin aylık değerlerinde herhangi bir sapma görülmediğini rapor etmiştir. Çalışmamızda Ni konsantrasyon ortalaması sahil kesimde toplanan arı örneklerinde 4,62 mg/kg değerinde çıkmıştır ve dağlık kesim ortalamasından daha yüksektir. Bu durumun nedeni sağım esnasında kullanılan araç gereçlerden kaynaklanan kontaminasyon olduğu düşünülmektedir.

Teng vd. (2015) Çin'de toprak örneklerinde yaptıkları bir çalışmada ortalama Ni değerlerini 26,4 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde Ni element konsantrasyonunu 7,40 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda Ni konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000 m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) sırasıyla 12,26-10,00 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Çalışmamızda Fe konsantrasyonları Karışık Çiçek ballarında ortalama 9,20 mg/kg, kestane ballarında ise 13,79 mg/kg olarak bulunmuşken Kaygusuz vd. (2016)'nin kestane ballarında bulunduğu Fe konsantrasyonları 0,13-0,28 mg/kg olarak rapor edilmiştir. Yılmaz ve Yavuz (1999) güney batı Anadolu'dan topladıkları bal örneklerinde 6,6 mg/kg olduğunu söylemişlerdir. Altunatmaz vd. (2018) ise Türkiye'nin farklı şehirlerinden topladığı ballarda 107,824 mg/kg olarak rapor etmiştir. Çalışmamızda Fe

konsantrasyonları literatürden yüksek çıkmıştır.

Abu-Darwish vd. (2015) *Thymus* bitkilerinde yaptıkları çalışmada demir içeriğinin, büyüme yerine göre farklı bitki örnekleri arasında büyük bir farklılık gösterdiği ve konsantrasyonlarının 15,31-205,8 mg/kg arasında değiştiğini vurgulamışlardır. Çalışmamızda da bitki örneklerindeki Fe konsantrasyonları 39,79-161,08 mg/kg arasında değiştiği görülmüştür. Limonit, manyetit, pirit, hematit, götit, siderit vb. gibi mineral bileşikler topraktaki Fe'nin ana kaynaklarıdır (Davodpour vd., 2019). Bu çalışmanın sonuçları, toprak numunelerindeki ortalama Fe içeriğinin 11.075 mg/kg olduğunu göstermiştir; Çalışma alanındaki antropojenik aktiviteye, özellikle civardaki kurşun/çinko madenciliği faaliyetlerine bağlanabilir. Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde Fe element konsantrasyonunu 33603,95 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda Fe konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000 m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) sırasıyla 41466,75-33691,96 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Çinko konsantrasyonu Yunan ballarında 0,34-6,99 mg/kg (Karabagias, 2017), Hırvatistan ballarında 1,33-3,02 mg/kg (Lovaković, 2018) and 0,515-14,2 mg/kg (Bilandžić, 2019), Moroccon ballarında 1,41-4,26 mg/kg (El-Haskoury, 2018) rapor edilmiştir. Batı Anadolu ballarında 2,7 mg/kg (Yılmaz ve Yavuz, 1999), Doğu Karadeniz ballarında 0,55-6,27 µg/kg (Silici vd., 2008) olduğunu söylemişlerdir. Çalışmamızın ballarında Karışık Çiçek ballarından ortalama 1,76 mg/kg, kestane ballarında ise 1,98 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Bu örneklerde Zn konsantrasyonu literatürle uyumludur.

Çinko esas olarak arıların yüzeyinde birikir, bu da arıların saçlarında biriken tozda bu elementin varlığı ile açıklanmaktadır (Leita vd., 1996 ; Zhelyazkova, 2012 ). Böceğin vücudundaki optimum Zn dozunun aşılması, fizyolojik süreçlerin bozulmasına yol açar ve bu da bağışıklık sisteminin işleyişi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olur. Buna ek olarak, sinir sistemi bozuklukları uzaysal zorluklar (kovanı veya çiçek tanıyamama) ile kendini gösteren hastalıklar meydana gelir Buczek vd., 2008). Çalışmamız arı örnekleri dokusunda Zn konsantrasyonları günlük kesimde 103,30 mg/kg oranıyla daha yüksek bulunmuştur.

Querang vd. (2005) farklı tıbbi bitkilerde yaptıkları çalışmada Zn konsantrasyonlarını 23-68 mg/kg arasında bulmuşlardır. Çalışmamız 1. yükselti kademesi (0-1000m) örneklerinde Zn konsantrasyonu ortalama 39,79 mg/kg iken 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) 26,27 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Teng vd. (2015) Çin’de toprak örneklerinde yaptıkları bir çalışmada ortalama Zn değerlerini 90,4mg/kg olarak hesaplamışlardır. Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada 12 farklı noktadan topladıkları sediment örneklerinde Zn element konsantrasyonunu 75,50 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda Zn konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000 m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) sırasıyla 154,85-86,15 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Bakır, tüm canlıların ve insanların sağlığı için hayati bir unsurdur. Bununla birlikte, bakırın çok fazla yutulması vücutta olumsuz sağlık etkilerine yol açabilir. Bu nedenle, gıda gibi farklı kaynaklardan günlük bakır alımını dikkate almak gerekir (Aghamirlou, 2015). Macaristan ballarında 0,27 mg/kg (Czipa, 2015), Sırbistan ballarında 0,53-1,60 mg/kg (Mračević, 2020), Yemen ballarında 0,31 mg/kg (Mohammed vd., 2018) olduğu söylenmiştir. Türkiye’ de Hatay ballarında ise 0,58-9,52 mg/kg (Yücel ve Sultamoğlu, 2013) olarak rapor edilmiştir. Çalışmamızda kestane ballarında 2 istasyonda, Karışık Çiçek ballarında ise tüm örneklerde Co konsantrasyonları dedeksiyon limiti (0,005 mg/kg) altında olduğu için tespit edilememiştir ve literatürün altında konsantrasyonlara sahiplerdir. Diğer örneklerdeki Cu miktarları ise literatürle uyumludur.

Roman (2010) Polonya’da yaptıkları çalışmada Cu, Se, Pb ve Cd metallerini ölçmüşler ve bakırın işçi arıların vücutlarında en yüksek konsantrasyonda bulunan bir element olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda Cu konsantrasyon ortalamaları 22,52-23,83 mg/kg arasında değişmiştir. Çalışmamızda Cu konsantrasyonu ağır metallerle (Cd, Cr, Co, Pb, Ni) kıyaslayınca en yüksek miktarda, yararlı metallerle (Fe, Zn, AL, Mn) kıyaslayınca ise en düşük miktarda bulunmuştur.

