

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA İLİ FİNİKE-TURUNÇOVA BÖLGESİNDEKİ LİMRA
MERMERİNİN JEOLojİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE
BLOK VERİMİNİ ARTTIRICI YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

Emrah BİLİCİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA İLİ FİNİKE-TURUNÇOVA BÖLGESİNDEKİ LİMRA
MERMERİNİN JEOLojİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE
BLOK VERİMİNİ ARTTIRICI YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

Emrah BİLİCİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA İLİ FİNİKE-TURUNÇOVA BÖLGESİNDEKİ LİMRA
MERMERİNİN JEOLojİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE
BLOK VERİMİNİ ARTTIRICI YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

Emrah BİLİCİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2018-3964 nolu proje ile desteklenmiştir.**

EKİM 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA İLİ FİNİKE-TURUNÇOVA BÖLGESİNDEKİ LİMRA
MERMERİNİN JEOLojİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE
BLOK VERİMİNİ ARTTIRICI YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI

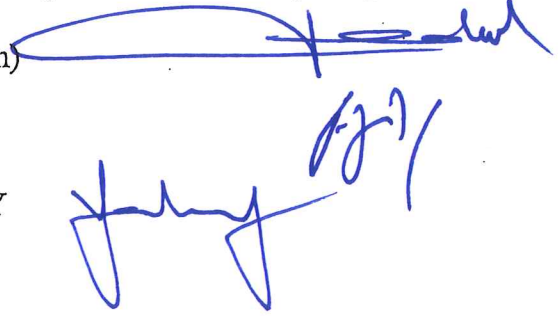
Emrah BİLİCİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 24/10/2019 tarihinde aşağıdaki jüriler tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erdal KOŞUN (Danışman)

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Dr. Öğr. Üyesi Volkan ÖZAKSOY



ÖZET

ANTALYA İLİ FİNİKE-TURUNÇOVA BÖLGESİNDEKİ LİMRA MERMERİNİN JEOLojİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE BLOK VERİMİNİ ARTTIRICI YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI

Emrah BİLİCİ

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Ekim 2019; 125 sayfa

Ülkemizde mermer önemli bir ihracat malı olarak göze çarpmakla birlikte mermer sektörünün yerini muhafaza etmesi ve mevcut potansiyelin geliştirilmesi ve mermer üretimi yapan firmaların daha etkin bir şekilde çalışmaları açısından, üretim esnasında bu doğaltaşın genellikle jeolojik yapısından dolayı ortaya çıkan kırık, çatlak gibi sorunlu yerlerin uygun teknoloji ile giderilerek kapatılması ve mermer olarak üretilebilir hale getirmek gerekmektedir. Doğaltaşın damar yapısı, doğaltaştaki boşluklar, kırık ve çatlaklar, üretim kalitesini düşürebilmektedir. Çünkü kimyasal işlemlere tabi tutulan doğaltaşlarla, kimyasal işleme tabii tutulmayan doğaltaşlar arasında fiyat farklılıklarının olduğunu söylemek mümkündür. Ortaya çıkan bu maddi kayıpları önlemek için gerek israfın önlenmesine, gerekse de ihraç edilen doğaltaşlardan daha fazla kar elde edilmesine neden olmaktadır. Hem israf, hem de maddi kayıpların teknolojik açıdan engellenmesi için doğaltaşlara kimyasal işlemler uygulanmaktadır. Herhangi bir kimyasal işleme tabii olmadan satılmış olan doğaltaşların döşenmesi durumunda, doğaltaş üzerindeki boşluk, kırık ve çatlak gibi gözenekler içerisine kir ve benzeri kötü görüntüye neden olan maddeler dolmakta, bu da hem çirkin bir görünüme sebep vermekte, hem de döşenen bu doğaltaşlar daha zor temizlenebilmektedir. Böyle durumlarla karşı karşıya kalmak istemeyen üreticiler, yüzey koruyucu kimyasallardan yararlanmaktadırlar. Doğaltaş üzerindeki sorunlu alanların tamirinde, doğaltaşın türüne uygun olarak dayanıklılık, genleşme, fiyat ve kalite gibi parametreler göz önünde bulundurularak, yaygın bir şekilde kullanılan bazı tamir malzemeleri bulunmaktadır. Bunlar; epoksi, polyester, U.V ışını, mastik çimento dolgulu vb. maddeler şeklinde sıralanmaktadır.

