Bilecik Bej Mermer Ocaklarındaki Liken Varlığının Etkilerinin Araştırılması

Yade Demir

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül 2022

To Investigate the Effect of Lichen Presence in Bilecik Beige Quarries

Yade Demir

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mining Engineering

September 2022

Bilecik Bej Mermer Ocaklarındaki Liken Varlığının Etkilerinin Araştırılması

Yade Demir

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden İşletme Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Ercan Emir

Eylül 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım klavuzuna göre, Doç. Dr. Ercan Emir danışmanlığında hazırlamış olduğum 'Bilecik Bej Mermer Ocaklarındaki Liken Varlığının Etkileri' başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kullarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterimi ve bilgi, belge sonuçlarını bilimsel etik ilke ve kurallarına göre sunduğumu beyan ederim. 20/09/2022

Yade Demir

imza

ÖZET

Türkiye'nin mermer rezervi, Dünya mermer rezervinin yaklaşık %33'üne karşılık gelmektedir. Uygulanmaya başlayan modern ocak üretim yöntemleriyle Türkiye, dünya doğal taş üretiminde lider 7 büyük üretici ülkelerden biri konumuna gelmiştir. Bilecik bölgesi, antik çağlardan bu zamana kadar mermer üretimi yapılmış önemli üretim bölgelerinden biridir.

Mermer ocak işletmeciliğinin hem zaman alan bir üretim mekanizması vardır hem de süreklilik arz etmeyen değişken bir çalışma sistemi vardır. Dolayısıyla mermer ocakları bazen aktif bir şekilde çalışırken bazen pasif bir şekilde durdurulabilir ya da kapatılabilir.

Mermer ocak işletmeciliği ülkemizde açık ocak üretim yöntemleriyle çalıştırılmaktadır. Ocakların aktif ve pasif olması durumunda hem üretim aynaları hem de üretilen bloklar doğada açık bir şekilde kalmaktadır. Açıkta kalan üretim bloklarına ve üretim aynalarına etki eden çevresel faktörler bulunmaktadır. Bunlardan biri de liken oluşumlarıdır.

Bu tez çalışmasında, Bilecik bölgesindeki mermer ocaklarında liken oluşumlarının gözlenmesi ve bunların bozunmaya nasıl etki ettikleri araştırılmıştır. Mermer ocaklarından toplanan liken örnekleri BM Yazılım Danış. ve Lab. Sis. Ltd. Şti. tarafından tanımlanmış, tanımlanan likenlerin etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mermer ocağı, liken, kaya likenleri

SUMMARY

Turkey's marble reserves correspond to approximately 33% of the world's marble reserves. With the modern quarry production methods that have started to be applied, Turkey has become one of the 7 leading producer countries in the world natural Stone production. Bilecik region is one of the important production areas where marble has been produced since ancient times.

Marble quarry management has both a time consuming production mechanism and a non-continuous, variable working system. Therefore, while marble quarries are sometimes active, sometimes they can be passively stopped or closed.

Marble quarry management is operated with open pit production methods in our country. In case the quarries are active and passive, both the production mirrors and the blocks produced remain open in nature. There are environmental factors affecting the exposed production blocks and production mirrors. One of them is lichen formations.

In this thesis, the observation of lichen formation in the marble quarries in the Bilecik region and how they affect degradation were investigated. Lichen samples collected from marble quarries were identified by BM Yazılım Danış. ve Lab. Sis. Ltd. Şti and the effects of identified lichens were investigated.

Key words: Marble quarry, lichen, saxicolous lichens

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET……vi

SUMMARY……vii

İÇİNDEKİLER……viii

ŞEKİLLER DİZİNİ……x

ÇİZELGELER DİZİNİ……xiv

SİMGELER VE KISALTMALAR……xv

1. GİRİŞ VE AMAÇ……1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI……3
2.1 Likenlerin Genel Özellikleri……3
2.2 Kaya Likenlerinin Özellikleri ve Sınıflandırılması……5
2.2.1 Kaya Üstü Likenleri……6
2.2.2 Kaya İçi Likenleri……10
2.3 Kaya Aşınmasında Fiziksel Etkiler……12
2.3.1 Kaya boşluklarından hiflerin penetrasyonu……12
2.3.2 Liken tallusunun genişlemesi ve daralması……14
2.3.3 Liken tallusunun donması ve çözülmesi……14
2.3.4 Organik ve inorganik tuzların şişme etkisi……15
2.3.5 Mineral parçalarının tallusa dahil edilmesi……15
2.4 Kaya Aşınmasında Kimyasal Etkiler……15
2.4.1 Solunum sonucu çıkan CO_2'in kimyasal etkileri……16
2.4.2 Oksalik asit atılımı ile mineral çözünmesi……17
2.4.3 Liken bileşiklerinin kimyasal etkisi……17
2.4.4 Alkali metabolik ve enzimatik reaksiyonun kimyasal etkisi……18
2.5 Likenlerin İkincil Metabolitleri……19
2.5.1 Metal oksalatlar……19
2.5.2 Demir oksitler……20
2.5.3 Amorf alümino-silikat jeller……20
2.5.4 Kil mineralleri……21
2.6 Kalkerli Kayaçlarda Liken Etkisi……22
3. MATERYAL VE YÖNTEM……24
3.1 Araştırma Bölgesinin Tanıtımı……24
3.1.1 Bilecik ili coğrafik konumu……24
3.1.2 Bilecik ili iklimi……25
3.1.3 Bilecik mermer ocakları……25

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.2 Likenlerin Toplama Yöntemi……...……51
3.3 Likenlerin Tayin Yöntemi……...…….52
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……...…….53
4.1 Likenlerin Tanımlanması……...……..53
4.1.1 *Protoparmeliopsis muralis*……...……..55
4.1.2 *Xanthoria parietina*…….……59
4.1.3 *Lecanora dispersa*.....65
4.1.4 *Physcia tenella*……...……68
4.1.5 *Caloplaca pusilla*……..……..73
4.1.6 *Protoparmeliopsis garovaglii*……...……..76
5. SONUÇ VE ÖNERİLER……..……79
KAYNAKLAR DİZİNİ……...……81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2.1. Likenlerin ortak yaşam döngüsü (Tehler, 1996)……...……...…….3

2.2.a) Homomerik ve b)heteromerik liken yapısı (Anonim, 2018)...…….……...……..4

2.3. Likenlerin üremesi şematik gösterimi (Anonim, 2019)……4

2.4. Likenlerin sınıflandırılması (Öztürk, 1995)…….……..……...…...5

2.5. Kaya Likenlerinin sınıflandırılması (Chen vd., 2000)….……...…….……6

2.6. Kabuksu liken……..…….……...……..…….…..7

2.7. Yapraksı liken……..…….……...……..…8

2.8 Dalsı liken……..…….……...……9

2.9. Kaya üstü likenlerinin şematik görüntüsü (Hoppert ve König, 2006)...……...……..10

2.10. Kaya delici liken türlerinin şematik gösterimi (Hoppert ve König, 2006)..……...…..11

2.11. Kaya boşluğu ve kaya yarığı likenleri şematik gösterimi (Wierzchos vd., 2012).…….....….11

2.12. Kaya üzerindeki liken etkilerinin akış şeması (Chen vd., 2000)……....……..12

2.13. Liken hiflerinin kaya boşluklarından ilerleyişinin şematik gösterimi (Bjelland vd., 2011)….13

3.1. Bilecik İli lokasyon haritası (Anonim, 2022).....……..……...…..24

3.2. Bilecik İli Mermer Ocakları dağılımı (Bilecik Mermer Sektörü Raporu, 2017)..……....……..26

3.3. Bilecik Bej Mermerin çeşitleri (Bilecik Mermer ve Granit Sanayicileri Derneği dergisi, 2005)..……...….27

3.4. Kabeloğlu Bej Ocağı üretim aynaları…….……...……..28

3.5 Kabeloğlu Bej Ocağında gözlemlenen likenler…….…….…….28

3.6 Kabeloğlu Bej Ocağı üretim aynaları…….…….……29

3.7. Kabeloğlu Bej Ocağı üretim aynaları…….……30

3.8. Kabeloğlu Bej Ocağında gözlemlenen likenler……...…….……..……31

3.9. Mermaş Bej Ocağı üretim aynaları……..……..….3

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

3.10. Mermaş Bej Ocağı üretim aynaları…….……32

3.11. Mermaş Bej Ocağında gözlemlenen blok üzeri liken kolonizasyonları…….……..…33

3.12. Mermaş Bej Ocağında blok üzeri liken oluşumları……...……...……34

3.13. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları……35

3.14. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları……..…..……35

3.15. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları……36

3.16. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları……36

3.17. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynalarında gözlemlenen likenler…….…..…37

3.18. Özaksoy Mermer Bej Ocaklarında blok üzeri liken kolonizasyonları……..……..…..38

3.19. Özaksoy Mermer Bej Ocaklarında blok üzeri liken kolonizasyonları……...……..…….39

3.20. Özer Mermer Ocak genel görünüm……...……...40

3.21. Özer Mermer Ocak üretim aynaları…….…….……40

3.22. Özer Mermer Ocağında gözlemlenen liken kolonizasyonları…….…….……41

3.23. Özer Mermer Ocağı stok sahasında moloz üzeri liken kolonizasyonu…...……..……42

3.24. İlik Mermer Ocağı üretim aynaları…….…….……43

3.25. İlik Mermer Ocağı üretim aynaları……..…….……43

3.26. İlik Mermer Ocağında blok üzeri liken kolonizasyonu……..……..44

3.27. İlik Mermer Ocağı stok sahası……...…….…..44

3.28. İlik Mermer Ocağında blok üzeri liken kolonizasyonu…….…….…..45

3.29. İlik Mermer Ocağında gözlemlenen liken kolonizasyonu……...…….46

3.30. Omsan Mermer Ocağı üretim aynaları…….…..……..47

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

3.31. Omsan Mermer Ocağı üretim aynaları……...……..47

3.32. Omsan Mermer Ocağı üretim aynaları üzeri liken kolonizasyonu…….……..…48

3.33. Omsan Mermer Ocağı blok üzeri liken kolonizasyonu…….……..….49

3.34. Omsan Mermer Ocağında gözlemlenen liken kolonizasyonu……..……50

3.35. Toplanan liken numuneleri…….…….…….51

4.1. Usnik asit kimyasal yapısı (Anonim, 2022)……..…..….....…….56

4.2. *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy……..…….……57

4.3. *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy……...……58

4.4. *Xanthoria parietina*..…….……...……60

4.5. *Xanthoria parietina* likeninden üretilen parietin yapısı (Anonim, 2022)…….....61

4.6. *Xanthoria parietina* likeninin etanol çözeltisinden elde edilen parietinin absorbans spektrumu (Solhaug., 2003)……...…….……61

4.7. A) Parietin maddesi üreterek ışıma yapan liken, *Xanthoria parietina* B) doğal ışıkta *Xanthoria parietina* (Al-moody vd, 2020)…….……..…….…….62

4.8. *Xanthoria parietina* likenin yoğun oluşum gösterdiği kayaç……..……..……62

4.9. *Xanthoria parietina*, liken-kaya temas bölgesinin SEM- BSE mikrografları. A, kalkerli kayaç üzerinde yapısal kayadaki çatlaklar ve bu çatlaklar içindeki mantar materyali; B, A'daki karenin detayı, hiflerin nüfus etmesini gösteren çözünme ve parçalanma (m:muskovit, q:kuvars, c:karbonat) (Souza-Egipsy vd., 2002)……...……..…….63

4.10. Blok üzerinde oluşan *Xanthoria parietina* türü liken kolonizasyonu…….....……..64

4.11. Üretim aynası üzerinde oluşan *Xanthoria parietina* türü liken kolonizasyonu….....…65

4.12. Bilecik Beji üzerinde *Lecanora dispersa*…….…….……...……67

4.13. Pannarin yapısı (Russo vd., 2008)……....67

4.14. Bilecik Beji üzerinde kolonize olmuş *Lecanora dispersa*……...…….……68

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.15. Bilecik Beji üzerinde *Physcia tenella*……..…….70

4.16. Atranorin kimyasal formülü (Wynn- Williams vd., 2002)……...……..…..71

4.17. Bilecik Beji blok üzerinde *Physcia tenella*……...……72

4.18. Emodin kimyasal yapısı (Anonim, 2022)..……...……73

4.19. Bilecik Beji üzerinde *Caloplaca pusilla*……...……..……..74

4.20. Bilecik Beji blok üzerinde *Caloplaca pusilla*……..…...……..75

4.21. Zeorin yapısı (Anonim, 2022).....…76

4.22. Bilecik Beji üzerinde *Protoparmeliopsis garovaglii*…….…….……..77

4.23. Bilecik Beji üzerinde kolonize olmuş *Protoparmeliopsis garovaglii*…….…….78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Bilecik Bej Mermer Kimyasal Analiz Değerleri (Bilecik Mermer ve Granit Sanayicileri Derneği dergisi, 2005)……..……..……..……..……27

3.2. Likenlerin tanımlanmasında kullanılan PZR koşulları (BM Tür Tanımlama Sonuç Raporu, 2022).....52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simge	**Açıklama**
°	Derece
'	Dakika

Kısaltmalar	**Açıklama**
mm	Milimetre
cm	Santimetre
Pzr	Polimeraz zincir reaksiyonu

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Madenciliğin en önemli alt dallarından olan mermer ocak işletmeciliği, insanlık tarihi boyunca çeşitli medeniyetlere tanıklık etmiştir. Anadolu'da da mermer üretimi ve işletilmesi tarihi bir sürece dayanmaktadır. Anadolu'da birçok bölgede eski dönemlere ait antik ocaklar karşımıza çıkmaktadır. Bilecik bölgesi de bu tarihsel sürecin yakın tanıklarından olduğu bilinmektedir. Ancak tarihi ve bilimsel değeri yüksek antik ocaklar; bilinçsiz ocakçılık yapılması sonucu korunamamıştır ve günden güne kaybolmaktadır (İleri, 1988; Karaca, 2001). Bu ocaklarda işlenen mermerler, bu topraklarda hüküm süren imparatorlukların kendi dönemlerine ait sanat eserlerinde sıkça karşımıza çıkmaktadır. Örneğin; Roma ve Bizans dönemlerinde ev, anıt, tapınak ve heykel inşaatlarında kullanılmıştır. Osmanlı ve Selçuklu dönemlerinde ise saray, han, hamam, cami ve medrese gibi yapılarda kullanılmıştır. Bu tarihsel süreçlerde de gördüğü üzere, mermer kullanımı eski zamanlardan günümüze kadar yapı ve barınma malzemesi olarak kullanılmıştır.

Günümüzde mermer kullanımının artmasıyla birlikte mermer işletmeciliğine olan talep de artmıştır. Mermer üretimi, madencilik sektöründe içinde önemli bir yere ulaşmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle mermer ocaklarında modern üretim yöntemleri uygulanmaya başlanmıştır. Bu sayede mermer üretimi ve açılan ocak sayısı hızla artmıştır. Ülkemiz, dünyanın en zengin mermer yataklarının bulunduğu Alp kuşağında yer almaktadır ve 5,1 milyar m^3 muhtemel mermer rezervine sahiptir. Bu da yaklaşık dünya mermer rezervinin %33'üne karşılık gelmektedir (Doğal Taşlar Sektör Raporu, 2021). Türkiye, jeolojik yapısı gereği farklı renk ve desenlerde mermer çeşitliliğine sahiptir. Bu çeşitlilik, üretim yapılan bölgelere göre; Bilecik Beji, Elazığ Vişnesi, Afyon Beyazı gibi kendine özgü çeşitli ticari isimlerle adlandırılmıştır. Ülkemiz; mermer rezervi, kalitesi, çeşitliliği ve ulaşılabilirliği ile dünya doğal taş sektöründe önemli bir yere sahiptir. Bu sebeple mermer sektörüne büyük yatırımlar yapılmış ve birçok ocak açılmıştır.

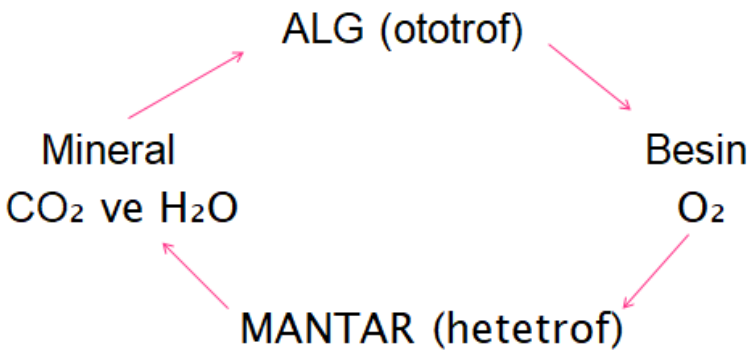
Sektörde yaklaşık 1500 adet mermer ocağı bulunmaktadır (Doğal Taşlar Sektör Raporu, 2021). Bu ocakların hepsi aktif halde değildir. Mermer ocak işletmeciliği dinamiktir. İlklim şartları, piyasa hareketleri, arz-talep dengesi, ocak işletmesi için devlet kurumlarından alınan izinlerin olumsuz dönüşleri ya da izinlerin bekleme süreçleri gibi sebeplerden ocaklar üretime ara verebilir ya da durdurabilir. Ülkemizde mermer ocak işletmeciliği özel sektör tarafından yapılmaktadır. Dolayısıyla her ocak için farklı işletme anlayışı ve ilerleyişi söz konusudur. Bu etkenler altında mermer ocaklarının aktif ve pasif olduğu süreçler mevcuttur.