Bown (1966) ve Allowen (1968)’e göre bitkilerde bulunması gereken Cu miktarı 415 mg/kg arasında olmalıdır. Çalışmamız bitki örneklerinde ise ortalama 10,3-10,34 mg/kg arasında değişim göstermiştir. 1. yükselti kademesi (0-1000m) örneklerinde Cu miktarı daha yüksek bulunmuştur.

Bakır, dünyada en çok kullanılan üçüncü metal olarak hem hayvanların hem de bitkilerin büyümesi için gerekli olan temel bir mikro besindir. Organik madde, Mn ve Fe oksitleri, silikat killeri ve diğer birkaç mineral ile ilişkilidir. Topraklardaki Cu içeriği büyük ölçüde ana kayada doğal olarak rastlanır (Davodpour vd., 2019)

Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde Cu element konsantrasyonunu 63,97 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda Cu konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-

3000m) sırasıyla 294,17-64,42 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Alüminyum, Karışık Çiçek ballarında en yüksek konsantrasyonlu ağır metalken kestane ballarında ise ikinci en yüksek konsantrasyondaki ağır metaldir. Altunatmaz vd. (2018) çalışmasındaki 65 balda ortalama Al konsantrasyonunu 15,29 mg/kg olarak bulmuştur. Silici vd. (2008) 0,0044–0,703 mg/kg, Yarsan vd. (2007) Karadeniz’ de 12,65 mg/kg olarak rapor etmişlerdir. Çalışmamız ballarının Türkiye’de yapılmış çalışmalarla benzer sonuçlar göstermiştir.

Alüminyum, endüstriyel emisyonlardan ve kötü madencilik uygulamalarından kaynaklanan asitlenme ile küresel olarak kirliliği giderek arttırır. Bu kirlilik, meyve, polen ve nektar gibi ürünleri olumsuz etkileyen faktörlerdir. Kuzey Amerika’da meyve ve polendeki alüminyum konsantrasyonları 0,05 ile 670 mg/kg arasında rapor edilmiştir. Bu raporlar özellikle polen ve nektar tüketen tozlayıcıların sağlığını kontrol etmek için önemlidir. Çalışmamız bitki örneklerinde Al konsantrasyonları 126,34-163,39 mg/kg arasında değişim göstermiş olup 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) örneklerinde daha yüksek çıkmıştır. Arı örneklerindeki Al konsantrasyonları ise 27,93-30,53 mg/kg arasında değişmiş olup 1. yükselti kademesi (0-1000 m) örneklerinde daha yüksektir.

Çalışmamızda toprak örneklerinin ortalama Al konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000 m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) sırasıyla 51304,15-36500,08 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

FAO/WHO raporlarına göre balda bulunması gereken en yüksek mangan değeri değer 5,5 mg/kg olmalıdır. Kestane ballarında ortalama 19,49 mg/kg ölçülen mangan yüksek konsantrasyonda çıkan ağır metaldir ve FAO/WHO standartlarının üzerinde çıkmıştır. Karışık Çiçek ballarında ise bu değer 2.61 mg/kg’dır. Magna vd. (2018)’de Gana’dan topladıkları ballarda mangan konsantrasyonunun 8.215 mg/kg olduğunu rapor etmişlerdir. Altekin vd. (2015)’te Rize ve diğer illerden topladıkları ballarda ortalama mangan konsantrasyonunu 0.603 mg/kg olarak raporlamışlardır. Silici vd. (2008)’de Doğu Karadeniz’den topladıkları bal örneklerinde ortalama mangan değerini 1,11-61µg/kg olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda, yakın bölgelerde yapılan diğer çalışmalara göre mangan değerinin kestane ballarında yüksek, Karışık Çiçek ballarında ise literatürle uyum sağladığı görülmüştür. Kaygusuz vd. (2016)’da yaptıkları farklı orijindeki bal analizlerinde Mn konsantrasyonlarının meşe ve kestane ballarında diğer ballara göre önemli fark olduğunu rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise Karışık Çiçek ve kestane ballarında Mn konsantrasyonları önemli fark göstermiştir.

Teng vd. (2015) Çin’de toprak örneklerinde yaptıkları bir çalışmada ortalama Mn değerlerini 419 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Kırış ve Baltaş (2020) aynı alanda yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde Mn element konsantrasyonunu 585,10 mg/kg olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda Mn konsantrasyonları 1. yükselti kademesi (0-1000 m) ve 2. yükselti kademesinde (1001-3000 m) sırasıyla 1426,32 ve 873,82 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



## 5. ÖNERİLER

Arıcılık, flora kaynakları ile geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gereken bir sistemdir. Bugün bitkilerin tozlaşması, üremesi ve çoğalması için hem doğal süreç içerisinde hem de tarımsal faaliyetlerde kullanılan arılar ekolojik dengenin korunması ve sürdürülebilir olmasında önemli görevler üstlenirler. Arılar bu özeliği ile farklı tip ekosistemlerde biyobariyer olarak görev yaparlar. Arıların farklı ekosistemler üzerinde etkileri olduğu gibi, farklı ekosistemlerdeki çevresel faktörler ve floristik yapılar da arıların sağlığı ve yaşantı üzerinde önemli seviyede etkili olmaktadır.

Senoz vadisinde arıcılığın geliştirilmesi ve sürdürülmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi yararlı olabilir. Dikkat edilmesi önerilen hususlar şunlardır:

Araştırma bölgesi yoğun eko-turizm etkisi altına girebilecek konumdadır. Bu durum çevrenin kirlenmesine ve floral kaynakların olumsuz etkilenmesine yol açabilir. Bunun sonucunda nektar ve polen verimi ve kalitesi olumsuz etkilenebilir.

Yüksek rakımlardan monofloral ballar elde etmek için kovanların ilkbahar döneminden itibaren arılar kestane çiçeğine uğramadan bu bölgelere çıkarılması gerekmektedir. Balın kalitesinin ve kaynağının bilinmesi için farklı yöre ve bitkilerden elde edilen balların ayrı ayrı hasat edilmesi gerekir. Böylece her bir ekosisteme ait balın verimi ve kaynağı doğru bir şekilde izlenebilir. Ayrıca kaynağı ve niteliği belli olan ballar daha kolay pazarlanabilir.

Arılıklar yaşam alanları, kümes, ahır vb. potansiyel kirliliğin olabileceği yerlerden mümkün olduğunca uzak tutulmalı, arı ve kovan sağlığı düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Hastalıklı kovanlar tespit edildiği anda arılıktan uzaklaştırılmalı ve diğer kovanların enfekte olması engellenmelidir. Kovan sağlığının sürdürülebilirliği ve arı hastalıklarının tedavisi için kullanılan ürünlerin organik olması tercih edilmelidir.