Mermer üretimi çevre koşullarına göre; açık ocak ve yeraltı ocak işletmeciliği şeklinde ikiye ayrılmıştır. Ülkemizde yaygın olarak açık ocak işletmeciliği uygulanmaktadır. Dolayısıyla üretilen bloklar, ocak ağzı ve üretim aynaları birçok çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Bu tez çalışmasında; ekonomik ömrünü tamamlamamış olan ancak üretime ara verilmiş veya durdurulmuş mermer sahalarındaki liken popülasyonlarının sahada takip edilmesi ve yaygın olanların belirlenerek türlerinin tanımlanması amaçlanmıştır. Bununla birlikte ocaklar için ne türlü etkileri olduğu değerlendirilecektir. Likenler üzerine literatürde çok çeşitli çalışmalara rastlanmakla birlikte mermer ocaklarına dönük çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma benzer çalışmalara öncülük edebilir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

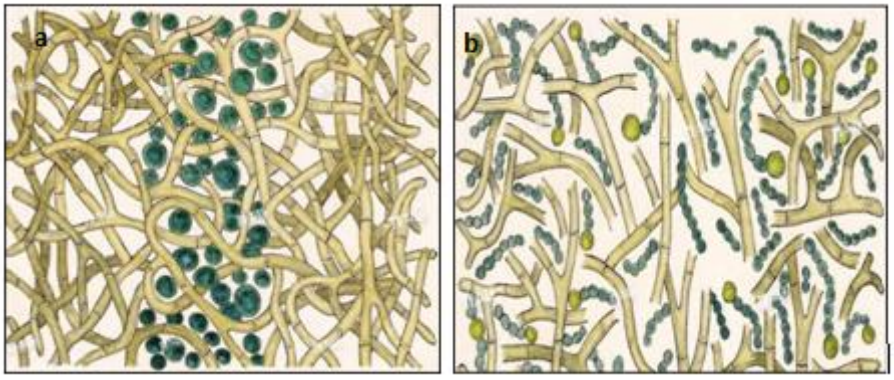
2.1 Likenlerin Genel Özellikleri

Likenler tek başlarına bir organizma değildirler. Mantarlar ile alglerin birleşerek morfolojik ve fizyolojik bir bütün halinde meydana getirdikleri simbiyotik birliklerdir (Güner, 1986). Bu ortak yaşam (simbiyoz), her iki ortağın da fayda sağladığı bir birlikteliktir (Şekil 2.1). Likenler her ne kadar ortak yaşama örneği olsa da bu birliktelik bir tür olarak kabul görmüştür. Tehler'e (1996) göre likenler küçük birer ekosistemdir ve bunun da üreticisi algler, tüketicisi mantarlardır. Mantarlar liken birlikteliğinin su, karbondioksit, mineral madde ihtiyacını karşılamakla görevlidir. Algler ise bu birlikteliğe sentezlediği organik maddeleri ve çıkardığı oksijeni verir.



Şekil 2.1. Likenlerin ortak yaşam döngüsü (Tehler, 1996)

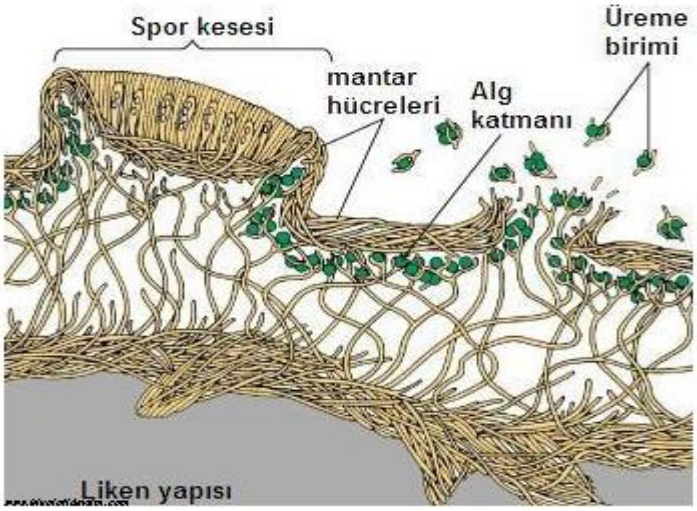
Liken yapısının büyük bir kısmını mantar hifleri oluşturur. Genellikle likenin üst ve alt kısmında mantar hiflerinden meydana gelen sıkı bir kabuk tabakası, orta kısmında ise daha gevşek bir miselyum örgüsü vardır (Karamanoğlu, 1971). Alg ve mantar hücreleri tallus yapısında homojen bir dağılım gösteriyorsa bu likenlere 'homomerik liken' denir (Şekil 2.2a). Alg ve mantar hücreleri tallus yapısında katmanlaşıyorsa bu likenlere 'heteromerik liken' denir (Şekil 2.2b).



Şekil 2.2. a) Homomerik liken yapısı b) heteromerik liken yapısı (Anonim, 2018)

Likenler, zengin bir bitki grubudur. Dünyanın her bölgesinde oluşum göstermişlerdir. Kutuplardan ekvatora her canlının varlık göstermeyeceği iklim şartlarında var olmuşlardır. Likenler yüksek sıcaklığa ve düşük dereceli soğuğa dayanabilirler (Karamanoğlu, 1971).

Likenlerin başlıca üreme şekli eşeysiz üremedir (Şekil 2.3). Tallusun alg tabakasında, bir veya birkaç alg hücresini saran, mantar hiflerinden oluşan küçük tallus parçalarına 'soredi' denilmektedir. Eşeysiz üreme, soredyumların tallusta oluşan yarıklardan ayrılarak başka yerlere taşınmasıyla gerçekleşir. Az görülen diğer üreme şekli de eşeyli üremedir. Eşeyli üreme sadece mantarda gerçekleşir. Alg bu yapının içinde vejetatif olarak çoğalırlar (Henderson ve Prentice, 1969).



Şekil 2.3. Likenlerin üremesi şematik gösterimi (Anonim, 2019)

Likenler farklı özellikleri göz önünde bulundurularak birkaç şekilde sınıflandırılabilirler (Şekil2.4). Bu sınıflandırma biçimlerinden en çok kullanılanları morfolojik şekil ve substrat tipine göre olan sınıflandırmadır (Öztürk, 1995).

Likenlerin Sınıflandırılması

Tallus Morfolojisine Göre	Mantarın Cinsine Göre	Üreme Şekline Göre	Substrata Göre
Kabuksu Likenler	Askolikenler	Eşeyli Üreme	Terrikolous
Yapraksı Likenler	Basidiolikenler	Eşeysiz Üreme	Saksikolous
Dalsı Likenler			Likenikolous
			Lignikolous
			Kortikolous
			Muskikolous
			Foliikolous
			Hepatikolous

Şekil 2.4. Likenlerin sınıflandırılması (Öztürk, 1995)

Bu tez çalışması kapsamında; üzerinde büyüdüğü substrata göre sınıflama esas alınmıştır. Saksikolous likenler, kayaların üzerinde oluşum gösteren liken grubudur.

2.2 Kaya Likenlerinin Özellikleri ve Sınıflandırılması

Kaya likenleri kayada bulunuş durumlarına göre Kaya içi, Kaya üstü ve hem Kaya üstü hem kaya içinde bulunabilir olarak üçe ayrılırlar. Kaya üstü likenleri Kabuksu, Yapraksı ve Dalsı olarak üçe ayrılırken; Kaya içi likenleri de Kaya boşluğu, Kaya yarığı ve Kaya delici olarak üçe ayrılırlar (Şekil 2.5).

Kaya Likenleri

Kaya üstü likenleri	Kaya içi likenleri	K.üstü ve K.içi özellik
Kabuksu likenler	Kaya boşluğu	
Yapraksı likenler	Kaya yarığı	
Dalsı likenler	Kaya delici	

Şekil 2.5. Kaya likenlerinin sınıflandırılması (Chen vd., 2000)

2.2.1 Kaya üstü likenleri

Kaya üstü likenleri dış görünüşleri temel alınarak Kabuksu, Yapraksı ve Dalsı likenler olarak üçe ayrılmıştır (Jones ve Wilson, 1985).

Kabuksu likenler, tallusları alt yüzeyin tamamına sıkıca bağlı olan kabuk şeklindeki likenlerdir (Şekil 2.6). Alt tabakaya tamamen yapışık haldedirler ve alt tabaka olmadan toplanamazlar. Alt tabakayı kazarak ya da alt tabakayla birlikte toplanabilirler. Salgıladıkları liken asitleriyle kayada bulundukları yeri eritirler (Büdel, 1996). Likenlerin ortalama %75'ini kabuksu likenler oluşturur (Ahmadjian 1993, Yıldız 2020).

Şekil 2.6. Kabuksu liken

Yapraksı likenler, çıplak kaya üzerinde oluşum göstermezler (Şekil 2.7). Toprak gereksinimleri vardır. Substratlarına hafifçe bağlıdırlar. Tallus küçük veya büyük loblar şeklindedir. Büyüdükleri ortamlarına rizoid şeklinde hiflerle tutunurlar (Brodo, 2001).

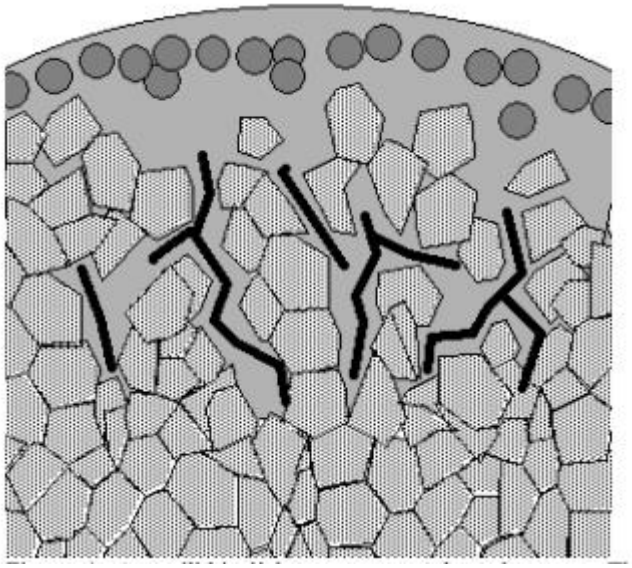
Şekil 2.7. Yapraksı liken

Dalsı likenler, görünümü itibariyle çalıya benzemektedir (Şekil 2.8). Tallusları çok sık dallanmıştır (Güner, 1986). Kolayca substratlarından ayrılabilirler. Bulundukları yüzeyden dışarı çıkıntı yaparak büyümektedirler (Nash, 2008).

Şekil 2.8. Dalsı liken

Şekil 2.9'da kaya üstü likenlerinin şematik olarak gösterimi verilmiştir. Liken tallusun alt kısmı, sert mineral parçacıklarının etrafındaki çatlaklara mantar hifleriyle endolitik bir ağ oluşturur (Hoppert ve König, 2006).

Likenlerin kayalarla etkileşime girdiği çok ince yüzeysel bir katman bulunur. Bu katman, liken-kaya ara yüzü olarak adlandırılır. Birincil ve ikincil minerallerin, organik asitlerin ve bileşiklerin bulunduğu; likenlerin mikobiyontlarının ve fotobiyontlarının bulunduğu; serbest yaşayan alglerin, mantarların, bakterilerin ve canlı organizmaların bulunduğu karmaşık bir heterojenlik sunan, fiziksel ve kimyasal faaliyetler için önemli bir yer olduğu kanıtlanmıştır (Jones, 1985; Wierzchors, 1994; 1996).



Şekil 2.9. Kaya üstü likenlerinin şematik görüntüsü (Hoppert ve König, 2006)

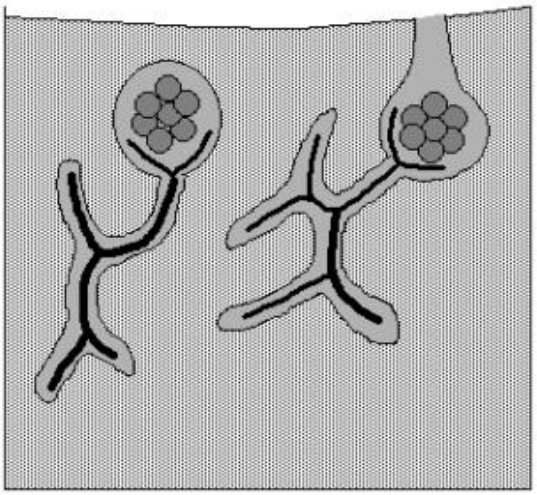
Liken-kaya ara yüzünün hemen altında renk ve doku bakımından homojen olmayan, kalınlığı 1 mm ile 8 mm arasında değişen kırmızımsı bir bölge vardır. Biyolojik olarak aşınmış bir bölgedir. Kayanın iç kısmı ile karşılaştırıldığında bu biyolojik olarak aşınmış bölge daha gözenekliliğe sahiptir. Bazen biyolojik olarak aşınmış bölgenin en dışında 0,25 mm ile 0,5 mm kalınlığında gözenekli bir alt bölge ayırt edilebilir. (Chen, 1995).

Epilitik likenlerin medullası yeterli nem mevcut olduğunda kuru ağırlığının %300'üne kadar su tutma kapasitesine sahiptir. Bu nedenle, liken tallusunun donma-çözünme eylemi gibi fiziksel etkisinin, kayaların ayrışmasında önemli bir rol oynaması beklenir. Creveld (1981), Güney Norveç'te yaptığı bir araştırmada bunu doğrulamıştır.

2.2.2 Kaya içi likenleri

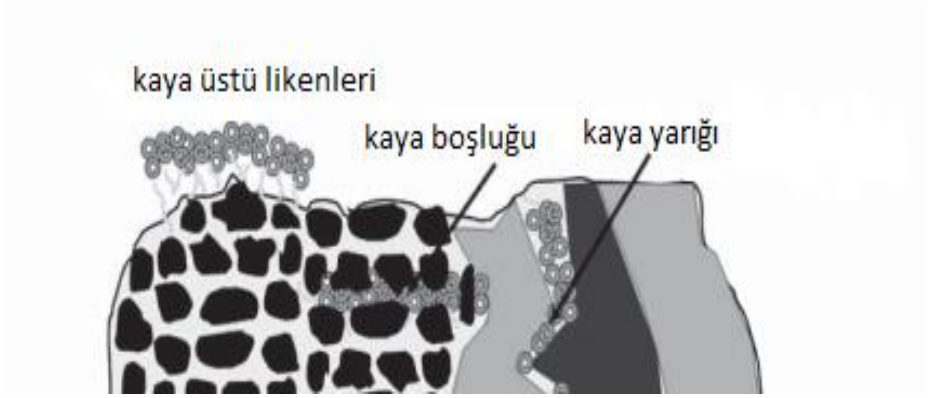
Kaya içi likenleri kayaya giriş şekillerine göre farklılık gösterir. Kaya boşluğu likenleri, kaya boşluklarını işgal eder; kaya yarığı likenleri kaya içindeki çatlaklarda yaşar; kaya delici likenler ise aktif olarak kayayı delerler (Golubic vd., 1981; Bell, 1993).

Kaya içi likenlerinin tür çeşitliliği kaya üstü likenlerine göre daha düşüktür (Pinna vd., 1998). Batı Avrupa'da kalkerli kayalarda yetişen kabuksu likenlerin sadece %7,4'ü kaya içi likenidir (Tretiach, 1995).



Şekil 2.10. Kaya delici liken türlerinin şematik gösterimi (Hoppert ve König, 2006)

Kaya delici likenler aktif olarak kayayı eritir ve kayaya nüfus eder ve substratı tallusunun bir parçası olarak bütünleştirir (Şekil2.10).



Şekil 2.11. Kaya boşluğu ve kaya yarığı likenleri şematik gösterimi (Wierzchos vd., 2012)

Kaya boşluğu likenleri, ışın nüfus edebileceği ve ara sıra oluşan kar erimelerinden suyun mikrobiyal bölgeye sızabileceği yüzey kabuğunun 1 mm ile 10 mm altında yaşarlar (Vestal, 1988). Şekil 2.11'de kaya boşluğu ve kaya yarığı likenlerinin bulunuşu şematik olarak gösterilmiştir.

Kaya Üzerinde Liken Kolonizasyonu

↓

Kayanın aşınması

Kimyasal Etkiler	Fiziksel Etkiler
● Solunum sonucu çıkan CO_2'in etkileri	● Kaya boşluklarından hiflerin penetrasyonu
● Oksalit asit atılımı ile mineral çözünmesi	● Liken tallusunun genişlemesi ve daralması
● Liken bileşiklerinin kimyasal etkisi	● Liken tallusunun donması ve çözülmesi
● Alkali metabolik ve enzimatik reaksiyonun kimyasal etkisi	● Organik ve inorganik tuzların şişme etkisi
	● Mineral parçalarının tallusa dahil edilmesi

Şekil 2.12. Kaya üzerindeki liken etkilerinin akış şeması (Chen vd., 2000)

2.3 Kaya Aşınmasında Fiziksel Etkiler

Likenlerin kaya aşınması araştırmalarında ilk olarak mekanik etkileri üzerinde durulmuş, esas olarak fiziksel etkilere bağlanabileceği savunulmuştur. (Fry, 1922, 1924, 1927; Perez-Llano, 1994). Likenlerin hem fiziksel hem de kimyasal aşınma süreçlerinde önemli bir rol oynadığı artık bilinmektedir. Likenlerin fiziksel etkileri genel olarak şu şekilde gruplanmıştır:

- Kaya boşluklarınından hiflerin penetrasyonu
- Liken tallusunun genişlemesi ve daralması
- Liken tallusunun donması ve çözülmesi
- Organik ve inorganik tuzların şişme etkisi
- Mineral parçalarının tallusa dahil edilmesi

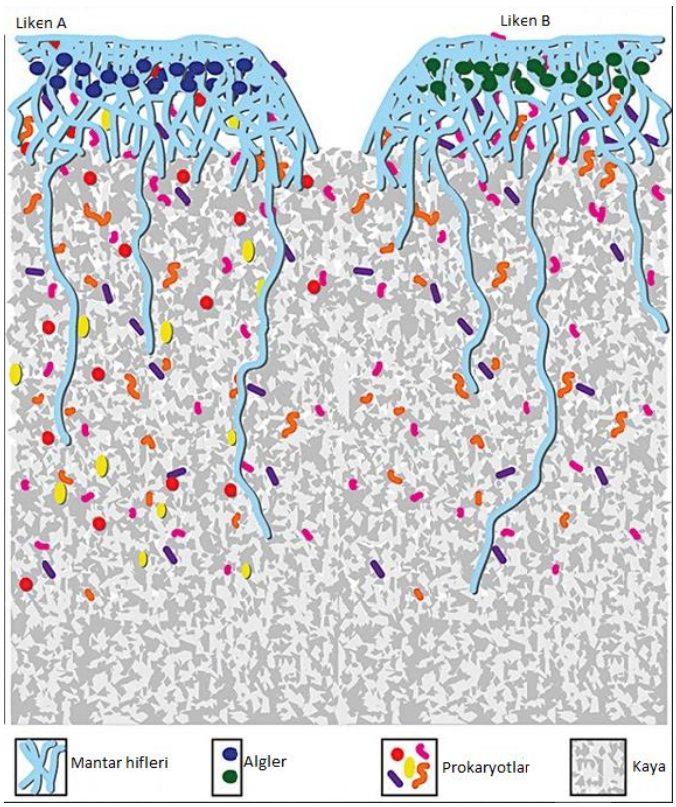
2.3.1 Kaya boşluklarından hiflerin penetrasyonu

Likenlerin mekanik etkilerinin ilk basamağı hiç şüphesizdir ki kayaların çeşitli boşluklarından liken hiflerinin nüfus etmesiyle başlar (Şekil 2.13). Liken hiflerinin kaya

üzerinde ve içinde dağılışı, fiziksel ayrışma ve mekanik hasara doğrudan etki ettiği gibi diğer fiziksel ayrışma olaylarını da tetikler ve hızlandırır.

Granit üzerinde değişik beş liken türleriyle yapılan mikroskobik incelemeler altında, her türün hepsinin hiflerinin kayaya beklenenden daha fazla derine indiği gözlemlenmiştir. Bu da mineral tanelerinin ayrışmasında ve ayrılmasında önemli bir rol oynadığının göstergesiydi (Prieto vd., 1994). Bu konuda önemli çalışmalar yapmış olan Prieto vd. (1995) , hiflerin ilerlemesinin ve büyümesinin hem yatayda hem de dikey de gerçekleştiğini ve taneler arası boşluklar yoluyla ancak bazı durumlarda mika ve feldspatın bölünme düzlemleri boyunca 4 mm'yi aşabileceğini bulmuştıur.

Kabuksu likenler tarafından kolonize edilmiş granit bir kayaç üzerinde yapılan araştırmada, mikalı bir materyalden ayrılmış mineral parçalar ile ana mineralin yüzeyi arasında iyi gelişmiş tallus parçalarının mevcut olduğunu bulmuşlardır (Ascaso ve Wierzchos, 1994). Bu da hiflerin penetrasyon yoluyla kaya minerallerini ayırabileceğini göstermiştir. Epilitik yapraksı ve kabuksu likenlerle yine granit kayaç üzerinde yapılan araştırmalarda benzer özellikler gözlenmiş, liken hiflerinin mekanik etkisini daha da doğrulanmıştır (Ascaso ve Wierzchos, 1996).



Şekil 2.13. Liken hiflerinin kaya boşluklarından ilerleyişinin şematik gösterimi (Bjelland vd., 2011)

2.3.2 Liken tallusunun genişlemesi ve daralması

Liken tallusunun genişlemesi ve daralmasının etkileri uzun zamandır bilinmektedir. Çeşitli substratlarda liken tallusunun ısıtılması ve kurutulması yoluyla medullanın jelatimsi ve müsilajlı maddelerinin genişlemesi ve daralması tarafından uygulanan mekanik kuvvetin susbtratların fiziksel ayrışmasında önemli olduğunu ileri sürülmüştür (Fry, 1924,1927)

Likenlerin medullasının mükemmel bir higroskopik (nemçeker) bir madde olduğu ve yeterli nem olduğunda kuru ağırlığının %300'üne kadar su tutma kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir (Creveld, 1981). Bu nedenle, ıslanma ve kurumanın sık olduğu yerlerde fiziksel ayrışma beklenebilir.

Batı İrlanda'da karbonlu kireçtaşı üzerinde likenlerin fiziksel ayrışmasını incelemek için likenin bir dizi ıslanma-kuruma döngüsüne tabi tutulduğu bir deney gerçekleştirildi (Moses ve Smith, 1993). Bu incelemelerde mantar hiflerine yapışmış ve ya gömülmüş olarak 10 mm ile 50 mm arasında değişen kaya parçaları görülmüştür. Bu parçalar muhtemelen liken tallusunun büzülmesi sırasında kayadan koparılmıştır. Bu konuda bir çok çalışma yapan Seward vd.ne (1989) göre liken tallusunun genişlemesi ve büzülmesiyle diğer fiziksel hareketlerle de birleştiğinde, 10 yıl ya da daha az sürede taş işçiliğinde gözle görülür bir hasara yol açabileceğini bildirmişlerdir.

2.3.3 Liken tallusunun donması ve çözülmesi

Donma ve çözünme özellikle soğuk bölgelerde fiziksel ayrışma ve toprak oluşumu için önemli bir mekanizmadır. Sıcaklık değişiminden kaynaklanan donma-çözünme, liken hiflerinin penetrasyonu ve yüzey sularının önemli bir derinliğe ulaşabilmesi sonucu ortam donarak genleşmesi sonucu oluşur. Bu duruma 'buz kaması' denmektedir (Chen vd., 2000).

Güney Norveç'te önemli çalışmalar yapmış olan Creveld (1981)'e göre liken kaplı kayaların ayrışma sürecinde donma ve çözülme eyleminin önemli bir rol oynayacağını öne sürmüştür. Friedmann ve Weed (1987), Antarktika'da endolitik liken toplulukları ile ilişkili donma-çözünme eyleminin kayalar üzerinde pul pul dökülmesinin bir nedeni

olduğunu söylemişlerdir. Ilıman bölgelerde de liken tallusunun donma ve çözünme yoluyla subsratlarda mekanik bozunmaya yol açtığı fark edilmiştir (Arino vd., 1997).

2.3.4 Organik ve inorganik tuzların şişme etkisi

Kaya içi gözenekler ve çatlaklar içindeki, organik ve inorganik tuzların kristalleşmesinin mineral tanelerini ya da kaya parçalarını ayırmak için yeterli basınç uygulayabileceği iyi bilmektedir (Wellman ve Wilson, 1965; Cooke ve Smalley, 1968; Campbell ve Claridge, 1987). Sand (1997), kayaların ve minerallerin mekanik olarak dağılması ve ayrılmasının organizmalar tarafından salgılanan organik ve inorganik asitlerin mineral substratlarla reaksiyonundan kaynaklanan ikincil tuzların kristalleşmesinden de kaynaklanabileceğini öne sürmüştür. Liken-kaya ara yüzünde ve liken tallusunun kendisinde ikincil kristal tuzların oluşumu hemen altındaki kayanın mekanik bozunmasına sebep olmuş olabilir.

2.3.5 Mineral parçalarının tallusa dahil edilmesi

Liken tallusunun bu mekanik işlemlerle ayrılmış ya da parçalanmış kaya ve mineral parçalarını birleştireceği birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir (Chen vd., 2000). Ascaso ve Wierzchos (1994), *Parmelia conspersa* liken türüyle granit kaya üzerindeki liken tallusu arasındaki ara yüzde aynı mineral parçacığının iki parçasından birinin kayaya ait olduğunu diğerinin ise tallus hiflerine gömülü şekilde görüldüğünü bulmuştur. Bu durum liken hiflerinin kaya ve mineral parçalarını ayırdığının gözlemsel kanıtı olmuştur. Arino vd. (1995), kumtaşı ve likenlerle yaptığı bir araştırmada mineral parçalarının esas olarak kumtaşından ayrılmış kuvars kristallerinden oluştuğunu bildirmişlerdir. Lamas vd. (1995), beş liken türünün tallusunun kuvars, feldspat ve mika içerdiğini ve bu gevşemiş kayadan oluşturulan mineral tanelerinin tallus tarafından yutulabileceğini doğruladığını bildirmişlerdir.

2.4 Kaya Aşınmasında Kimyasal Etkiler

Kayalar üzerindeki likenlerin kimyasal ayrışmalardaki etkisi önceki araştırmalarda teknik yetersizliklerden gözlemlemek çok zordu (Jones vd., 1981). Liken bileşiklerinin suda çözünmediği düşünülüyordu (Iskandar ve Syers, 1972). Sonraki çalışmalarda mikroorgnizmaların kimyasal ayrışma etkisi, mineral elementlerle ilgili farklı çözündürme

mekanizmaları ile ilgilidir. Berthelin'e (1983) göre, çözündürme, asidik kompleks oluşturma ve alkali metabolik bileşiklerin oluşumuna karşılık gelen asidoliz, kompleksoliz, alkalinoliz işlemlerini içerir.

Chen vd.'ne (2000) göre, kimyasal ayrışmalar şu başlıklar altında toplanır:

- Solunum sonucu çıkan CO_2'in kimyasal etkileri
- Oksalik asit atılımı ile mineral çözünmesi
- Liken bileşiklerinin kimyasal etkisi
- Alkali metabolik ve enzimatik reaksiyonun kimyasal etkisi

2.4.1 Solunum sonucu çıkan CO_2'in kimyasal etkileri

Liken birlikteliğinin solunum yoluyla ortama verdiği CO_2, liken tallusları tarafından tutulan su ile çözünmesi, tallusun ve ilgili ortamın pH değerini düşürerek çözünme işlemlerini ilerleten karbonik asit oluşumuna neden olur. Jones ve Wilson (1985), karbonik asitin neden olduğu bu bozunma türünün 'jeokimyasal bozunma' termolojisinin bir biçimi olması gerektiğini; yalnızca tropik bir iklimde olacağını ve organik asit varlığın olmadığı koşullar altında gerçekleşeceğini öne sürdüler. Bu nedenle liken tallusunda bol miktarda bulunan basit veya karmaşık organik asitlerin, mineralleri çözerek ve metalik katyonları şelatlayarak ayrışma sürecine hakim olması bekleneceği sonucuna ulaşıldı. Bu tür bozunma, Fe ve Al'nin uzaklaştırılması Si birikiminin yanı sıra zayıf kristalize neoformasyonunun ortaya çıkmasıyla ayırt edilen 'biyokimyasal' bozunma olarak adlandırıldı (Chen vd., 2000).

Lamas vd. (1995), kuzeybatı İspanya'da likenler tarafından kolonize olmuş granit kayaç üzerine, Fe ve Al organik komplekslerinin liken-kaya ara yüzünde kayanın iç kısmında olduğundan daha fazla olmadığını ve boşluk duvarlarında tüm kristal olmayan Fe ve Al kaplamaların inorganik formda olduğunu göstermiştir. Liken tallusu özellikle su tutma açısından liken-kaya ara yüzünde kimyasal bir ortam ve spesifik ayrışma koşulları yaratabilir (Ascaso ve Wierzchos, 1996).

2.4.2 Oksalik asit atılımı ile mineral çözünmesi

Likenlerin mantar kısmınca salgılanan oksalik asidin genellikle kayaların ve minerallerin kimyasal ayrışmasında önemli bir rol oynadığı kabul edilir. Liken-kaya ara yüzünde ve liken tallusunda metal oksalatların oluşumu ve oksalit asit varlığı kayaların ve minerallerin çözünmesinin ve çökelmesinin deneysel koşullar altında gösterilmesiyle doğrulanır (Chen vd., 2000).

Oksalik asitin kayaların ve minerallerin çözünmesi üzerindeki büyük etkisi hidrojen iyonlarının varlığına katyon komplekslerinin oluşumuna bağlanır. Hidrojen iyonlarının saldırısı sonucu minerallerden salınan yapısal katyonlar orto konumunda OH^{-1} ve $COOH^{-1}$ gruplarına sahip oksalik asit ile katyon-organik kompleksler oluşturma eğilimindedir. Mineral yüzeylerdeki katyon-organik komplekslerinin kemisorpsiyonu, elektron yoğunluğunun mineral çevresine doğru kaymasına neden olur. Bu yük transferi katyon-oksijen bağlarının elektron yoğunluğunu artırır ve onları hidrolize karşı daha duyarlı hale getirir (Eick vd., 1996).

Oksalik asitin neden olduğu ayrışma mutlaka kayaların liken kolonizasyonuna atfedilmez. Çok sayıda başka mikroorganizmanın oksalik asit salgılayabildiği kabul edilmiştir. Liken topluluğu veya bağımsız olarak kayalarda yaşayan bu mikroorganizmalar, bir dizi mavi-yeşil alg, yeşil alg, çeşitli mantarlar ve çok sayıda bakteri içerir (Currie ve Tom, 1915; Jacquot, 1938; Nord ve Vitucci, 1947; Tsu-Ning Tsao, 1963; Jacks, 1965; Friedmann vd., 1972; Urbanus vd., 1978; Del Monte vd., 1987). Ayrıca polisakkaritler ve proteinler gibi bazı organik maddelerin asidik koşullar altında bozunmasından oksalik asit oluşabilir (Lesquibe, 1963; Del Monte vd., 1987; Beyer vd., 1997).

2.4.3 Liken bileşiklerinin kimyasal etkisi

Likenlerde bol miktarda bulunan ve ‘liken asitleri’ olarak da adlandırılan organik bileşiklerin tümü aslında asit olmasa da yapılan ilk çalışmalarda kayalar üzerinde gözlemlenen etkilerden sorumlu olduğu düşünülmüştür (Schatz vd., 1954,1956; Schatz, 1963). Bu organik bileşiklerin suda belirgin çözünmezlikleri sebebiyle o dönemde kayaların aşınması ve toprak oluşum süreçleri açısından yaygın olarak önemli olduğu düşünülmüyordu (Smith, 1962; Haynes, 1964; Culberson, 1970). Daha sonraki çalışmalarda Iskandar ve Syers (1971), yaygın olarak bulunan liken bileşikleri suda az çözünür olduğunu ortaya çıkardı. Bu bulgu, orto pozisyonunda OH, CHO, COOH gibi polar grupların varlığı ile bağlantılı olarak liken bileşikleri, bu bileşiklerin şelatlama

kabiliyetini teorik olarak açıklar. Biyotit, granit ve bazaltın sulu süspansiyonları ile çeşitli liken bileşiklerinin kullanıldığı daha kapsamlı deneysel çalışma, silikat minerallerinin ayrışmasının göstergesi olan çözünür, renkli metal-organik komplekslerin oluşumunu göstermiştir (Iskandar ve Syers, 1972).

Williams ve Rudolph (1974), biyokimyasal ayrışmanın bir ölçüsü olarak demir şelasyonunu kullanılarak araştırılan dört liken türünün izole edilmiş ortakyaşarlarının sentetik ortamda büyümeden sonra hiçbir şelatlama yeteneği göstermediğini bulmuşlardır.

Liken bileşiklerinin yapısal mekanik katyonları kompleksleştirerek kaya oluşturan mineralleri çözme ve parçalama konusundaki önemli kapasiteleri laboratuar koşullarında iyi bir şekilde gösterilmiş olsa da liken bileşiklerinin doğadaki kayalar üzerindeki etkisini araştırmak çok zor olacaktır. Aslında bu süreç saha çalışmalarında kesin olarak gösterilmemiştir (Jones ve Wilson, 1985; Wilson, 1995).