Zorunlu hallerde taşınmalı arıcılık yapılacaksa taşımada kullanılacak araç-gereçler önceden dezenfekte edilmelidir. Bu sayede kovanlarda oluşabilecek olası kontaminasyonlar önlenir.

Arılıkların bulunduğu alanlarda arıların kullanabileceği nitelikte özel su yalıkları oluşturulması arıların sağlıklı beslenmesi için yararlı olabilir.

Bal üretiminin sürdürülebilirliği için bal üretimi yapılan yaylalarda ekoturizm faaliyetleri kontrollü yapılmalı ve gerektiğinde turizm amaçlı alan kullanımı kısıtlanmalıdır.

Kovan ve bal sağımı için kullanılan materyaller her kullanım 6ncesinde dezenfekte edilerek kullanılmalıdır.

Bal 6retimi yapılan alanlarda ve yakın çevresinde toprak dengesini ve yapısını değiştiren kimyasal g6bre ve tarım ilaçları kullanılması yasaklanmalıdır.

Bal 6retiminin s6rd6r6lebilirliği ve balın kullanım alanlarının genişletilmesi için bal analizlerinde tıbbi açıdan antiinflamatuar, antiseptik, antibakteriyel, yara iyileştirici vb. 6zelliklerin araştırılması yararlı olabilir.

Arıların farklı ekosistemlerde biyoindikat6r olarak g6rev yapabilirliği konusundaki çalışmaların artırılması bir yandan çevrenin korunması, diğer yandan s6rd6r6lebilir arıcılık için faydalı olabilir.



## KAYNAKLAR

- Al-Alam, J., Chbani, A., Faljoun, Z. and Millet, M. (2019). The use of vegetation, bees, and snails as important tools for the biomonitoring of atmospheric pollution—a review. *Environmental Science and Pollution Research*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04388-8>.
- Aghamirlou, H. M., Khadem, M., Rahmani, A., Sadeghian, M., Mahvi, A. H., Akbarzadeh, A. and Nazmara, S. (2015). Heavy metals determination in honey samples using inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, (December). <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0189-8>.
- Akguc, N., Ozyigit, I., Yasar, U., Leblebici, Z. and Yarci, C. (2010). Use of *Pyracantha coccinea* Rom. as a possible biomonitor for the selected heavy metals. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 7(3), 427-434.
- Al-farsi, M., Al-belushi, S., Al-amri, A. and Al-hadhrami, A. (2018). Quality evaluation of Omani Honey. *Food Chemistry*, 262, 162–167. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.104>.
- Almeida-Muradian, L. B., Stramm, K. M., Horita, A., Barth, O. M., da Silva de Freitas, A. and Estevinho, L. M. (2013). Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(8), 1698-1706.
- Altekin, E., Dizman, S. and Keser, R. (2015). Radioactivity and heavy metal concentrations in various honey samples. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(2), 716–722.
- Altunatmaz, S. S., Tarhan, D., Aksu, F., Ozsobaci, N. P., Or, M. E. and Barutcu, U. B. (2018). Levels of Chromium, Copper, Iron, Magnesium, Manganese, Selenium, Zinc, Cadmium, Lead and Aluminium of honey varieties produced in Turkey. *Food Science and Technology*, 39, 392–397.
- Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food chemistry*, 63(4), 549-562.
- Anonim, (2021). Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Ürünleri Piyasaları Arıcılık Raporu. Ankara, Türkiye, 4s.
- Anşin, R., 1980. Doğu Karadeniz Bölgesi Florası ve Asal Vejetasyon Tiplerinin Floristik İçerikleri. Doçentlik Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon, Türkiye.
- Arawwawala, L. D. A. M. and Hewageegana, H. G. S. P. (2017). Health benefits and traditional uses of honey: A review. *Journal of Apitherapy* DOI: 10.5455/ja.20170208043727.
- Arslan, S. ve Arıkan, A. (2013). Arı Ürünlerindeki Ağır Metal Birikimine Karayollarından Uzaklığın Etkisi. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 90-93.
- Atamov, V., Baykal, H., Süzen A., Ofluoğlu E. and Özer, C. 2014. Endemic and Rare Ornamental Plants of Colchic Provenance of Turkey. *Problems and Perspective* 179

- of Plant Investigation, Nitkitschy Central Botanical Garden of NAS, Yalta, Belarus, 13-16 May 2014, 137.
- Atamov V., Demir E. ve Baykal H., 2013. Ceymakçur Yaylası (Çamlıhemşin) Geofitleri. Fırtına Vadisi Sempozyumu, Rize, 26-27 Nisan 2013, 22.
- Atamov V., Demir E. ve Baykal H., 2013. Fırtına Vadisinin (Rize) Botanik Turizmi Yönünden İmkanları. Fırtına Vadisi Sempozyumu, Rize, 26-27 Nisan 2013, 24.
- Atamov, V. and Çobanoğlu, M. (2019). Floristic Diversity of Handüzü Natural Park and Environs, Turkey. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22, 84-90.
- Avcı, M. (2012). Çeşitlilik ve endemizm açısından türkiye'nin bitki örtüsü. Coğrafya Dergisi, 13, 27-55.
- Azeredo, L. D. C., Azeredo, M. A. A., De Souza, S. R., & Dutra, V. M. L. (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. Food chemistry, 80(2), 249-254.
- Batu, A., Küçük, E. and Cimen, M. (2013). Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgeleri çiçek ballarının fizikokimyasal ve biyokimyasal değerlerinin belirlenmesi. Electronic Journal of Food Technologies, 87(1), 52–62.
- Baykal, H. and Atamov, V. (2016). Floristic diversity in Başhemşin valley of Kaçkar Mountains National Park of Rize, Turkey. Pakistan Journal of Botany, 48(5), 1871-1876.
- Baykal, H. (2019). Flora of Akyamaç Waterfall natural park and environs (Rize/Turkey). Biological Diversity and Conservation, 12(1), 128-137.
- Baykal, H., Atamov, V. and Yüksek, T. (2018). Flora of Tunca Valley Natural Park and environs (Ardeşen-Rize/Turkey). Biological Diversity and Conservation, 11(3), 9-23.
- Bayram, N. E. (2019). Quality evaluation and pollen profile of honey samples from different locations. Progress in Nutrition, 21(4). <https://doi.org/10.23751/pn.v21i4.8862>.
- Bayram, N. E. and Demir, E. (2018). Specifying some quality characteristics of monofloral and multifloral honey samples. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 46(3), 417-423.
- Bentabol Manzanares, A., Hernández García, Z., Rodríguez Galdón, B., Rodríguez Rodríguez, E. and Díaz Romero, C. (2014). Physicochemical characteristics of minor monofloral honeys from Tenerife, Spain. LWT - Food Science and Technology, 55, 572–578. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.024>.
- Bilandžić, N., Sedak, M., Đokić, M., Bošković, A. G., Florijančić, T., Bošković, I. and Hruškar, M. (2019). Element content in ten Croatian honey types from different geographical regions during three seasons. Journal of Food Composition and Analysis, 84, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103305>.
- Bogdanov, S., D'Arcy, B. R., Mossel, B. and Marcazzan, G. L. (1999). Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. International honey standards are specified in a European Honey. Bee World, 80(2), 61–69.

- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R. and Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American college of Nutrition*, 27(6), 677-689.
- Bogdanov, S. (2017). Honey in medicine: A review. *Bee Product Science*, 1-28.
- Bölükbaşı, D.N. (2007). Ambalajlı balların melitopalinojik, kimyasal ve organoleptik analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 183s.
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691.
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz, E., Silici, S. and Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys : Their physico-chemical properties , antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>.
- Celli, G. and Maccagnani, B. (2003). Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, 56(1), 137-139.
- Cempel M, Nikel G (2006). Nickel: a review of its sources and environmental toxicology. *Pol J Environ Stud* 15:375–382.
- Cienciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparrini, M., Reboredo-Rodriguez, P., Manna, P. P. and Battino, M. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules*, 23(9), 2322.
- Codex standart for honey 12-1981. (Rev. 2-2001). Revised codex standart for honey. (Formerly Codex stan-12-1987) Rome: FAO; WHI, 2001.
- Çağlıyan, A. (2015). Bitlis İli'nde arıcılık faaliyetleri. *Coğrafya Dergisi*, (30), 1-25.
- Çetin, K., Alkin, E. and Ucurum, H. Ö. (2011). Determination of quality parameters of flower honey sold on the market. *Journal of Food and Feed Science - Technology*, 11, 49–56.
- Çelemler, Ö., Özenirler, Ç., Ecem Bayram, N., Zare, G. ve Sorkun, K. (2018). Kars Balının Coğrafi İşaretleme İçin Melissopalinojik Analiz. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1), 53-59.
- Davis, P.H., 1965. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Volume 1, 567 s., 1-567. Davis, P.H., 1967. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Vol. 3, ISBN 085224 000 7, 581 s., 1-581.
- Davis, P.H., 1970. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Vol. 3, 1997 yeniden basım, ISBN 085224 154 2, 628 s., 1-628.
- Davis, P.H., 1972. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Vol. 4, 1997 yeniden basım, ISBN 085224 208 5, 657 s., 1-657.
- Davis, P.H., 1975. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Vol. 5, ISBN 085224 154 2, 890 s., 1-890.
- Davis, P.H., 1978. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Vol. 6, ISBN 085224 336 7, 825 s., 1-825.
- Davis, P.H., 1979. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Vol. 7, 2008 yeniden basım, ISBN 085224 369 0, 947 s., 1-947.

- Davis, P.H., 1984. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburgh University Press, Vol. 8, ISBN 085224 494 0, 632 s., 1-632.
- Davis, P.H., 1985. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburgh University Press, Vol. 9, ISBN 085224 516 5, 724 s., 1-724.181
- Davis, P.H., Mill, R.R. and Tan, K., 1988. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburgh University Press, Vol. 9, ISBN 085224 559 9, 589 s., 1-589.
- Davis, P. H., 1988. Flora of Turkey and The East Aegean Islands, Volume: 1-9, Edinburgh University Pres, Edinburgh.
- Davis, P.H., Mill R.R., and Tan K. 1988. Flora of Turkey and The East Aegean Islands (Supplement). Volume 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Davodpour, R., Sobhanardakani, S., Cheraghi, M., Abdi, N. and Lorestani, B. (2019). Honeybees (*Apis mellifera* L.) as a potential bioindicator for detection of toxic and essential elements in the environment (case study: Markazi Province, Iran). Archives of environmental contamination and toxicology, 77(3), 344-358.
- Debela, H. and Belay, A. (2021). Caffeine, invertase enzyme and triangle test sensory panel used to differentiate *Coffea arabica* and *Vernonia amygdalina* honey. Food Control, 123, 107857.
- Demir, E. (2013). Ayder-Ceymakçur (Çamlıhemşin/Rize) yaylalarının florası ve yöre ballarının kimyasal ve palinolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 130s.
- Demirezen, D. ve Aksoy, A. (2010). Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (Icp-Oes) Kullanılarak Bal Örneklerinde Ağır Metal Tayini. Gazi University Journal of Science, 18(4), 569-575.
- Derebası, E., Bulut, G., Col, M., Guney, F., Yasar, N. and Ertürk, O. (2014). Physicochemical and residue analysis of honey from Black Sea region of Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 23(1), 10-17.
- Di, N., Zhang, K., Hladun, K. R., Rust, M., Chen, Y. F., Zhu, Z. Y. and Trumble, J. T. (2020). Joint effects of cadmium and copper on *Apis mellifera* forgers and larvae. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 237, 108839.
- Doğan, M. (2013). Ege bölgesinde üretilen hayıt ve çam ballarında ısıtmanın ve depolama süresinin hidrosimetilfurfural miktarı ve diastaz sayısı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye, 107s.
- Eminağaoğlu, Ö., 2002. Şavşat İlçesi (Artvin) Karagöl-Sahara Milli Parkı ve Çevresinin Flora ve Vegetasyonu. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 282 s.
- Eminağaoğlu, Ö. (2015). Artvin'in doğal bitkileri. 1. Basım, ISBN:978-605-030-854-9, 456s.
- Erdoğan, Ö., Tosyalı, C. ve Erbilir, F. (2005). Kahramanmaraş'ta yetişen bazı sebzelerde demir, bakır, mangan, kadmiyum ve nikel düzeyleri. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2), 27.
- Erik, S. and Tarıkahya, B. (2004). Flora of Turkey. Kebikec, 17, 139-163.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2019. URL <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/1202954/>. Accepted 09.03.2020.
- Fişne, A. (2016). Trabzon yöresi ballarında polen analizi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye Ankara, 226s.
- Flanjak, I., Strelec, I., Kenjeric, D. and Primorac, L. (2016). Croatian produced unifloral honey characterized according to the protein and proline content and enzyme activities. *Journal of Apicultural Science*, 60(1), 39.
- Fratellone, P. M., Tsimis, F. and Fratellone, G. (2016). Apitherapy products for medicinal use. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 22(12), 1020-1022.
- Fredes, C. and Montenegro, G. (2006). Heavy metals and other trace elements contents in Chilean honey. *Ciencia e Investigación Agraria*, 33(1), 50–58. <https://doi.org/10.7764/rcia.v33i1.328>. Grandjean P (1984) Human exposure to nickel. *IARC Sci Publ* 53:469–485.
- Formicki, G., Greń, A., Stawarz, R., Zyśk, B. and Gał, A. (2013). Metal Content in Honey, propolis, wax, and bee pollen and implications for metal pollution monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1).
- Garcia, E., Cabrera, C., Lorenzo, M. L. and López, M. C. (2000). Chromium levels in spices and aromatic herbs. *Science of the total environment*, 247(1), 51-56.
- Genç, F. ve Dodoloğlu, A. (2011). Arıcılığın Temel Esasları Ders Kitabı. Atatürk Üniversitesi Yayınları, 931.
- Grossheim, A.A., 1939-1967. Flora Kavkaza, Vols.1-7, Bakü ve Leningrad.
- Güner, A., Vural, M. ve Sorkun, K., 1987. Rize Florası, Vejetasyonu ve Yöre Ballarının Polen Analizi. TÜBİTAK Matematik, Fizik ve Biyolojik Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-650, Ankara, Türkiye, 269 s.
- Güner, A., 1984. Rize Florasına Hazırlık I, Rize'den bitki toplayanların listesi *Doğa Bilimleri Dergisi*, 8, (2), 278-281.
- Hale, B., Evans, L. and Lambert, R. (2012). Effects of cement or lime on Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Sb and Zn mobility in field-contaminated and aged soils. *Journal of hazardous materials*, 199, 119-127.
- Hermosín, I., Chicon, R. M. and Cabezudo, M. D. (2003). Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83(2), 263-268.
- Holmgren, G. G. S., Meyer, M. W., Chaney, R. L. and Daniels, R. B. (1993). Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America*, 22(2), 335-348.
- Izquierdo, M., Lastra-Mejías, M., González-Flores, E., Cancilla, J. C., Pérez, M. and Torrecilla, J. S. (2020). Convolutional decoding of thermographic images to locate and quantify honey adulterations. *Talanta*, 209, 120500.
- Jalili, M. and Ansari, F. (2015). Identification and quantification of 5-hydroxymethylfurfural in food products. *Nutrition and Food Sciences Research*, 2(1), 47-53.

- Joseph, J., Santibáñez, F., Laguna, M. F., Abramson, G., Kuperman, M. N. and Garibaldi, L. A. (2020). A spatially extended model to assess the role of landscape structure on the pollination service of *Apis mellifera*. *Ecological Modelling*, 431, 109201.
- Kabata-Pendias, A. (2004). Soil-plant transfer of trace elements-an environmental issue. *Geoderma*, 122(2-4), 143-149.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. (2003). Metallerin çevresel etkileri-I. *Metaller Dergisi*, 136, 47-53.
- Kapanen, A. and Itävaara, M. (2001). Ecotoxicity tests for compost applications. *Ecotoxicology and environmental safety*, 49(1), 1-16.
- Karoui, R., Dufour, E., Bosset, J. O. and De Baerdemaeker, J. (2007). The use of front face fluorescence spectroscopy to classify the botanical origin of honey samples produced in Switzerland. *Food Chemistry*, 101(1), 314-323.
- Koday, Z. ve Karadağ, H. (2020). Türkiye'deki Arıcılık Faaliyetleri ve Bal Üretimini Bölgesel Dağılımı (2007-2018). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 495-510.
- Leita, L., Muhlbachova, G., Cesco, S., Barbattini, R. and Mondini, C. (1996). Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and assessment*, 43(1), 1-9.
- Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. D., Sancho, M. T. and Pascual-Maté, A. (2018). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of apicultural research*, 57(1), 5-37.
- Manyi-Loh, C. E., Ndip, R. N. and Clarke, A. M. (2011). Volatile compounds in honey: a review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(12), 9514-9532.
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J. and Nacoulma, O. G. (2005). Food Chemistry Determination of the total phenolic , flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey , as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91, 571–577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>.
- Mračević, D. S., Krstić, M., Lolić, A. and Ražić, S. (2020). Comparative study of the chemical composition and biological potential of honey from different regions of Serbia. *Microchemical Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104420>.
- Nisbet, C., Guler, A., Yarim, G. F., Cenesiz, S. and Ardali, Y. (2013). Relationship between environmental and flora change with mineral content of honey bee products. *Turkish Journal of Biochemistry*, 38(4), 494–498. <https://doi.org/10.5505/tjb.2013.07269>.
- Ouchemoukh, S., Louaileche, H. and Schweitzer, P. (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food control*, 18(1), 52-58.
- Özkan, N. G., Yıldırım, E. A. ve Kılıç, N. K. (2020). Yığılca (Düzce) Balköy Bal Ormanı Florası. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 16(2), 45-69.
- Özkırım, A. (2018). Beekeeping in Turkey: Bridging Asia and Europe. In *Asian beekeeping in the 21st century* (pp. 41-69). Springer, Singapore.

- Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N. and Gan, S. H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly: a comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, 1-21.
- Polat, R., Nevzat, E., Ürüsan, Z., Ahmet, C. A. F., Ahıskalı, M. ve Canlı, D. (2020). Solhan (Bingöl) florasının arıcılık açısından değerlendirilmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 1-10.
- Ponikvar, M., Šnajder, J. and Sedej, B. (2005). Honey as a bioindicator for environmental pollution with SO<sub>2</sub>. *Apidologie*, 36(3), 403-409.
- Porrini, C., Sabatini, A. G., Girotti, S., Ghini, S., Medrzycki, P., Grillenzoni, F. and Celli, G. (2003). Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta*, 38(1), 63-70.
- Rashed, M. N., El-Haty, M. T. A. and Mohamed, S. M. (2009). Bee honey as environmental indicator for pollution with heavy metals. *Toxicological and Environ Chemistry*, 91(3), 389-403.
- Roman, A. (2010). Levels of Copper, Selenium, Lead, and Cadmium in Forager Bees. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(3).
- Ruttner, F. (1988). *Biogeography and taxonomy of honeybees*. Springer Verlag. Berlin
- Ruschioni, S., Riolo, P., Minuz, R. L., Stefano, M., Cannella, M., Porrini, C. and Isidoro, N. (2013). Biomonitoring with honeybees of heavy metals and pesticides in nature reserves of the Marche Region (Italy). *Biological trace element research*, 154(2), 226-233.
- Sadowska, M., Gogolewska, H., Pawelec, N., Sentkowska, A. and Krasnodębska-Ostręga, B. (2019). Comparison of the contents of selected elements and pesticides in honey bees with regard to their habitat. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(1), 371-380.
- Salkova, D. and Panayotova-Pencheva, M. (2016). Honey bees and their products as indicators of environmental pollution: a review. *Agricultural Science and Technology*, 8(3), 175-182.
- Saunier, J. B., Losfeld, G., Freydier, R. and Grison, C. (2013). Trace elements biomonitoring in a historical mining district (les Malines, France). *Chemosphere*, 93(9), 2016-2023.
- Serra Bonvehi, J. and Escolà Jordà, R. (1997). Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 725-732.
- Silici, S., Uluozlu, O. D., Tuzen, M. and Soylak, M. (2008). Assessment of trace element levels in *Rhododendron* honeys of Black Sea region, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 156(1-3), 612–618. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.12.065>.
- Silici, S., Uluozlu, O. D., Tuzen, M. and Soylak, M. (2016). Honeybees and honey as monitors for heavy metal contamination near thermal power plants in Mugla, Turkey. *Toxicology and industrial health*, 32(3), 507-516.
- Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D. and Shehata, M. G. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 279-287.

- Sorkun, K. (2008). Türkiye'nin nektarlı bitkileri polenleri ve balları. Palme Yayıncılık, 462, ISBN: 978-9944-341-67-7, 341s.
- Spink, J. and Moyer, D. C. (2011). Defining the public health threat of food fraud. *Journal of food science*, 76(9), 157-163.
- Şişman Aydın, G., Büyükişik, B., Kocataş, A. (2014). Fosfat ve silikatın zararlı denizel diyatom büyümesi üzerine etkisi: *Thalassiosira allenii* Takano (Bacillariophyceae). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 11(1), 44-52.
- Taylor, M. D. (1997). Accumulation of cadmium derived from fertilisers in New Zealand soils. *Science of the total environment*, 208(1-2), 123-126.
- Teng, Y., Li, J., Wu, J., Lu, S., Wang, Y. and Chen, H. (2015). Environmental distribution and associated human health risk due to trace elements and organic compounds in soil in Jiangxi province, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 122, 406-416.
- Topyıldız, M. ve Yarsan, E (2014). Çevresel kirliliğin izlenmesinde biyoindikatör canlılar. *Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi*, 1(2), 83-93.
- Turkish Standard TS 13359 (2008). Determination of Fructose, Glucose, Sucrose, Turanus and Maltose Content in Honey using High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Method.
- TUIK (Turkish Statistical Institute), 2019. [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/aracilik/Belgeler/istatistik/T%C3%BCrkiye%20Ar%C4%B1c%C4%B1k%20C4%B0statistikleri%20\(TU%C4%B0K,%202017\).pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/aracilik/Belgeler/istatistik/T%C3%BCrkiye%20Ar%C4%B1c%C4%B1k%20C4%B0statistikleri%20(TU%C4%B0K,%202017).pdf). Accepted 09.03.2020.
- Turgut, G. (2012). Sarıçalı Dağı Ve Çevresinin (Nallıhan / Ankara) Florası. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 167s.
- Turkish Food Codex Honey Communiqué. Communiqué No: 2020/7, T.S.E., Ankara, 2020.
- URL-1, (2021). <http://www.camlihemsin.bel.tr/sayfa/tabiat-ve-bitki-ortusu/104> (05 Şubat 2021).
- URL-2 (2021). <http://www.tubives.com/>
- URL-3 (2021). <https://haliccevre.com/agir-metal-maruziyeti/> (27.06.2021)
- URL-4(2021). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3052.pdf> (28.06.2021).
- Uzunca, H. (2019). Kastamonu yöresi ballarının fiziko-kimyasal ve palinolojik yönden incelenmesi. Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, Türkiye, 161s.
- Von der Ohe, W. (1994). Unifloral honeys: chemical conversion and pollen reduction. *Grana*, 33(4-5), 292-294.
- Wang, J., Ban, H., Teng, X., Wang, H. and Ladwig, K. (2006). Impacts of pH and ammonia on the leaching of Cu (II) and Cd (II) from coal fly ash. *Chemosphere*, 64(11), 1892-1898.
- White Jr, J. W. (1978). Honey. *Advances in food research*, 24, 287-374.

- Wolt, J. D. (1994). *Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture*. John Wiley and Sons, USA.
- Yarsan, E., Karacal, F., Ibrahim, I. G., Dikmen, B., Koksak, A., & Das, Y. K. (2007). Contents of some metals in honeys from different regions in Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79(3), 255–258. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9034-9>.
- Yarsan, E., Karacal, F., Ibrahim, I. G., Dikmen, B., Koksak, A. and Das, Y. K. (2007). Contents of some metals in honeys from different regions in Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79(3), 255-258.
- Yerli, C., Çakmakçı, T., şahin, U. ve Tüfenkçi, Ş. (2020). Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 103-114.
- Yukse, T. (2017). General evaluation of the temporal distribution of precipitation, some forestry studies and land use in Rize. *Journal of Anatolian Environmental&Animal Sciences*, 3, 59–66.
- Yüksek, T., 2004. Türkiye'nin Su Kaynakları ve Havza Planlamasına Dönük Genel Değerlendirmeler, *KAÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1 (2), 71-83.
- Yüksek, T., Yüksek, F., Kurdoğlu, O., 2017. Fırtına Havzası Doğal Kaynak Sorunları ve Çözümüne İlişkin Değerlendirmeler, *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi* Yıl: 2, (1), 64-69.
- Zappala, M., Fallico, B., Arena, E. and Verzera, A. (2005). Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. *Food control*, 16(3), 273-277.
- Zhelyazkova, I. (2012). Honeybees–bioindicators for environmental quality. *Bulgarian journal of agricultural science*, 18(3), 435-442.
- Zhou, Q. (2003). Interaction between heavy metals and nitrogen fertilizers applied to soil-vegetable systems. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 71(2), 338-344.