2.4.4 Alkali metabolik ve enzimatik reaksiyonun kimyasal etkisi

Berthelin'e (1983) göre, alkali metabolik ürünlerin neden olduğu mineral materyallerin alkalinolizi, mikroorganizmaların mineral substratlarını çözündürdüğü diğer mekanizmalardan biridir. Ancak likenler için bu alkali metabolitlerin kayaların ve minerallerin ayrışma sürecine doğrudan katıldığını gösteren hiçbir kanıt sunulmamıştır. Bununla birlikte, NH_4OH gibi bazı alkali nitrojen bileşiklerinin liken bileşiklerinin çözünmesini uyardığına ve bu nedenle minerallerin ayrışmasını hızlandırdığına inanılmaktadır (Creveld, 1981). Prieto vd. (1997), graniti kolonize eden likenlerin talluslarında kalsiyum karbonat neoformasyonunu bildirdi ve bunu ayrışma sırasında yakındaki plajiyoklazdan sodyumun salınması nedeniyle yükselen talluslarda yerel pH'a bağladı. Ancak birkaç durumda tallus içindeki pH'daki lokalize azalma, likenlerin alkalin metabolitlerinden de kaynaklabilir ve böylece kalsiyum karbonatın neoformasyonuna yol açabilir (Chen vd., 2000).

Mikrobinal bozulmanın bir mekanizması olarak enzimatik reaksiyon özellikle organik bileşiklerin bozunma sürecinde yaygın olarak kabul edilmiştir (Berthelin, 1983; Eckhardt, 1985; Sand, 1997).

Likenlerin belirli mineral substratlara özgü olduğu ve kolonizasyonlarının mineral gereksinimleri dahil olmak üzere birçok faktöre bağlı olduğu bilinmektedir (Chisholm vd., 1987; Carcia-Rowe ve Saiz-Jimenez, 1991; Purvis ve Halls, 1996). Likenler tarafından bazı elementlerin spesifik absorbsiyonu ve alımı, ilgili element içeren minerallerin çözünmesinin hızlanmasına neden olacaktır (Chen vd., 2000).

2.5 Likenlerin İkincil Metabolitleri

2.5.1 Metal oksitler

Oksalik asitin kaya substatlarının mineralleri ile reaksiyonundan kaynaklanan çeşitli metal oksalatlar likenler tarafından bozunmanın ikincil kristal ürünlerinin en sık görülen biçimleri olarak bilinir. Deneysel olarak, Si^{+4} dışındaki tüm katyonların muhtemelen oksalat olarak mevcut olduğu ileri sürülmektedir. Bunların arasında iki değerlikli iyonlar çözünmeyen oksalatlar oluşturabilirken, tek değerli iyonlar ve üç değerlikli Al^{+3} ve Fe^{+3} sadece çözünür oksalat tuzları oluştururabilir (Eckhardt,1985; Varadachari vd., 1994). Bu nedenle liken tallusu ve kaya substratlarında tanımlanan tüm oksalatlar, metallerin iki değerlikli tuzları olarak bulunur.

En yaygın oksalat formu olarak bilinen Kalsiyum oksalatın, 90 µmol kadar düşük Ca^{+2} konsantrasyonlarında çökeleceği deneysel olarak gösterilmiştir (Eick vd., 1996). Kalsiyum oksalat bu sebeple granit gibi kalsiyumdan fakir kolonize kayalarda bile oluşabilir (Prieto vd., 1997). Kalsiyum oksalat genellikle liken tallusun içinde ve hemen altında birikir. Ancak bazı durumlarda likenlerin yüzeyinde kalsiyum oksalatın varlığı da doğrulanmıştır (Edwards vd., 1991,1993). Doğada kalsiyum oksalat hidratlı tuz olarak genellikle whewellite (monohidrat), bazen de weddellite (dihidrat) olarak bulunur. Bu iki oksalat morfolojileriyle birbirinden ayrıt edilebilir (Jones vd., 1981; Ascaso ve Wierzchos, 1994).

Kalsiyum oksalatın yanı sıra, Wilson vd., (1980,1981), neredeyse tamamen magnezyum silikattan oluşan ve çok az kalsiyum içeren serpantin ile *Lec. Atra* ara yüzünde kristal magnezyum oksalat dihidrat bulmuşlardır. Doğal bir mineral olarak manganez oksalat dihidrat oluşumu ilk olarak Wilson ve Jones (1984) tarafından manganez cevheri üzerinde büyüyen *Pertusaria corallina*'da rapor edilmiştir. Benzer şekilde bakır mineralizasyonu alanlarında büyüyen *Acarspora rugulosa, L. Lactea, L. inops* liken türlerinin medullasında hidratlı bakır oksalat tespit edilmiştir. Wilson ve Jones'a (1984) göre, belirtilen tüm bu bulgular, kayaları ve cevherleri kolonize eden likenlerin ayrışma

aktiviteleriyle ilişkili, çeşitli metal oksalatların olası varlığını ortaya koymaktadır, çünkü magnezyum, demir, manganez dihidrat oksalatları, nikel çinko ve kobaltın hepsinin birbirine göre tamamen izomorf olduğunu göstermişlerdir.

2.5.2 Demir oksitler

Demir oksitler, organik asitlerin mevcudiyetinde bozunma işlemlerinin karakteristik ikincil ürünleri arasında yer almaktadır. Organik asitler tarafından silikat minerallerinden salınan demirin Fe^{+2} formunda olduğu ve zamanla Fe^{+2} iyonlarının okside olduğu ve ferik oksihidroksitler olarak çökeldiği deneysel olarak gösterilmiştir (Siever ve Woodford, 1979; Eick vd., 1996). Doğada likenlerle ilişkili ferik oksihidroksitler, Antarktika soğuk çölünde endolitik likenler tarafından yıpranmış kumtaşlarının yüzey kabuğundaki demir oksitlere hakim olduklarını ortaya koyan Weed ve Norton (1991) de dahil olmak üzere birçok araştırmacı tarafından tanımlanmıştır. Prieto Lamas vd. (1995), likenler tarafından kolonize edilmiş granitik biyotitten ferik oksihidroksitlerin ayrıldığını belirtmişlerdir.

Bununla birlikte, ferrihidrit olarak bilinen sulu ferik oksit, bazalt üzerindeki pas rengindeki ayrışma kabuklarında tespit edilmiştir (Jackson ve Keller, 1970). Jackson ve Keller'e (1970) göre, bozuşma kabuklarının demir oksitlerinin oksihidroksitlerden ziyade sulu oksitler olduğu gözlemi, kaya yüzeylerinin sürekli olarak havanın kurutma hareketine maruz kalmasıyla açıklanabilir.

Ferrihidrit genellikle Antarktika (Johnston ve Cardile, 1984) ve Alpin (Kock vd., 1995) bölgeleri gibi soğuk ve kuru ortamlardan kayaların leke ve verniklerinin ana bileşeni olarak bilinmektedir. Jackson ve Keller (1970), bazaltın bozunmasıyla ilgili çalışmalarını yürüttüğü Hawai gibi tropik bölgelerde, ferik oksidin tamamen ya da neredeyse tamamen, bir öncü oksit ferrihidrit yoluyla oluştuğuna inanılan hematitten oluştuğunu öngörmüşlerdir. Bu, aynı bölgede bazaltın liken içermeyen ayrışma kabuklarındaki demir oksitlerin mineralojisiyle doğrulanmıştır. Jackson ve Keller (1970), likenlerle ilişkili ferrihidriti 'soğuk çökeltilmiş hidratlı demir oksitler' olarak adlandırmışlardır.

2.5.3 Amorf alümino-silikat jeller

Organik madde ve canlı organizmaların mevcudiyeti ile kimyasal aşınmanın, metalik katyonların uzaklaştırılması ve silika birikiminin yanı sıra amorf alümino-silikat

jellerinin meydana gelmesi ile karakterize edildiği bilinmektedir (Duchaufour,1982; Jones ve Wilson, 1985).

Laboratuar koşulları altında birçok araştırmacı, organik asitlerin mevcudiyetinde ana silikat minerallerinden Fe ve Ca gibi yapısal katyonların güçlü bir şekilde tükendiği ortaya çıkmıştır. Barmen vd. (1992), beş gün boyunca oksalik asit ile muameleden sonra, olivinden gelen Si^{+4}'un sadece %14.1'inin metalik katyonlardan çok daha az çözünür hale geldiğini kaydetti. Oksalik asit gibi organik asitlerin saldırısıyla oluşan silisli tortular, metalik katyonların kompleksleşmesi nedeniyle aynı pH'da HCl'ye tepki olarak oluşanlara kıyasla daha kapsamlı katyon tükenmesine işaret eder (Shotyk ve Nesbitt, 1992). Varadachari vd. (1994), olivin, biyotit, epidot ve hornblend, mikroklin ve turmalin dahil olmak üzere çeşitli mineralleri oksalik ve sitrik asitlerle reaksiyona sokarak, amorf malzemelerin biyotit dışındaki tüm kalıntılarda yaygın olarak şekillendirdiğini gösterdiler. Ascaso ve Galvan (1976), likenlerle ilişkili olarak, kayaların ve minerallerin liken bileşikleriyle reaksiyona girmesine izin verildiğinde, morfolojik değişikliklere uğrayacaklarını ve metalik katyonlar salacaklarını ileri sürmüşlerdir.

Oksalik asit saldırısı altında silikat minerallerinden önemli miktarda Al^{+3} salınabilmesine rağmen, Al^{+3}'un muhtemel bir oksalat olarak bulunmadığı, ancak normal koşullarda bağlanmamış kalıntıların bir parçası olduğu öne sürülmüştür (Varadachari vd., 1994). Bu nedenle birçok durumda amorf jeller alümino-silikat formlarında tanımlanır. Silika jel veya amorf SiO_2'nin silisli kalıntıların nihai parçalanması ve dağılmasından kaynaklanması muhtemeldir (Jones ve Wilson, 1985). Doğada, likenlerin aşındırma etkisiyle ilişkili amorf alümino-silikat jelleri çeşitli kayalarda tanımlanmıştır (Jackson ve Keller, 1970; Jones vd., 1980; Adamo ve Violante, 1991). Wilson vd. (1981), serpantin kayaçlarının oksalik asit ile ayrışması üzerine, bu kayadaki ana magnezyum silikat olan lifli krizolitin, liken ile ara yüzde olmasına rağmen ana mineralin lifli yönünü koruyabilen bir X ışını amorf jele ayrıştığını göstermişlerdir.

2.5.4 Kil mineralleri

Kaolinit, halloysit, vermikülit, götit, illit, allofan ve imogolit dahi olmak üzere birçok kaya alt tabakasında liken ayrışmasıyla ilişkili çeşitli kil mineralleri tanımlanmıştır. Oluşan ikincil kil minerallerinin türleri, yalnızca substrat kayaçlarına ve minerallerine değil aynı zamanda liken türlerine de bağlıdır. Örneğin, *R. Geographicum* ve granit arasındaki ara yüz halloysit ve götit içerirken, *P. Conspera* ve granit arasındaki ara yüz kaolinit ve halloysit ile karakterize edilir (Ascaso ve Galvan, 1976).

Bununla birlikte birçok durumda halloysit ve kaolinit, liken büyümesiyle ilişkili ayrışma kabuklarında oluşan ikincil kil minerallerinin en yaygın biçimleridir. Ascaso ve Galvan (1976), deneysel olarak albit, ortoklaz, biyotit, muskovit ve kuvars liken bileşikleri ile reaksiyona girdiğinde halloysitin karakteristik bir alterasyon ürünü olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Galvan vd. (1981), metamorfik kayaçların ayrışmasını inceledi ve kil minerallerinin oluşumu götit ile karakterize edilmesine rağmen liken-kayaç ara yüzünde halloysitin de yaygın olarak oluştuğunu bulmuşlardır. Jacksen ve Keller (1970), Hawai bazaltik lav akıntılarının liken kaplı kabuğunun, Si'nin sızması, sık yağış ve mükemmel drenaj nedeniyle görünüşte kil minerallerinden yoksun olduğunu ancak çözünmüş Si ve Al'nin bulunduğu yer altında halloysit çökeldiğini bildirmişlerdir. Kaolitin genellikle granitik kayaçlardaki neoformlu kil minerallerine hakim olduğu bulunmuştur (Ascaso ve Galvan 1976; Prieto vd., 1994; Prieto Lamas vd., 1995). Eick vd. (1996), bazalt ile yaptığı çalışmalarda farklı konsantrasyonlardaki oksalik asit dahil olmak üzere organik asitlerle muamele edilerek, reaksiyona giren çözeltilerin kaolinite göre aşırı doymuş olduğunu bulmuştur, bu da kaolinitin diğer susbtrat kayalarının karakteristik bir ürünü olabileceğini göstermektedir.

Alüminyum açısından zengin ortamlarda ve organik asitlerin varlığında mika ayrışmasının karakteristik bir ürünü olarak belirtilen vermikülit, granit gibi birçok kayanın liken tallusu ve mikalı kısımları arasındaki ara yüzlerde de tanımlanmıştır (Vicente vd., 1977). Hidroksialüminyum vermikülit oluşumunun likenler tarafından salgılanan organik asitler tarfından pH'ın azalmasına ve bunun sonucunda ara katman potasyum iyonlarının alüminyum hidroksitler ile ikame edilmesine bağlı olduğu düşünülmektedir (Prieto Lamas vd., 1995).

2.6 Kalkerli Kayaçlarda Liken Etkisi

Likenlerin, diğer kayaç türlerine göre kalkerli kayalarda daha çok ayrışmaya sebep olduğu düşünülmektedir. Oksalik asit eğer mikobiyontlar tarafından salgılanırsa, kalkerli kayaçların birincil minerallerinin çözünmesinde özellikle aktif bir rol oynaması beklenir (Syers ve Iskandar, 1973; Vidrich vd., 1982; Edwards vd., 1991,1993).

Ascaso vd., (1982), *C. Callopisma, Diploschistes ocellatus, Squamarina oleosa* ve *Protoblastemia testacea* liken türleri kullanılarak kireçtaşı ve dolomitin ayrışmasının incelenmesinde, tüm türlerin oksalik asit salgılayarak kalsiti etkili bir biçimde çözdüğünü ve bu mineralin önemli ölçüde azalmasına yol açtığını bulmuşlardır. İki kalkerli kayaç

üzerinde de en önemli etkiyi yaratan *Diploschistes ocellatus* türü olmuştur. Liken-kaya ara yüzünde kalsit tamamen yok olduğu gözlenmiştir. Kalsiyum oksalat çözeltisi hem tallusta hem de yüzeylerde çeşitli miktarlarda bulunmuştur.

Yapı malzemesi olarak kullanılan esas olarak kalsit ve kuvarstan oluşan harcın aşınması araştırılmıştır. Likenler tarafından indüklenen minerallerin çözünmesinin hem yüzeyde hem de harç içinde belirgin olduğu ve kalsit kristallerinde aşındırma gibi açık alterasyon desenleri ürettiği bulunmuştır (Arino vd., 1995). Liken-kaya ara yüzünde kalsiyum karbonat, feldspat ve mika konsantrasyonları azalırken, kuvars az çok sabit olarak gözlenmiştir. Bazı örneklerde, kumtaşı yüzeyini esas olarak kalsiyum karbonat ve oksalattan oluşan yaklaşık 0,1 mm kalınlığında yüzeysel turuncu bir patinanın kapladığı bulunmuştur. Del Monte vd., (1987), bu patinayı daha önce patina ile mermer arasındaki ara yüzeyin düzensiz göründüğünü ve böylece mermerin biyolojik aktivitelerle kalsiyum oksalata dönüşümünü gösterdiğini bulmuşlardır.