## EKLER



Şekil 9. Çimeroz Yaylası istasyonuna ait görüntü, subalpin vejetasyon



Şekil 9. Çimeroz Yaylası istasyonuna ait görüntü, *Vaccinium* birlikleri



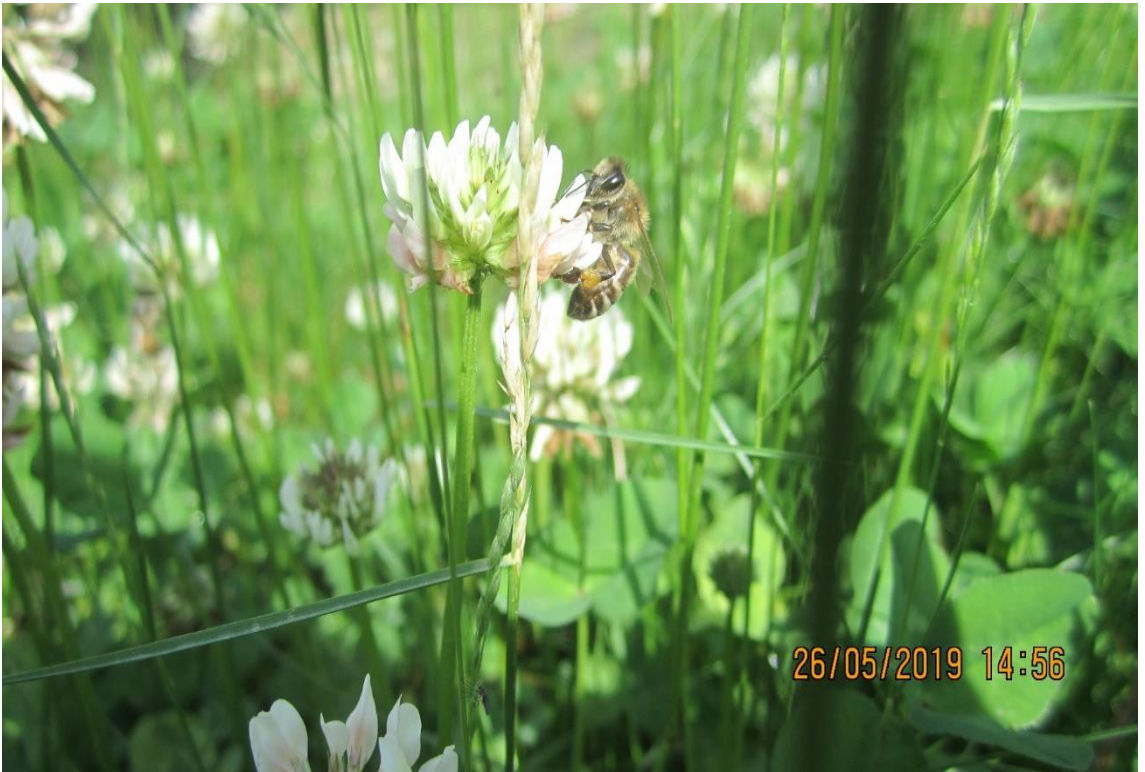
Şekil 10. Marabadam Yaylası istasyonuna ait görüntü



Şekil 11. Marabadam Yaylası istasyonunda seçilen arılığa ait görüntü



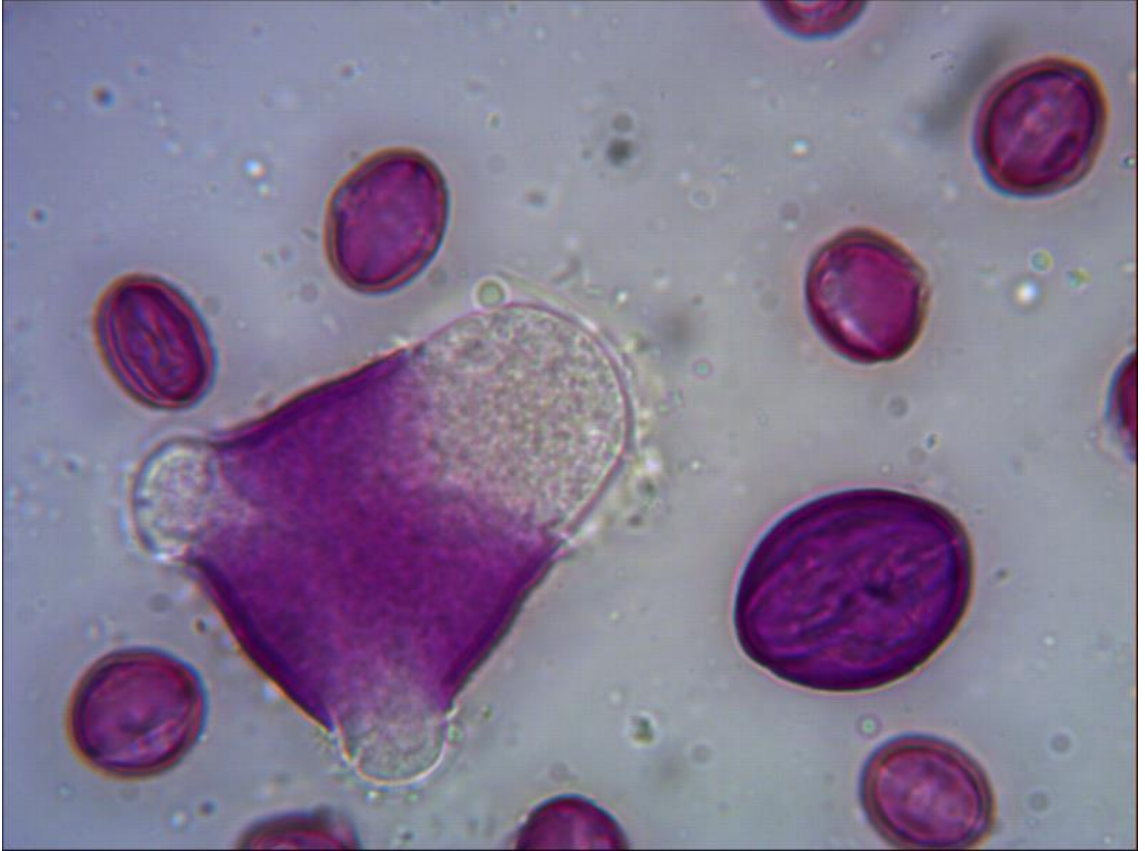
Şekil 12. Marabadam Yaylası istasyonuna ait görüntü