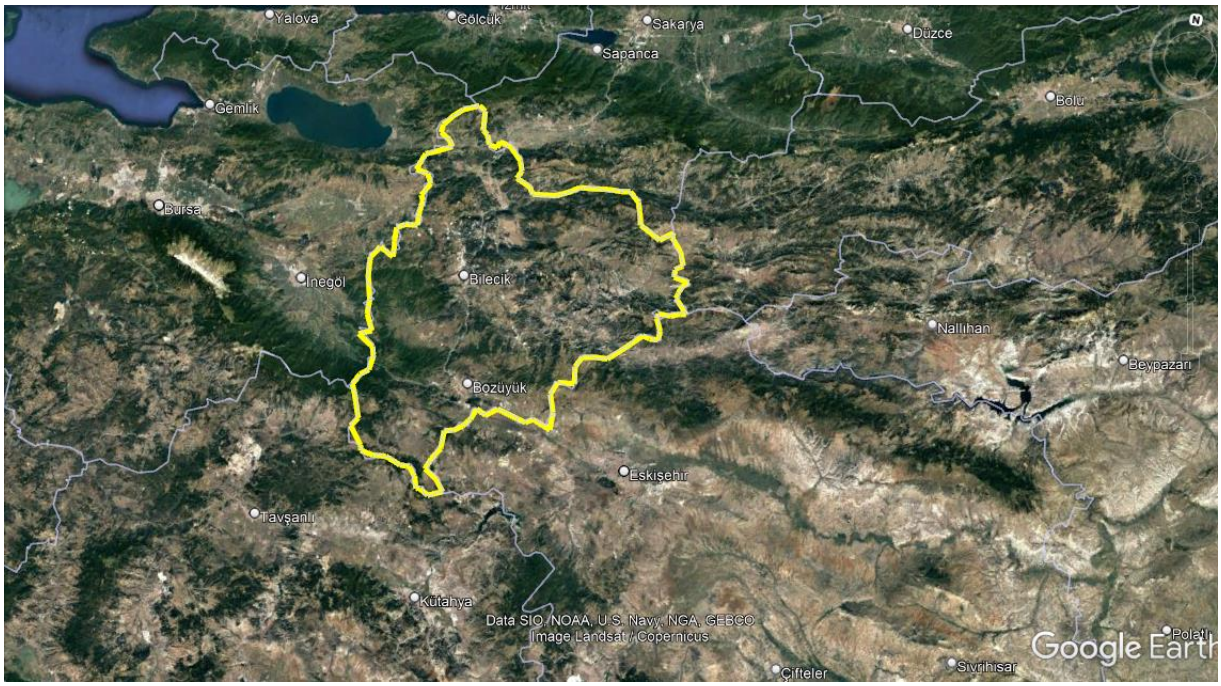
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Araştırma Bölgesinin Tanıtımı

3.1.1 Bilecik ili coğrafik konumu

Bilecik; Marmara bölgesinin güneydoğusunda yer almakla birlikte Marmara, Karadeniz, İç Anadolu ve Ege bölgelerinin kesim noktası üzerindedir. Bilecik, 39° ve 40° 31' kuzey enlemleri ile 29° 43' ve 30° 41' doğu boylamları arasında bulunur. Bilecik, 4321 km²'lik alana sahip Türkiye'nin küçük illerinden biridir (Şekil 3.1).

Bilecik arazisinin yüzey şekillerine göre dağılımı şu şekildedir; %32 dağlar, %60 platolar, %8 ovalardır. Arazinin %32'sini kaplayan dağların yükseltisi 1500 metreyi geçmeyen tepeler şeklindedir.



Şekil 3.1. Bilecik ili lokasyon haritası (Anonim, 2022)

3.1.2 Bilecik ili iklimi

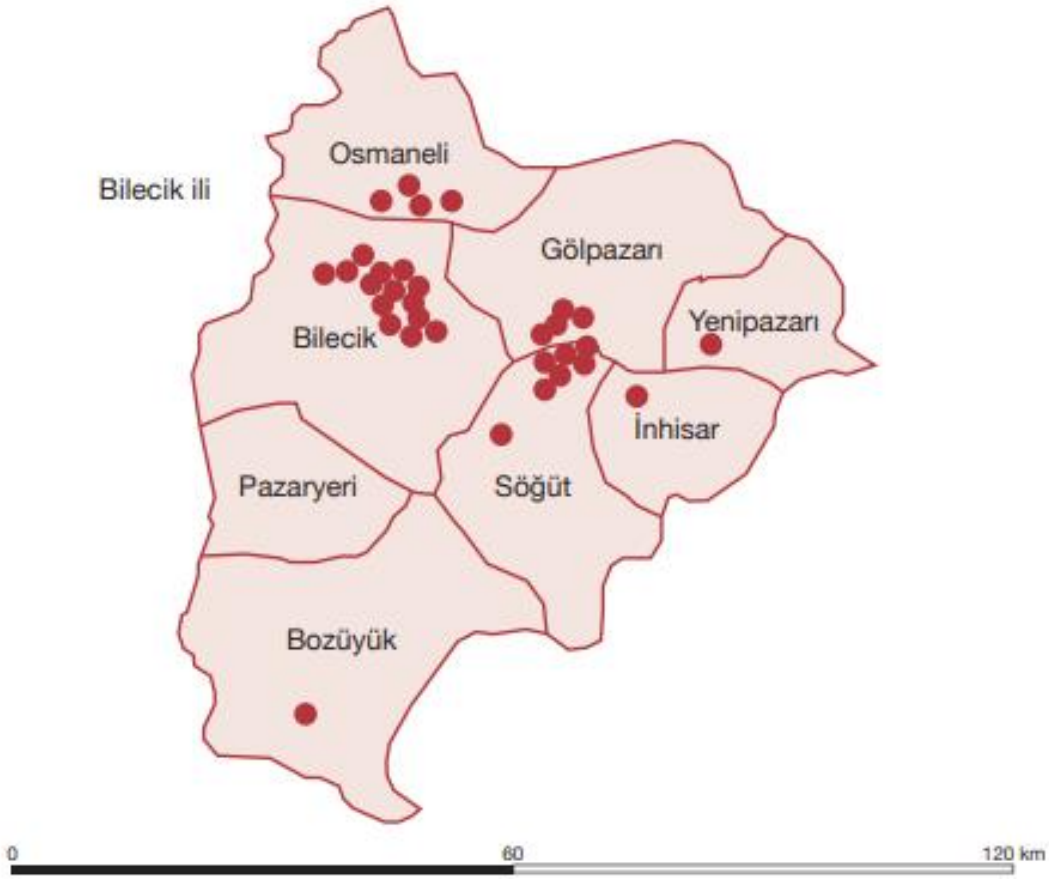
Bilecik, coğrafi konumu sebebiyle dört bölgenin kesişim noktasında yer almaktadır. Bu konumda bulunmasından kaynaklı geçiş iklimi yaşanmaktadır. Anadolu'da hakim olan Akdeniz, Karadeniz, karasal iklim tiplerinin hepsi görülmektedir.

Bilecik için meteoroloji verilerine göre yıllık sıcaklık ortalaması 12,9 °C'dir. Yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 18,5 °C'dir. Yıllık ortalama en düşük sıcaklık ise 8,6 °C'dir.

Bilecik için meteoroloji verilerine göre yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 111,5 gündür. Yıllık ortalama yağış miktarı 482,1 mm'dir.

3.1.3 Bilecik mermer ocakları

Bilecik'te mermer ocaklarının coğrafik dağılımına baktığımızda Bilecik, Gölpazarı ve Yenipazar hattı boyunca yoğunlaştığını görmekteyiz. Bilecik merkezdeki ocaklar, Bilecik-Yenişehir yolu üzerinde Taşçılar, Beyceköy ve Cumalıköy mevkilerinde ve Vezirhan bölgesinde yoğunlaştığı bilinmektedir. Gölpazarı'nda Şahinler, Kasımlar, Karaağaç ve Üzümlü mevkilerinde; Yenipazar'da Nardın yaylası, Akköy, Kavacık, Harmanköy mevkilerinde, Söğüt'te Sırhoca mevkilerinde açılmış ocakları görmekteyiz. Bozüyük, İnhisar ve Osmaneli ilçelerinde az miktarda mermer ocakları vardır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Bilecik ili mermer ocakları dağılımı (Bilecik Mermer Sektörü Raporu, 2017)

Bilecik Beji, Bilecik ocaklarından üretilen mermerin genel olarak adıdır. Kimyasal analizleri ve desenleriyle birbirine benzer özellikler gösterseler de her bölgenin, hatta her ocağın kendine özgü deseni ve eser miktarda da olsa kimyasal analiz sonuçlarında farklılıkları vardır. Söğüt ocaklarında çıkan mermerlere Söğüt Beji, Vezirhan bölgesinden çıkan mermerlere Vezir Bej, Crema Nouva gibi özel ticari isimler verilmektedir. Bu çalışma kapsamında Bilecik bölgesindeki bütün bej ocakları değerlendirmeye alınmıştır.

Şekil 3.3. Bilecik Bej Mermerin Çeşitleri (Bilecik Mermer ve Granit Sanayicileri Derneği dergisi, 2005)

Bilecik bej mermerlerinin kimyasal analiz raporlarına göre; silisyum dioksit (SiO_2) içeriği % 0.15 ile % 3 aralığında, kalsiyum oksit (CaO) içeriği %52 ile %60 aralığında, magnezyum oksit (MgO) içeriği % 0,2 ile % 0,8 aralığında, demir oksit (Fe_2O_3) içeriği % 0,02 ile % 0,7 aralığındadır. (Tablo3.1)

Çizelge 3.1. Bilecik Bej Mermer Kimyasal Analiz Değerleri (Bilecik Mermer ve Granit Sanayicileri Derneği dergisi, 2005)

Bilecik Bej Mermer Kimyasal Analiz Değerleri	
CaO	% 52 - 60
SiO_2	% 0.15 - 3
MgO	% 0.2 – 0.8
Fe_2O_3	% 0.02 – 0.7

- **Kabeloğlu Mermer Sanayi Ticaret Limited Şirketi Ocağı**

Bilecik Gölpazarına bağlı Üzümlü mevkiinde çalışmakta olan ocak, 2006 yılından itibaren üretimi durdurulmuş ve terk edilmiştir.

Şekil 3.4. Kabeloğlu Bej Ocağı üretim aynaları

Şekil 3.5. Kabeloğlu Bej Ocağı'nda gözlemlenen likenler

Şekil 3.6. Kabeloğlu Bej Ocağı üretim aynaları

Şekil 3.7. Kabeloğlu Bej Ocağı üretim aynaları

Şekil 3.8. Kabeloğlu Bej Ocağı'nda gözlemlenen likenler

Kabeloğlu ocağında çalışılmış aynalar ve ocağın genel görüntüsü Şekil 3.4, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Ocak içerisinde ve stok sahasında blok bulunmamaktadır. Fabrikası olan bir işletme olduğundan üretilen bloklar fabrikasında işlenmek üzere sevkedilmiştir. Üretim aynaları üzerinde liken oluşumları gözlenmemiştir. Ocak içerisinde kalan küçük molozlar üzerinde turuncu, beyaz ve sarı renkli likenler gözlemlenmiştir (Şekil 3.8).

Ocağın monstra kısmında da yine beyaz likenler gözlemlenmiştir (Şekil 3.5).

- **Mermaş Mermer Granit A.Ş. Ocağı**

Bilecik Gölpazarına bağlı Şahinler mevkiinde bulunan ocak, 2005 yılında üretimini durdurmuş ve sahayı terk etmiştir.

Şekil 3.9. Mermaş Bej Ocağı üretim aynaları

Şekil 3.10. Mermaş Bej Ocağı üretim aynaları

Şekil 3.11. Mermaş Bej Ocağı'nda gözlemlenen blok üzeri liken kolonizasyonları

Şekil 3.12. Mermaş Bej Ocağında blok üzeri liken oluşumları

Mermaş ocağının üretim aynaları ve ocağın genel görüntüsü Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da verilmiştir.

Ocak içerisinde liken oluşumu gözlenmemiştir. Mermaş ocak ağzı yönü ve konumu gereği güneşe maruz kalma süresi uzundur. Ocak ağzının etrafında da bitki örtüsü seyrektir.

Ocağın stok sahası, ocak ağzının bulunduğu tepenin eteklerindedir ve blok sahasındaki blokların üzerinde liken oluşumları gözlemlenmiştir (Şekil 3.11). Özellikle liken oluşumlarının çok görüldüğü çamların altındaki bloklarda likenler blok üzerinde daha sık görülmektedir (Şekil 3. 12).

- **Özaksoy Mermer Nakliyat ve Ticaret Limited Şirketi Ocağı**

Bilecik Vezirhan beldesine bağlı Özaksoy Mermer firmasına ait üç ruhsat olmakla birlikte birçok çalışılmış ağızlık bulunmaktadır. 2004 yılından itibaren aşağıdaki ağızlıklar pasif durumda beklemededir.

Şekil 3.13. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları

Şekil 3.14. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları

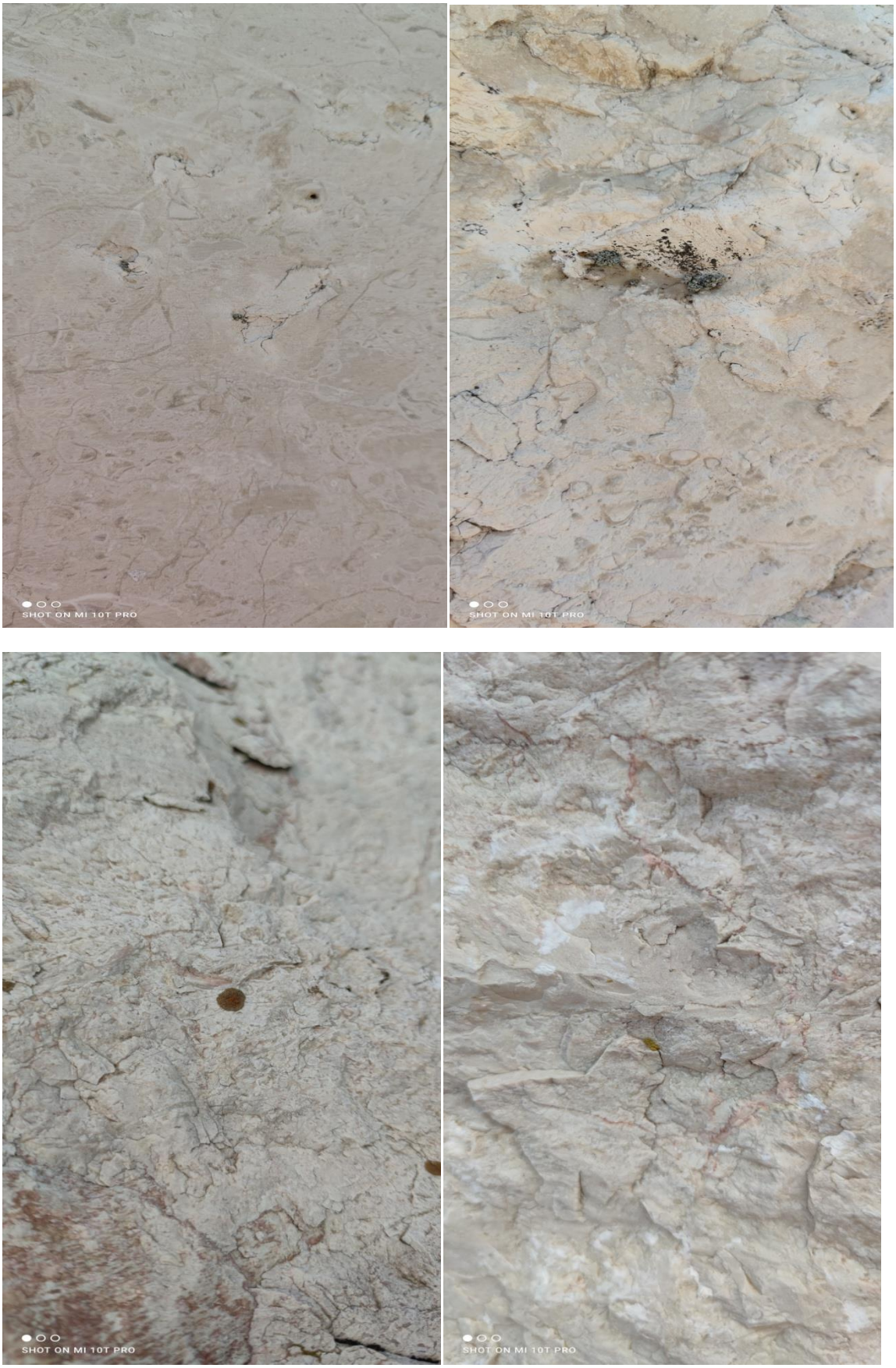
Şekil 3.15. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları

Şekil 3.16. Özaksoy Mermer Bej Ocakları üretim aynaları

Özaksoy Mermer ocaklarının pasif olan ocak ağızları Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da gösterilmiştir.

Üretim aynaları üzerinde turuncu, sarı ve beyaz renkli liken oluşumları gözlenmiştir (Şekil 3.17). Gözlemlenen likenler 0,5 cm'yi geçmeyecek büyüklüktedir.

Ocak içerisinde kalan bloklar üzerinde (Şekil 3.19) ve tezgahta kesimi yapılmış blok üzerinde (Şekil 3.18) liken oluşumları gözlemlenmiştir.



Şekil 3.17. Özaksoy Mermer Bej Ocakları aynalarında gözlemlenen likenler

Şekil 3.18. Özaksoy Mermer Bej Ocaklarında blok üzeri liken kolonizasyonları

Şekil 3.19. Özaksoy Mermer Bej Ocaklarında blok üzeri liken kolonizasyonları

- **Özer Mermer Anonim Şirketi Ocağı**

Özer Mermer Bilecik Yenipazara bağlı Nardın yaylasındaki ocağını 2006 yılında üretimi durdurmuş ve ocağı terk etmiştir.

Şekil 3.20. Özer Mermer ocak genel görünüm

Şekil 3.21. Özer Mermer ocak üretim aynaları

Özer Mermer Ocağı'nın üretim aynaları ve genel görüntüsü Şekil 3.20 ve Şekil 3.21'de verilmiştir.

Şekil 3.22. Özer Mermer ocağında gözlemlenen liken kolonizasyonları

Şekil 3.23. Özer Mermer ocağı stok sahasında moloz üzeri liken kolonizasyonları

Özer Mermer ocak içerisinde kalan molozlarda yoğun bir şekilde liken oluşumu gözlemlenmektedir (Şekil 3.22). Aynı şekilde stok sahasında istiflenen molozlarda da yoğun bir şekilde liken kolonizasyonu gözlenmektedir (Şekil 3.23)

- **İlik Mermer Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi Ocağı**

İlik Mermer Bilecik Yenipazar'a bağlı Nardın yaylasındaki ocağındaki üretimi 2001 yılında durdurmuş ve sahayı terk etmiştir.

Şekil 3.24. İlik Mermer Ocağı üretim aynaları

Şekil 3.25. İlik Mermer Ocağı üretim aynaları

Şekil 3.26. İlik Mermer Ocağında blok üzeri liken kolonizasyonu

Şekil 3.27. İlik Mermer Ocağı stok sahası

İlik Mermer Ocağı üretim aynaları Şekil 3.24 ve Şekil 3.25'te gösterilmiştir. İlik Mermer'in stok sahasındaki (Şekil 3.27) blokların üzerindeki liken kolonizasyonları Şekil 3.26'da gösterilmiştir.

Şekil 3.28. İlik Mermer Ocağında blok üzeri liken kolonizasyonu

İlik Mermer'in ocak içerisindeki blokların üzerinde liken kolonizasyonları yoğun bir şekilde Şekil 3.28 ve Şekil 3.29'da gösterilmiştir.

Şekil 3.29. İlik Mermer Ocağında gözlemlenen liken kolonizasyonu

- **Omsan Mermer Sanayi Ticaret Anonim Şirketi Ocağı**

Omsan Mermer firması, Bilecik Yenipazar'a bağlı Nardın yaylasındaki ocağını 2006 yılında durdurmuş ve terk etmiştir.

Şekil 3.30. Omsan Mermer Ocağı üretim aynaları

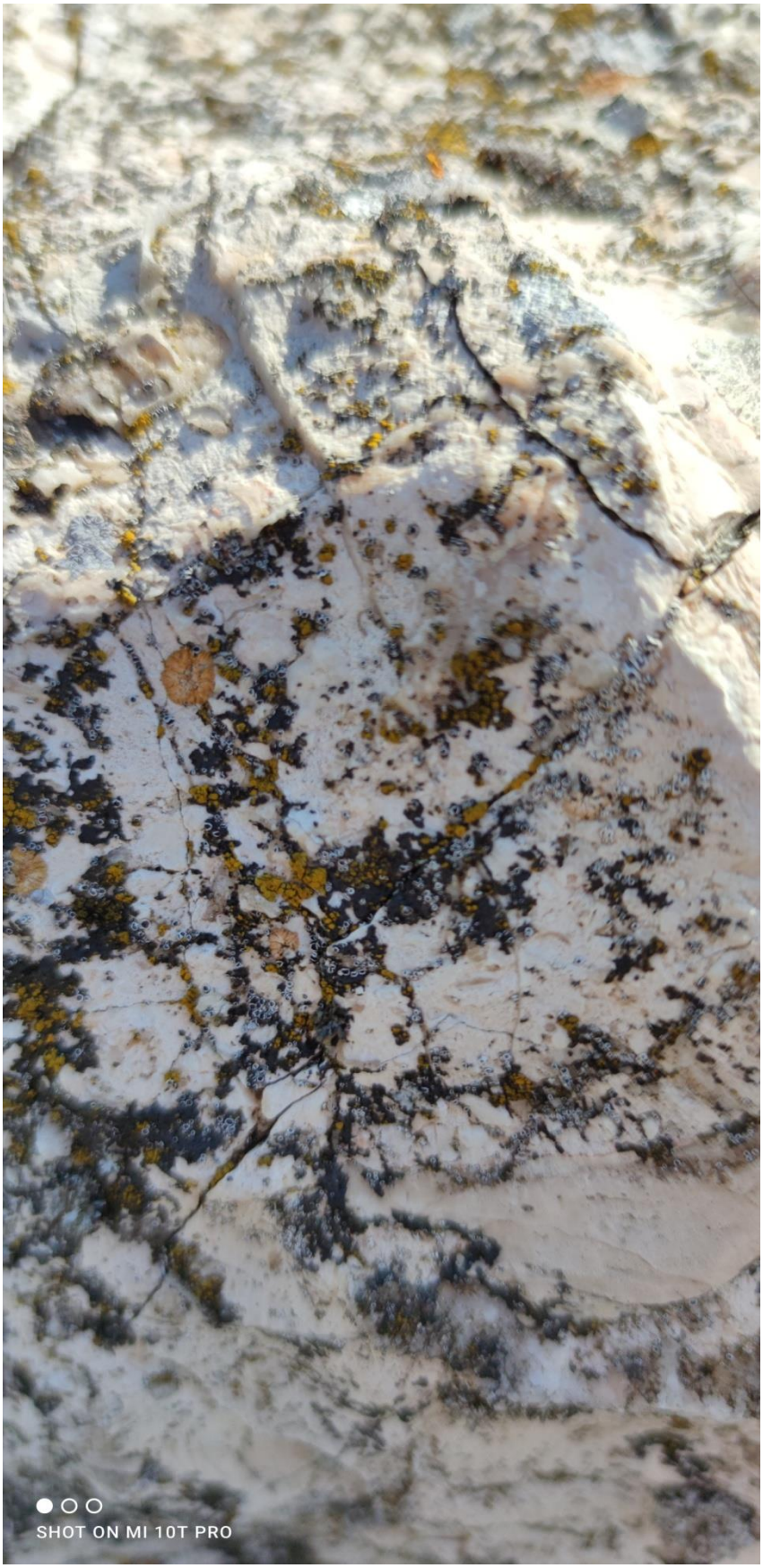
Şekil 3.31. Omsan Mermer Ocağı üretim aynaları

Omsan Mermer Ocağı üretim aynaları ve genel görüntüsü Şekil 3.30 ve Şekil 3.31'de gösterilmiştir.

Şekil 3.32. Omsan Mermer Ocağı üretim aynaları üzeri liken kolonizasyonu

Omsan Mermer ocağındaki aynalarda (Şekil 3.32) ve bloklarda (Şekil 3.33) liken kolonizasyonları gözlemlenmiştir (Şekil 3.34).

Şekil 3.33. Omsan Mermer Ocağı blok üzeri liken kolonizasyonu



Şekil 3.34. Omsan Mermer Ocağında gözlemlenen liken kolonizasyonu

3.2 Likenlerin Toplama Yöntemi

Liken örnekleri, 4 Mayıs 2022 tarihinde ED50 UTM6 koordinat sistemine göre Y: 294896 ve X : 4443880 noktasından, Yenipazar Nardın Yaylasındaki mermer ocaklarından toplanmıştır. Örneklerin tayin işleminde gereken özelliklerinin bozulmaması için parçalanmamalarına dikkat edilmiş, kabuksu liken substratıyla birlikte kırılarak toplanmıştır. Toplanan materyaller steril torbalara konmuştur. Likenler tanımlanması için BM Yazılım Danış. Ve Lab. Sis. Ltd. Şti. firmasına gönderilmiştir.

Şekil 3.35. Toplanan liken numuneleri

3.3 Likenlerin Tayin Yöntemi

Mermer ocaklarından toplanan liken örneklerinin tanımlanması için BM Yazılım Danış. ve Lab. Sis. Ltd. Şti. firmasından hizmet alımı yapılmıştır. Toplanan likenlerin tür tanımlanmasındaki DNA izolasyonu için EurX GeneMATRIX Plant & Fungi DNA izolasyon kiti (Polonya) kullanılmıştır. DNA izolasyonundan sonra elde edilen DNA'ların miktar ve saflığını kontrol etmek için Thermo Scientific Nanodrop 2000 (USA) cihazında spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiştir. Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) çalışmasında universal primer olarak ITS1-ITS4 primerleriyle, tür tayini için hedeflenen gen bölgeleri çoğaltılmıştır. Likenlerin tanımlanmasında kullanılan PZR koşulları Çizelge 3.2'de verilmiştir (95°C'de 5 dakika – initial denaturation, 30 döngü:95°C for 45 saniye – denaturation, 57°C for 45 saniye – annealing, 72°C for 60 saniye – extension, 72°C 'de 5 dakika – final extension) şu şekildedir:

ITS1 : TCCGTAGGTGAACCTGCGG

ITS4 : TCCTCCGCTTATTGATATGC

Çizelge 3.2. Likenlerin tanımlanmasında kullanılan PZR koşulları (BM Tür Tanımlama Sonuç Raporu, 2022)

Bileşen	**Stok Kons.**	**Reak. Kon.**
PCR Buffer	10X	1X
$MgCl_2$	25 mM	1,5 mM
dNTP mix	20 mM	0,2 mM
F. Primer	10 µM	0,3 µM
R. Primer	10 µM	0,3 µM
Taq DNA Polymerase	5 U/ µl	2 U
DNA template	3 µl	
PCr grade su ile 35µl'ye tamamlanır		

Döngüler sonucu sıcaklık 4°C'ye düşürülüp PZR tamamlanmıştır. PZR (kyratec thermocycler) ile elde edilen amplifikasyon sonuçları 1x TAE tampon (Tris base, asetik asit ve EDTA) ile hazırlanan %1,5 agaroz jelde 100 volt akımda 90 dakika elektroforezde yürütülmüş ve ethidium bromide boyası kullanılarak UV ışığında görüntüsü alınmıştır. Yaklaşık 600 bazlık bölgeyi çoğaltmak için tek aşamalı PZR işlemi gerçekleştirilmiştir. PZR reaksiyonu Solis Biodyne (Estonya) FIREPol® DNA Polymerase Taq polimeraz enzimiyle gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Likenlerin Tanımlanması

BM Yazılım Danış. ve Lab. Sis. Ltd. Şti. firmasınca hizmet alımı yaptırılan örnekler PZR sonrasında agaroz jelde yürütülmüş ve tek bant elde edilmiştir. PZR işleminin başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Elde edilen tek bant örnekler için MAGBIO "HighPrep™ PCR Clean-up System" (AC-60005) saflaştırma kiti kullanılarak prosedüre uygun olarak örnekler saflaştırılmıştır. Sanger Dizileme örnekleri için, Macrogen Hollanda laboratuvarında, ABI 3730XL Sanger dizileme cihazı (Applied Biosystems, Foster City, CA) ve BigDye Terminator v3.1 Cycle Dizileme Kiti kullanılmıştır (Applied Biosystems, Foster City, CA). ITS1 ve ITS4 primerleriyle elde edilen okumalar, bir konsensus dizi oluşturmak amacıyla kontig haline getirilmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesinde BioEdit yazılımı içinde CAP contig assembly algoritması kullanılmıştır.

NCBI (National Center for Biotechnology Information) üzerindeki en yakın türlere göre izole edilen liken türleri şu şekilde tanımlanmıştır:

Liken 1 : *Protoparmeliopsis muralis* (Benzerlik Oranı: %93.94)

CGGGGGCTTCGGCCCTCAACTCTTCACCCCCTGTTCACGTACCATTGTTGCTTT
GGCGGGCCTTGGGG

Liken 2: *Xanthoria parietina* (Benzerlik Oranı: %99.57)

ATGTTTCTACTGCGCTTGAAGTCTCCCTGGACCGCCACTGATTTGCGGGCGCGC
CCCCTCGGAAGCGGA
CGCCCAATACCAAGCATAGCTTGAGGGTTGCAATGACGCTCGAACAGGCATGC
CCCCCGGAATACCAGG

GGGCGCAATGTGCGTTCAAAGATTCAATGATTCACTGAATTCTGCAATTCACAT
TACTTATCGCATTTCGCTGCGTT

CTTCATCGATGCCAGAACCAAGAGATCCGTTGTTGAAAGTTTTGATATTGATTG
CAAATCCTCGGACGTCACTGTA

GAGCCGAATGAAGGGGGCCTCGGGCGAGAGCTCACCGGCCGGAGCCGGGGCC
GAGGCGCGAAAG

GCCTCGACGCTCGCCGAAGCAACAAGGGCAAAATGTTCACAGGGTTGAAGAG
GTCGGGGGCGGGGCC

CCCGAGACGGCGCCGCCGGCGTCCGTCACTCTCGGTAATGATCCTTCCGCAGG
TTCCCCTACGGAA

Liken 3: *Lecanora dispersa* (Benzerlik Oranı: %97.83)

TGATCCGAGGTCATCATTGAAAATAAAGAGGCTTGCTGGCCGGTCTC

Liken 4: *Physcia tenella* (Benzerlik Oranı: %100)

CTTATATTTTTCAATGGTTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAACTTA
ACCATATCAAT

Liken 5: *Caloplaca pusilla* (Benzerlik Oranı: %99.66)

CCTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTACCGAGAGGGATGTGCGCCTT
GCGGCCGTGTC
CCGGGGGGTTACGCCCCCATCTCATCAACCATTGCCTATCTGCCTCTGTTGCTT
CGGCGAGCGCC
CGGGTGCTTCGCGCCTGGGCCCCGGCTTCGGTCGGTGCGCTCTCGCCGGAGGC
CATCTTGAAT
CTGTCTGTAGGGTCGTCAGAGTGTACCGATTAAATTTAAAACTTTCAACAACG
GATCTCTTGGTTCTGG
CATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCA
GTGAATCATCGAA
TCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTATTCCGGGGGGCATGCCTGTTCGAGC
GTCATTGCAACC
CTCAAGCTCTGCTTGGTCTTGGGCGTTCGCGCCCCCGTTTCGGGGGTGCGTGCC

TGTAAATCAGTG
GCGGTCCAGGGAGACTTCAAGCGCAGTAGTATCTATCCGCTTCAGAGGTTTCG
CCTGTGGCCCGG
CCATCAAACCCCCAACTCCCAATGATTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCG
CTGAACTTAAGC ATATCAATAAGCGGGAGGAA

Liken 6: *Protoparmeliopsis garovagli* (Benzerlik Oranı: %96)

CGTCCGAGTACGAACACAAAATCGTAAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGT
TCTGGCATCGATGA
AGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCAT
CGAATCTTTGAACG
CACATTGCGCCCCTCGGTATTCCGGGGGGCATGCCTGTTCGAGCGTCATTGCAC
CCCTCAAGCTC
AGCTTGGTATTGGGTCTTCGCCTTTCGAGGCGGGCCCGAAAGTCAGTGGCGGC
CCGGCGTGATCT
CGAGCGTAGTAAATTTCTCCCGCTTTGGAGGCTCGCGTCGTGACCGGCCAGAA
CGCCCAAAA

4.1.1 *Protoparmeliopsis Muralis*

Protoparmeliopsis Muralis likenin bilimsel sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem : Mantarlar

Bölüm : Ascomycota

Sınıf : Lecanoromycetes

Takım : Lecanorales

Aile : Lecanoraceae

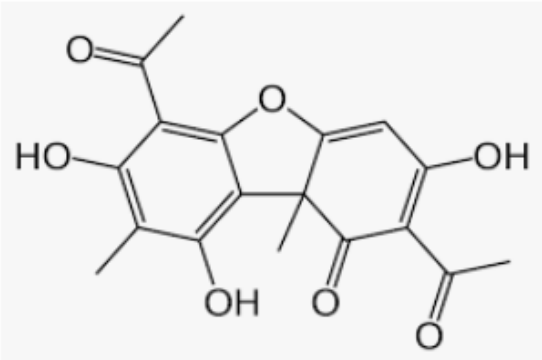
Cins : Protopormeliopsis M. Choisy

Tür : *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy

Protoparmeliopsis Muralis, mumsu görünümlü, yeşilimsi bir gri, soluk sarımsı veya yeşilimsi tallusa sahip kabuksu bir liken türüdür. Tallus 10 cm çapına kadar çıkabilir.

Bitişik ya da ayrılmış dışa doğru uzanan loblara sahiptir. Loplar 0,4 – 0,7 mm genişliğinde düz ya da içbükey olabilir. Loblar ilk gelişmeden sonra bir yönde genişleyen areollerdir, areolat liken tallusun kenarında bulunurlar (Honegger, 1993). Areoller, başlangıçta fotobiyont hücreleri içermeyen süngerimsi bir mantar dokusundan gelişen tallusun küçük izodiametrik adalarıdır. Areoller farklı türlerde çeşitli boyuttadırlar ve birbirinden değişken aralıklarla yerleştirilmiştir (Smith vd., 2009).

Protoparmeliopsis Muralis, usnik asit ve zeorinin yanı sıra atranorin, lökotilin, murolik ve psoromik asitler içerir (Wirth, 1995; Ryan vd., 2004; Edwards vd., 2009).



Şekil 4.1. Usnik asit kimyasal yapısı (Anonim, 2022)

Şekil 4.2. *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Chois

Likenometrik tarihleme yönteminin teknik basitliği ve düşük bir maliyeti vardır. Bununla birlikte uygulanması için indikatör likenlerin seçilmesi, özgül, fiziksel ve iklimsel koşullar altında indikatör türlerin büyümesinin incelenmesi ve tarihleme doğruluğu ve tekrarlanabilirliğine ilişkin metodolojik problemlerin çözülmesi gerekmektedir (Galanin ve Glushkova, 2003). Güney Karelya'nın kayga kuşağı koşullarında bir çalışma yapılmıştır. Nehir kayaları üzerinde yaşayan epilitik liken *Protoparmeliopsis muralis*'in büyümesine ilişkin veriler elde edilmiştir. Çalışma sırasında tallus boyutları 1 ile 26 cm^2 arasında değişmiştir. Kaydedilen verilere göre; yıllık büyüme oranları 0,2 ile 1,5 cm^2 arasında değişmektedir. Tahmin edilen doğrusal büyüme süresi 6-23 yıl aralığında belirlenmiştir (Kurbatov ve Sonina, 2020).