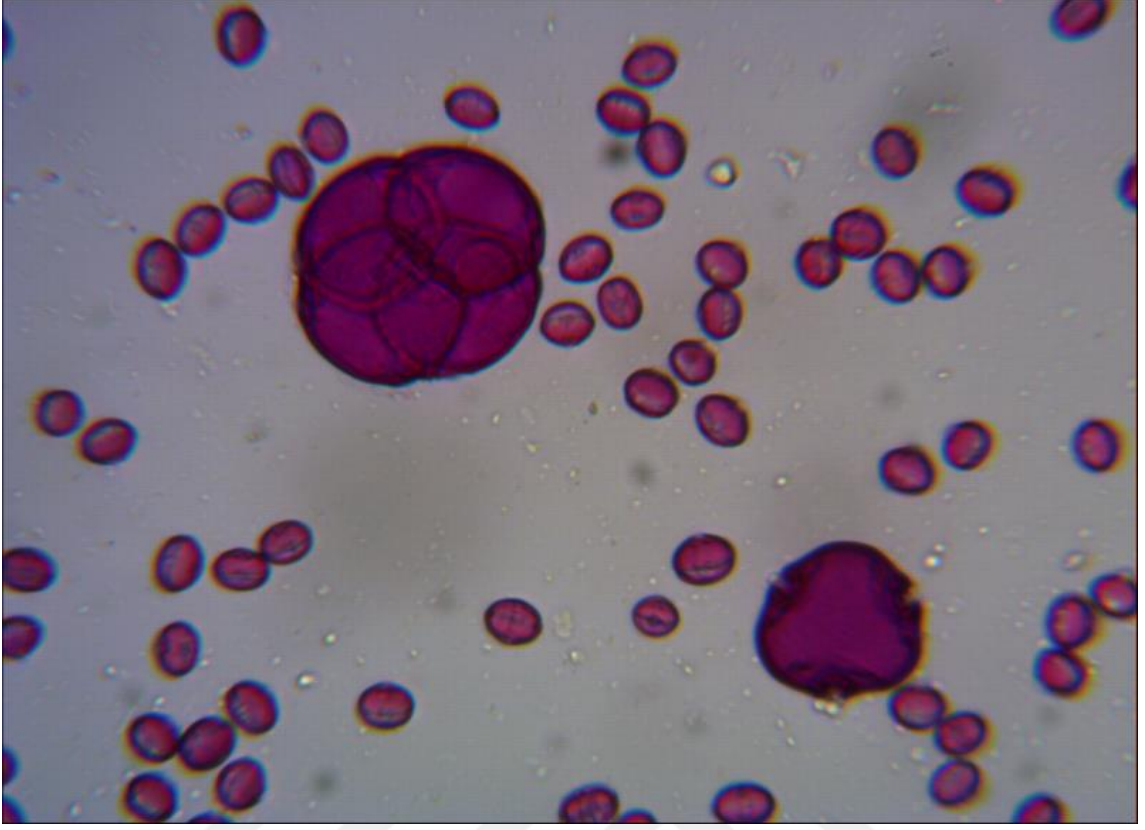
Şekil 13. *Trifolium repens* bitkisine ait görüntü



Şekil 14. *Laurocerasus officinalis* bitkisine ait görüntü



Şekil 15. Rosaceae ve *Castanea sativa* polenlerine ait görüntü



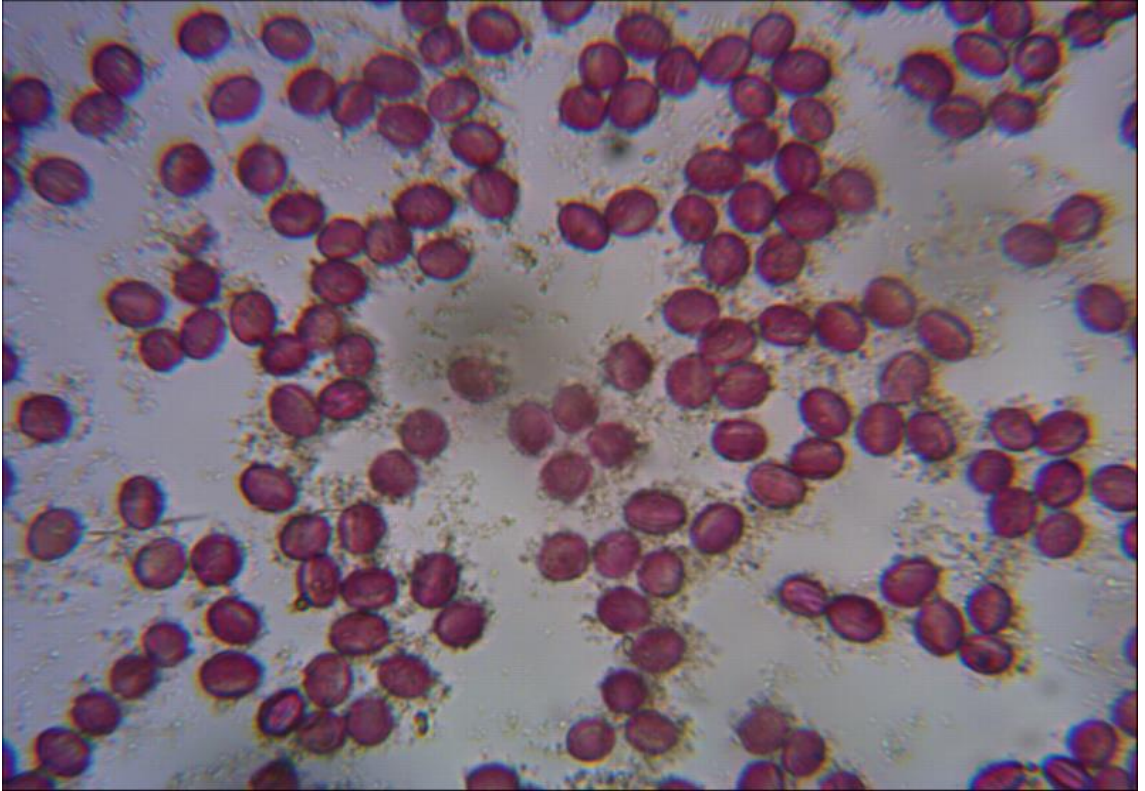
Şekil 16. *Tilia rubra*, *Castane sativa* ve Ericaceae taksonlarına ait polen görüntüleri



Şekil 17. *Rhododendron ponticum* polenine ait görünüşü (x100)



Şekil 18. *Onobrychis* sp. polenine ait görüntü (x100)



Şekil 19. Poleni çok zengin ballardan görüntü



**Şekil 20.** Aralık çevresine bulunan potansiyel kirletici (suyun üstü paslanmış teneke ile örtülmüş)



**Şekil 21.** Kimyasal gübreleme yapılan çay tarım arazisi çevresinde bulunan aralıklara ait görüntü