Şekil 4.3. *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy

4.1.*2 Xanthoria parietina*

Xanthoria parietina likenin bilimsel sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem : Mantarlar

Bölüm : Ascomycota

Sınıf : Lecanoromycetes

Takım : Teloschistales

Aile : Teloschistaceae

Cins : Ksantorya

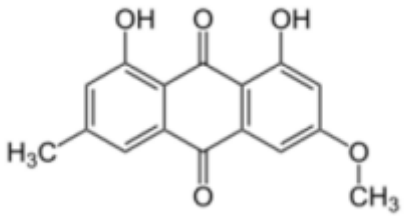
Tür : *Xanthoria parietina*

Xanthoria parietina, tallusu 15 cm'e kadar çap yapabilen sarı-turuncu renkte olan yapraksı bir likendir. Tallus lobları üst üste binmiş, kıvrımlı, girintili çıkıntılı ve 1 – 4 mm çapındadır. Dünya'da ve Türkiye'de geniş yayılış alanına sahiptir bir liken türüdür.

Xanthoria parietina, hava kirliliğine özellikle de ağır metal birikimine karşı çok toleranslı bir liken türüdür (Purvis vd., 1994; Wirth, 1995). Dünya'da ve Türkiye'de birçok biyoizleme çalışmalarında *Xanthoria parietina* likeni biyobelirteç olarak kullanılmıştır.

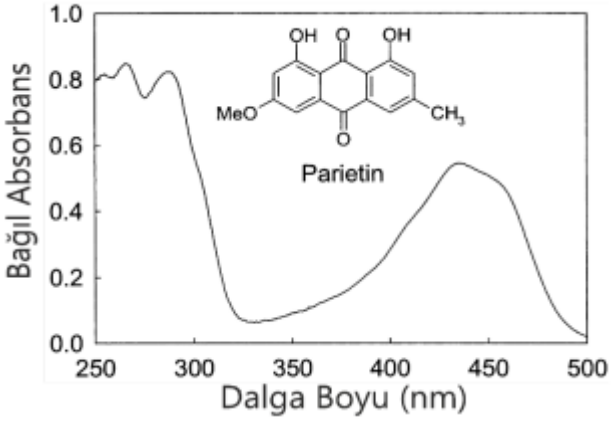
Şekil 4.4. *Xanthoria parietina*

Parietin, Xanthoria parietina likeni tarafından üretilen ikincil bir metabolittir ve antimikrobiyal, antifungal, antioksidan özelliklere sahiptir (Basile vd., 2015). Xanthoria parietina tallusunda metal birikimi üzerine yapılan bir araştırmada mikobiont tarafından üretilen parietinin Al, Cu, Fe ve Mg elementlerine bağlabildiği tespit edilmiştir (Purvis vd., 1987; Backor ve Fashelt, 2004).

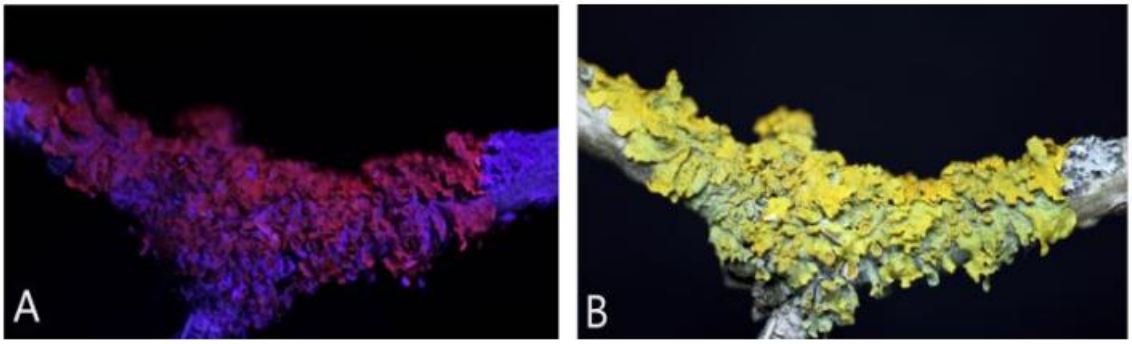


Şekil 4.5. *Xanthoria parietina* likeninden üretilen parietin yapısı (Anonim, 2022)

Xanthoria parietina likeninin ışığa maruz kalan habitatlarda daha fazla parietin metabolitine sahip olduğu saptanmıştır. Nybakken vd. (2004), Xanthoria parietina türünü kullanarak gerçekleştirdikleri deneyler sonucunda, UV-B'nin parietin maddesinin sentezinin uyarılması için gerekli olduğunu ve bu uyarılmanın yüksek ışık yoğunluğunda daha hızlı olduğunu ortaya koymuşlardır.



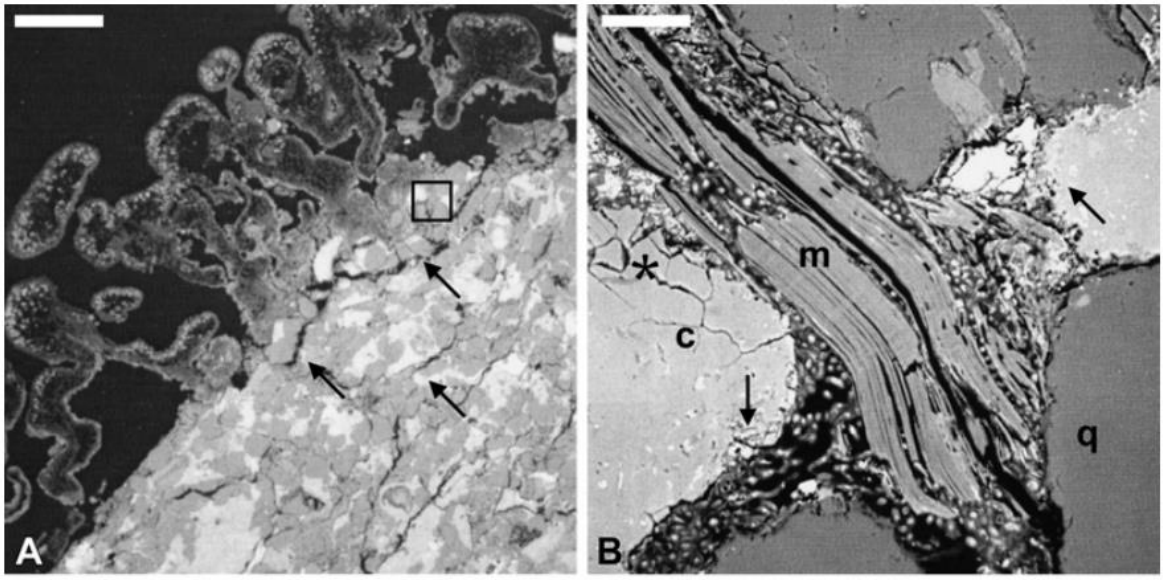
Şekil 4.6. *Xanthoria parietina* likeninin etanol çözeltisinden elde edilen parietinin absorbans spektrumu (Solhaug., 2003)



Şekil 4.7. A) Parietin maddesi üreterek ışıma yapan liken, *Xanthoria parietina* B) doğal ışıkta *Xanthoria parietina* (Al-amoody vd., 2020)

Şekil 4.8. *Xanthoria parietina* likenin yoğun oluşum gösterdiği kayaç

Souza-Egipsy vd. (2002), İspanya'nın Almeria şehrinin kıyı bölgelerindeki kalkerli kayaçlardan üzerinden toplanan *Xanthoria parietina* liken türü üzerinde mikroskopik incelemeler yapmışlardır. Toplanan *Xanthoria parietina* lobları, muhtemelen bölgenin belirli mikro iklim koşullarından kaynaklanan düzensiz bir şekle sahipti. Loblar kaya ile temas halinde olan alt korteksten çoğalan hifler vasıtasıyla kalkerli kaya alt tabakasına tutunmuştur. Tallusun kaya yüzeyine sabitlenmesini sağlayan çok sayıda mantar hücresi, kayadaki yapısal çatlaklar boyunca kayanın ayrışmasına yardımcı olur. Şekil 4.8'de A bölümünde oklar yönünde gösterilmiştir. Bu likenin etkisiyle kaya bileşenlerinin biyolojik ayrılması alttaki mineralin doğasına bağlı olarak farklılık gösterir. Liken substrat etkileşiminin bazı alanlarında hiflerin mineral taneleri arasına girdiği görülmüştür. Bu penetrasyon kaya yüzeyinin 1-2 mm altına kadar gözlemlenmiştir. Şekil 4.8'de A bölümünde kutulu detay, B bölümünde büyütülmüş şekilde gösterilmiştir. Kalkerli kaya üzerinde olan bu hifal biyofiziko-kimyasal aşınma etkisi mikobiyont hücrelerle yakın temas halinde olan bölgelerde karbonat bakımından zengin tanelerin parçalanması gibi karakteristik biyomobilizasyon proseslerini göstermiştirler. Bazı kuvars taneleri düzensiz yüzeyler göstermişlerdir, ancak bu çukurların kökeni bu tortul kayanın oluşumundan önce meydana gelen süreçlere atfedilebilir, mutlak mantar hiflerin etkisine atfedilemez. Mantar hiflerinin büyümesi, muskovit tabaklarının ayrılmasına neden olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4.9). Bu tür lamine mineralde biyokimyasal etki gözlenmemiştir, fakat belirgin deformasyon ve pul pul dökülme mantar hiflerinin fiziksel ayrışmaya etkisi gözlenmiştir (Souza-Egipsy vd., 2002).



Şekil 4.9. *Xanthoria parietina*, liken-kaya temas bölgesinin SEM- BSE mikrografları. A, kalkerli kayaç üzerinde yapısal kayadaki çatlaklar ve bu çatlaklar içindeki mantar materyali; B, A'daki karenin detayı, hiflerin nüfus etmesini gösteren çözünme ve parçalanma (m:muskovit, q:kuvars, c:karbonat) (Souza-Egipsy vd., 2002)

Şekil 4.10. Blok üzerinde oluşan *Xanthoria parietina* türü liken kolonizasyonu

Şekil 4.11. Üretim aynası üzerinde oluşan *Xanthoria parietina* türü liken kolonizasyonu

4.1.3 *Lecanora dispersa*

Lecanora dispersa likenin bilimsel sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem : Mantarlar

Bölüm : Ascomycota

Sınıf : Lecanoromycetes

Takım : Lecanorales

Aile : Lecanoraceae

Cins : Lecanora

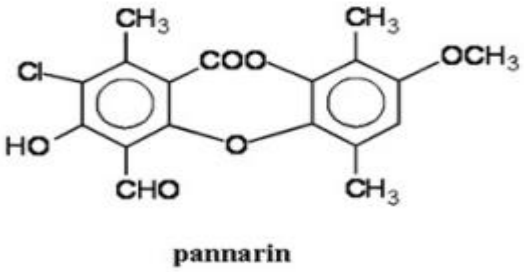
Tür : *Lecanora dispersa*

Lecanora dispersa, genelde endolitik büyüyen alt tabaka içinde tallus, daldırılmış ve belirgin olmayan çok ince veya göze çarpmayan granüllerden oluşur veya nadiren substratların yüzeyinde büyüyen tallus ile çoğunlukla beyaz kalın kenarlı apotesyum ve ksantonların ($C_{13}H_8O_2$) varlığı ile karakterilize edilir (Laundon, 2003; Sliwa, 2007). Apotesyum çapı 0.3mm ile 0.7mm arasındadır. Apotesyum kenar yapısı ve rengi bakımından değişkendir, genellikle kalın ve beyaz renklidir, fakat güneşli yerlerde kararmış olabilir. Diskler, soluk yeşilimsi gri, siyahımsı ve kahverengimsi olabilir. *Lecanora dispersa,* kalsiyum karbonat mineralleri bakımından zengin olan kalkerli kayaçlarda bulunan karakteristik bir liken türüdür (Fröberg, 1997).

Lecanora dispersa türlerinin çoğu özellikle polerize ışıkta belirgin olan ve aynı çözünürlük özelliklerini gösteren kortikal granüller tarafından az ya da çok yoğun bir şekilde gizlenmiş kortekse sahiptir (Sliwa vd., 2012). Granüllerin bolluğu alt tabaka özellikleriyle ilgili görünmektedir. Kalsiyum açısından zengin substratlarda meydana gelen türlerin korteksleri, korteksin altındaki alana da yayılabilen granüllerle doludur. *Lecanora dispersa,* kalkerli kayaç üzerinde büyürken çok bol miktarda granüle sahipken, ağaç kabuğunda veya ahşap üzerinde oluşan örneklerde neredeyse hiç bulunmayan granüllere çok daha az miktarda sahiptir (Sliwa, 2007).

Şekil 4.12. Bilecik beji üzerinde *Lecanora dispersa*

Leuckert vd. (1990), *Lecanora dispersa* türlerinin mantar bileşenlerinin hem bozulmamış tallusunu hem de saf kültürlerinin ürünlerini incelemişlerdir. Ana ikincil bileşik olarak bir ksanton pigmenti de üreten *Lecanora dispersa* örneğinin tek askosporlarından yapılan kültürlerle iki depsidon ve pannarin (Şekil 4.13) üretildiğini bildirdiler.



Şekil 4.13. Pannarin yapısı (Russo vd., 2008)

Lecanora dispersa ikincil metaboliti olan pannarinin de UV ışınlarına karşı karşı koruyucu işlevi olduğu kabul edilmiştir (Zhao vd., 2016).

Şekil 4.14. Bilecik beji üzerinde kolonize olmuş *Lecanora dispersa*

4.1.4 *Physcia tenella*

Physcia tenella likenin bilimsel sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem : Mantarlar

Bölüm : Ascomycota

Sınıf : Lecanoromycetes

Takım : Teloschistales

Aile : Physciaceae

Cins : Physcia

Tür : *Physcia tenella*

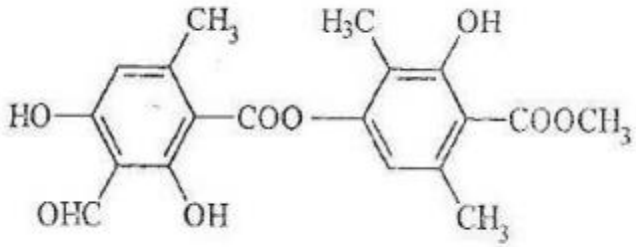
Physcia tenella, uçlarında genellikle gri veya koyu kahverengi olan 0,4 ile 2 mm uzunluğunda marjinal kirpiklerle gevşek bir şekilde kaplanmış, tallusu soluk gri olan yapraksı bir liken olarak karakterilize edilir (Smykla vd., 2011).

Physcia tenella, Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika, Asya ve Afrika olmak üzere çoğu kıtada bulunur en yaygın türlerdendir (Edwards ve Coppins, 2009). *Physcia tenella,* kalkerli kayalar ve ağaç kabukları üzerinde başta olmak üzere iyi aydınlatılmış ve besin açısından zengin substratlarda bulunur. *Physcia tenella,* artan azotlu bileşikler seviyelerine yanıt olarak bol miktarda artan öncü bir tür olarak kabul edilir (Edwards ve Coppins, 2009).

Sujetoviené (2010), *Physcia tenella'*nın ana elementlerin (azot, kükürt ve karbon) içeriğini trafik kirliliğinin etkisine maruz kalan tallus ile araştırmıştır. *Physcia tenella'*nın SO_2 toleransı yüksek olduğu bilinmektedir (Wirth, 1985). Davies vd. (2007), *Physcia tenella'*nın NOx'e toleranslı olduğunu bildirmiştir. Bu tür toleranslı likenler, nitrofil likenler olarak kabul edilir (Van Herk, 2002).

Şekil 4.15. Bilecik beji üzerinde *Physcia tenella*

Physcia tenella'nın ikincil metaboliti depside grubunundan olan atranorin (Şekil 4.16) bileişiğidir (Follmann ve Mies, 1986). Zhao vd., (2016), atranorin bileşiğinin UV ışınlarına karşı koruyucu işlevinin olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.16. Atranorin kimyasal formülü (Wynn-Williams vd., 2002)

Atranorin, *Physcia tenella* tarafından üretilen, fotosenteze dahil olabilen ikincil bir metabolittir ve antimikrobiyal, antibakteriyel, antioksidan, antiviral özelliklere sahiptir (Malhotra vd., 2008). *Physcia tenella,* fotobiyontların verimli fotosentezi için sağlamak için bir fotokoruyucu pigment olarak atranorin üretir. Ayrıca bu fotobiyontların, mikobiyont ortaklarının kuruma toleransını artırmak için polioller üretebildikleri gösterilmiştir (Delmail vd., 2013).

Şekil 4.17. Bilecik beji blok üzerinde *Physcia tenella*

4.1.5 *Caloplaca pusilla*

Caloplaca pusilla likenin bilimsel sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem : Mantarlar

Bölüm : Ascomycota

Sınıf : Lecanoromycetes

Takım : Teloschistales

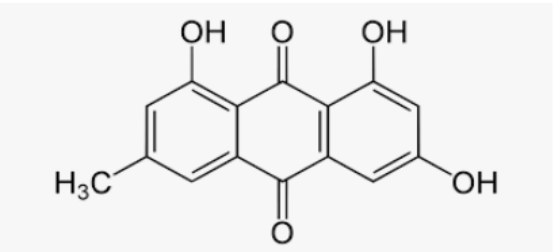
Aile : Teloschistaceae

Cins : Calogaya

Tür : *Caloplaca pusilla*

Caloplaca pusilla tallusu 2 ile 10 mm arasında rozetler; 0,3-0,4 mm kalınlığında tek veya genellikle daha büyük topluluklardan oluşan sarı hardal, pembemsi, genellikle merkezde beyazımsı, kenar lobları 0,5-2 mm uzunluğunda ve 0,2-0,5 mm genişliğinde birbirine çok yakın veya bazen üstüste binen dışbukey veya düz veya uçlarda geniş olarak karakterize edilen kabuksu likendir (Seǵuy, 1936). Apothecia, koyu, turuncu ve sporlar geniş elipsolittir. *Caloplaca pusilla,* tipik *Caloplaca saxicola* ile sıklıkla karıtırılan bir taksondur (El-Oqlah, 1992).

Caloplaca pusilla, çoğunlukla Avrupa, Kuzey Afrika, Kuzey Amerika, bilinen kozmopolit, yaygın olarak gözüken bir türdür. *Caloplaca pusilla,* kalkerli kayalar üzerinde gözlemlenen, ötrofik ortamları tercih eden, *Caloplaca saxicola* grubunun en kolay tanımlanan taksonudur (Gaya, 2009). *Caloplaca pusilla,* dallanmamış parafiz uçları, biraz daha büyük askosporlar, emodin (Şekil 4.18) ve parietin ile ayırt edilebilir (Nash III, 2007).



Şekil 4.18. Emodin kimyasal yapısı (Anonim, 2022)

Felczykowska vd. (2017), *Caloplaca pusilla*'nın mikobiyot kültüründe önemli antibakteriyel ve antikanser aktiviteler göstermişlerdir.

Şekil 4.19. Bilecik beji üzerinde *Caloplaca pusilla*

Şekil 4.20. Bilecik beji blok üzerinde *Caloplaca pusilla*

4.1.6 *Protoparmeliopsis garovaglii*

Protoparmeliopsis garovaglii likenin bilimsel sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem : Mantarlar

Bölüm : Ascomycota

Sınıf : Lecanoromycetes

Takım : Lecanorales

Aile : Lecanoraceae

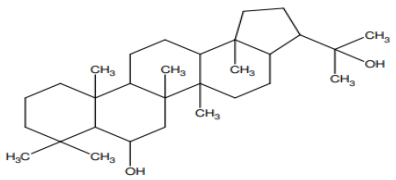
Cins : Protopormeliopsis

Tür : *Protoparmeliopsis garovaglii*

Protoparmeliopsis garovaglii tallusu plakoit, kalın, genellikle belirgin şekilde dairesel, çapı 12 cm'ye kadar çıkan, substrata çok yakın bağlanmamış, marjinal loblar uzamış, belirgin şekilde dışbükey, şişmiş, kıvrımlı, pürüzsüz; üst yüzey mat, soluk sarımsı, yeşil, grimsi yeşil, tallusun ortasında daha koyu olma eğiliminde, alt yüzey sluk kahverengi olarak karakterize edilir (Szczepańska vd., 2019).

Protoparmeliopsis garovaglii, hafif kalkerli kayaları veya bazik silikat kayaları tercih eder ve genellikle güneşli habitatlarda, özellikle dik yüzeylerde bulunur (Wirth, 1995; Ryan vd., 2004).

Protoparmeliopsis garovaglii, usnik asit ve zeorinin içerir (Wirth, 1995; Ryan vd., 2004; Edwards vd., 2009). Likenlerde zeorin, otçul bir madde olarak iş görür (Nimis ve Skert, 2006; Asplund ve Gauslaa, 2010). Thandhani ve Karunaratne (2017), zeorin (Şekil 4.21) , antidiyabetik ve antioksidan özellik gösterdiğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.21. Zeorin yapısı (Anonim, 2022)

Şekil 4.22. Bilecik beji üzerinde *Protoparmeliopsis garovaglii*

Şekil 4.23. Bilecik beji üzerinde kolonize olmuş *Protoparmeliopsis garovaglii*

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mermer ocakları işletmeciliği, ülkemizde genellikle açık ocak işletmeciği olarak yapılmaktadır. Dolayısıyla hava şartları çalışma koşullarını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bilecik bölgesi coğrafi konumu sebebiyle, geçiş iklimi yaşanmaktadır. Yazlar ılık geçerken kışlar da soğuk ve yağışlı geçer. Kış aylarında don sebebiyle bazen ocaklar üretime ara vermek zorunda kalırlar. Bilecik bölgesinde ocakları etkileyen mevsimsel faktör kışın olan yağış ve sıcaklığın eksi derecelere düşmesiyle oluşan don olayları diyebiliriz. Mevsimsel faktörler dışında da ocaklar üretime bazen ara vermekte ya da tamamen üretimi durdurmaktadırlar.

Bu çalışma kapsamında; Bilecik bölgesindeki mermer ocakları esas alınarak, ocakların pasif olduğu süreçlerde ve üretimi yapılan mermer blokların stok sahalarında kalması halinde oluşum gösteren liken birlikteliklerinin etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir.

Bilecik bölgesindeki pasif olan ocaklarda yapılan saha çalışmalarında görüldüğü üzere; liken oluşumlarını; ocakların konumları, çevresindeki bitki örtüsü ve ocakların pasif kaldığı süreçler gibi faktörlerin etkilediği gözlemlenmiştir. Yeni kapanmış veya üretimi durmuş ocaklarda liken oluşumu gözlenmemiştir. Liken oluşumları gözlenen ocaklar, en az 15 sene pasif halde kalmışlardır. Yine ocakların konumlarına bağlı olarak yükselti arttıkça likenlerin oluşumlarına daha sık rastlamaktayız. Açılan ocak ağzının güneşi alma durumuna bağlı olarak güneşi çok alan alanlarda pek liken oluşuma rastlanmazken, daha nemli ve su tutan bölgelerde daha çok liken oluşumu gözlenmiştir.

Bilecik bej mermer ocaklarında en çok görülen liken türleri yapılan deneyler sonucunda *Protoparmeliopsis muralis, Caloplaca pusilla, Protoparmeliopsis garovaglii,* kabuksu likenleri, *Xanthoria parietina, Physcia tenella* yapraksı likenleri ve endolitik büyüyen *Lecanora dispersa* likeni olarak saptanmıştır. Bu likenlerin ortak özelliklerinden biri UV-B ışınlarına karşı koruyucu ikincil metabolit üretmeleridir. Kolonize oldukları kayayı zararlı UV-B ışınlarına karşı koruma görevi üstlenirler. Liken metabolitlerinin üretimleri ve rolleri konusunda hala bilinmeyen noktalar olup, bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

Likenlerin büyüme ve ilerleme hızları göz önüne alındığında makro boyutta büyük bir hasara yol açmadıkları düşünülse de mikro boyutta büyük bir hasarın ilk adımı olduğu görülmektedir. Şöyle ki, üretilmiş mermer bloğun üzerinde kolonize olmuş likenler,

ürettikleri liken asitleriyle blok üzerinde mikro çukurlar oluşturmakta ve mantar hiflerinin kaya çatlak ve boşluklarından ilerlemesiyle mekanik olarak bloğu ayrıştırmanın ilk adımını oluşturmaktadır. Zaman içerisinde ve sıcaklık değişimleriyle birlikte bu mikro mekanik hareket üretilmiş bloğun hasar görmesine sebebiyet verecektir.

Bu çalışmayla likenlerin kaya ayrışmasında önemli bir rolü olduğu görüldü. İleri ki çalışmalarda bu hasarın boyutları araştırılabilir. Mikroskobik çalışmalarla mantar hiflerinin ilerlemeleri kayıt edilebilir ve endolitik liken varlığı araştırılabilir. Likenlerin diğer mikroorganizmalarla birlikte kaya yüzeyindeki etkileri değerlendirilebilir.

Likenler, her türlü substrata tutunabildikleri gibi her türlü hava koşulunda da yaşam sürebildikleri için, doğada liken oluşumunu engellemek imkansızdır. Dolayısıyla taşın yüzeyi açığa çıktığı andan itibaren doğayla verdiği savaş başlıyor demektir. Liken oluşumunu engelleyemeyiz, fakat etkilerini azaltmanın yollarını araştırabiliriz.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Adamo, P., Violante, P., 1999, Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity, Applied Clay Science, 16(2000): 229-256

Al-amoody, A., Yayman, D., Kaan, T., Özkök, E., Özcan, A., vd, 2020, Role of lichen secondary metabolites and pigments in UV screening phenomenon in lichen, Acta Biologica Turcica 33(1):35-48

Anonim, 2010, Maden Tetkik Arama, https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/Bilecik_Madenler.pdf, erişim tarihi:05.05.2022

Anonim, 2019, https://www.biyolojidersim.com/mantarlar/, erişim tarihi:16.09.2022

Anonim, 2022, https://en.wikipedia.org/wiki/Zeorin, erişim tarihi:17.09.2022

Anonim, 2022, https://en.wikipedia.org/wiki/Usnic_acid, erişim tarihi:17.09.2022

Anonim, 2022, https://en.wikipedia.org/wiki/Parietin, erişim tarihi:15.09.2022

Anonim, 2022, https://en.wikipedia.org/wiki/Emodin, erişim tarihi:18.09.2022

Anonim, 2018, https://en.wikipedia.org/wiki/Lichen, erişim tarihi: 07.02.2018

Anonim, 2022, https://earth.google.com/web/search/bilecik/@40.16385999,29.97467499,571.26417146a,14222.16064893d,35y,0h,0t,0r/data=CnIaSBJCCiUweDE0Y2I4ZmY5ZDExMmI4N2Y6MHhiYzAyMDRiMDE2YzkyMzFmGXQlAtU_EkRAId798V61-j1AKgdiaWxlY2lrGAIgASImCiQJXAgKDTv_M0ARWwgKDTv_M8AZfGPKBA87OkAh7UiHrfPJUsA, erişim tarihi: 15.05.2022

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ascaso, C., Wierzchos, J., Souza-Egipsy, V., de los Rios, A., Rodrigues, D., 2001, In situ evaluation of the biodeteriorating action of microorganisms and the effects of biocides on carbonaterock of the Jeronimos Monastery, International Biodeterioration Biodegradation, 49(2002):1-12

Ascaso, C., Wierzchos, J., 1995, Study of the biodeterioration zone between the lichen thallus and the substrate, Crypt. Bot. 5: 270-281

Aygün, K., 1998, Bilecik şehir coğrafyası, Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Coğrafya Anabilim Dalı, 133s.

Chen, J., Blume, H., 2002, Rock-weathering by lichens in Antarctic: patterns and mechanisms, Journal of Geographical Sciences, 12,4 (2000): 387-396

Chen, J., Blume, H., Beyer, L., 1999, Weathering of rocks induced by lichen colonization, Catena 39 (2000): 121-146

Çobanoğlu, G., Açıkgöz, B., Sesal, C., 2016, Lichen secondary metabolites synthesis pathways and biological activities, Acta Biologica Turcica, 29(4):150-163

Follmann, G., Mies, B., 1986, Contributions to the lichen flora and lichen vegetation of the cape verde island IV. new lichen records and their chorological significance, Journ. Hattori Bot. Lab. No. 61: 499-523

Garcia-Valles, M., Topal, T., Vendrell-Saz, M., 2001, Lichenic growth as a factor in the physical deterioration or protection of Cappadocian monuments, Environmental Geology, (2003) 43: 776-781

Gehrmann, C., Krumbein, W.E., Petersen, K., 1988, Lichen weathering activites on mineral and rock surfaces, Studia Geobotanica, p. 33-45

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Hauck, M., Jürgens, S., Brinkmann, M., Herminghaus, S., 2008, Surface hydrophobicity causes SO_2 tolerance in lichens, Annals of Botany, 101:531-539

Hoppert, M., König, S., 2006, The succession of biofilms on building stone and its possible impact on biogenic weathering, Researchgate

Kacır, S., 2017, Bilecik mermer sektörü raporu, Bebka

Kulaksız, S., 2005, Doğal taş maden işletmeciliği ve işletme teknolojileri, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, s.1-4

Marijana, K., Branislav, R., Slobodan, S., 2010, Antimicrobial activity of the lichen *Leconora frustulosa* and *Parmeliopsis hyperopta* and their divaricatic acid and zeorin constituents, African Journal of Microbiology Research Vol. 4 (9), p.885-890

Mukemre, M., Zengin, G., Turker, R., Aslan, A., Dalar, A., 2021, Biological activites and chemical compounds of *Xanthoria* lichens from Turkey, International Journal of Secondary Metabolite, 376-388

Lewis, C., Sliwa, L., 2012, Lecanora carlottiana, a new saxicolous lichen species from the Great Lakes region of North America, The Bryologist, 115(3):375-381

Lisci, M., Monte, M., Pacini, E., 2002, Lichens and higher plants on stone,

Özvan, A., Dinçer, İ., Akın, M., Oyan, V., Tapan, M., 2015, Experimental studies on ignimbrite and the effect of lichens and capillarity on the deterioration of Seljuk Gravestones, Engineering Geology, 185(2015): 81-95

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Özyiğitoğlu, G., Açıkgöz, B., Sesal, C., 2016, Lichen secondary metabolites: Synthesis pathways and biyological activities, Acta Biologica Turcica 29(4):150-163

Paukov, A., Teptina, A., Ermoshin, A., Kruglova, E., Shabardina, L., 2022, The role of secondary metabolites and bark chemistry in sharping diversity and abudance of epiphytic lichens, Frontiers in Forest and Global Change

Kurbatov, A., Sonina, A., 2020, Growth and age assesment of epilithic lichen *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy in Southern Karelia, p.84-94.

Lee, B., G., Kondratyuk, S., Y., Handa, J., P., Lököz, L., Wang, H., 2018, Three new species of lichenized fungi from Qinghai province China, Mycotaxon, p. 113-125

Marmor, L., Randlane, T., 2007, Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn, Folia Cryptog Estonica, 43:23-37

Mishra, G., K., Nayaka, S., Upreti, D., K., Kondratyuk, S., Y., 2018, Species and chemical diversity in lichen family Teloschistaceae and their bioprospecting potential: a review in İndian context, Cryptogam Biodiversity and Assessment, p.08-22

Russo, A., Piovano, M., Lombardo, L., Garbarino, J., Cardile, V., 2007, Lichen metabolites prevent UV light and nitric oxide-mediated plasmid DNA damage and induce apoptosis in human melanoma cells, Life Sciences 83 (2008): 468-474

Satterwhite, M., Henley, J., Carney, J., 1985, Effects of lichen on the reflectance spectra of granitic rock surface, Remote Sensing of Environment, 18: 105-112

Sliwa, L., 2007, A revision of the Lecanora dispersa complex in North America, Polish Botanical Journal, 52(1):1-70

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Sliwa, L., Miadlikowska, J., Redelings, B., Molnar, K., Lutzoni, F., 2012, Are widespread morpospecies from the *Lecanora dispersa* group monophyletic, The Bryologist, 115(2):265-277

Sliwa, L., Olech, M., 2002, Notes on species of *Lecanora* from the Antarctic, Polish Polar Research, p.117-133

Smykla, J., Krzewicka, B., Wilk, K., Emslie, S.D., Sliwa, L., 2011, Polish Polar Research, p.123-138

Souza-Egipsy, V., Wierzchors, J., Gargia-Ramos, J., Ascaso, C., 2002, Chemical and ultrastructual features of the lichen- volcanic sedimentary rock interface in a semiarid region, Lichenologist, 34(2):155-167

Sujetoviené, G., 2010, Road traffic pollution effects epiphytic lichens, Ekologija, p.64-71

Szczepańska, K., Rodriguez-Flakus, P., Urbaniak, J., Sliwa, L., 2019, Neotypification of *Protoparmeliopsis garovaglii* and molecular evidence of its occurrence in Poland and South America, Mycokeys, 57: 31-46

Thadhani, VM., Karunaratne, V., 2017, V. potential of lichen compounds as antidiabetic agents with antioxidative properties: a review, Oxid Med. Cell Longev, 2079697

Topal, T., Sözmen, B., 2002, Deterioration mechanism of tuffs in Midas monument, Engineering Geology, 68(2003): 201-223

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wierzchos, J., Rios, A., Ascaso, C., 2012, Microorganisms in desert rocks: the edge of life on earth, International Microbiology, (2012) 15: 171-181

Wilk, K., 2012, Calcicolous species of the genus Caloplaca in the Polish Western Carpathians Carpathians, Polish Botanical Studies 29:1-91