Çalışma alanı Finike (Antalya) ilçesi kuzeyinde yer almaktadır. Çalışma kapsamında, bölgedeki Limra mermerlerin jeolojik özellikleri, mineralojik-petrografik ve fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla teknolojik deneyler yapılmıştır. Bulunan sonuçların TS ve TS EN ile karşılaştırılması yapılarak mermerlerin, dış ortamlarla olan etkileşimleri sonucunda Limra mermerlerinin yapı ve dokusunda meydana gelen fiziksel ve kimyasal etkileşimler ve bu etkileşimlerden kaynaklanan değişimler, aşınma durumları, darbe dayanımları, basınç dayanımları, atmosfer basıncı altında su emme dayanımı, kaynar suda su emme dayanımı, don sonu basınç dayanımı, yoğun yük altında eğilme dayanımı dış etkenlere karşı olan dirençler vb. parametreler ile meydana gelen değişimleri araştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Antalya finike, Blok verimi, Epoksi, Limra mermeri, Polyester,

JÜRİ: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Dr. Öğr. Üyesi Volkan ÖZAKSOY



ABSTRACT

DETERMINATION OF THE GEOLOGICAL PROPERTIES OF LIMYRA MARBLE IN ANTALYA PROVINCE FINIKE-TURUNÇOVA REGION AND INVESTIGATION OF BLOCK YIELD METHODS

Emrah BİLİCİ

Master Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

October 2019; 125 pages

In this study we are focusing on Marble, as one of the most potential export material of Turkey. Although marble stands out as an extreme important export commodity as well marble sector maintains its place and develops the existing potential in Turkey. In order to work more effectively, the marble producing companies should be properly covered the problematic areas due to structure that arise during the production of this natural stone. Veins structure of natural stone, gaps in natural stone, fractures and cracks can decreases the quality of production. Because it is possible to say that, there are price differences between natural stones that are subjected to treated with chemical processes and not treated with chemical procedure. It is necessary to prevent these losses and waste for obtaining more profit from exported natural stones. Chemical processes and technological preventing methods are applied to natural stones in order to secure. both waste and material losses In case of laying natural stones which have been sold without any chemical treatment, pores such as cavities, fractures and cracks on the natural stone are filled with dirt and similar bad appearance, which causes an ugly appearance and these paved natural stones are more difficult to clean. And the producers, those who don't want to face such situations, they may have to make a use of chemicals for surface protection. For repairing the problematic areas on natural stone, there are some repairing materials that are widely used for considering the parameters such as durability, expansion, price and quality in accordance with the type of natural stone. There are some of the examples of items for repairing the natural Stones are; epoxy, polyester, U.V ray, mastic cement filled etc.

The study area is located to the north of Finike (Antalya) district. Within the scope of this study, technological experiments were carried out to determine the geological, mineralogical-petrographic and physico-mechanical properties of marbles in the Limyra region. By comparing the results with TS and TS EN, the physical and chemical interactions occurring in the structure and texture of Limyra marbles. As a result of these interactions of marbles with the external environments and the changes resulting from these interaction were investigated by these parameters such as abrasion conditions, impact strengths, compressive strengths, water absorption under atmospheric pressure, water absorption resistance in boiling water, end-frost pressure resistance, bending strength under heavy load, resistance to external factors, etc.

KEYWORD: Antalya Finike, Block yield, Epoxy, Limyra marble, Polyester,

COMMITTEE: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Assist. Prof. Dr. Volkan ÖZAKSOY



ÖNSÖZ

Antalya İli Finike-Turunçova Bölgesindeki Limra Mermerinin Jeolojik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Blok Verimini Arttırıcı Yöntemlerin Araştırılmalarını amaçlayan bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Lisans yıllarımdan itibaren maddi manevi her türlü desteğini benden esirgemeyen, değerli zamanını benimle paylaşan, fikirleri ile beni her daim aydınlatan, bilime olan tutkumu paylaşan ve yüksek lisans sürem boyunca da beni yalnız bırakmayan, ailem olarak gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. Erdal KOŞUN'a teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarımnda sağlamış oldukları her türlü yardım ve desteklerinden dolayı Onur Mermer Sanayi Ticaret A.Ş sahibi Sayın Selahattin ONUR Bey'e, Genel Müdür Sayın Mehmet Serdar ÖZKAN Bey'e, Jeoloji Mühendisi Sayın Hasan TONTUŞ Bey'e, Maden Mühendisi Sayın Mehmet AKÇA Bey'e, Şafak GÜRBULAK Bey'e ve İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Sayın Erol ER Bey ve fabrika çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Fabrika çalışmalarımnda sağlamış oldukları her türlü yardımlarından dolayı Yücel Kompozit Sanayi Ticaret A.Ş sahibi ve fabrika çalışanlarına çok teşekkür ederim.

FYL-2018-3964 No'lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Bu araştırma kapsamından, desteklerini esirgemeyen ve Dr. Ferdi DEMİRTAŞ ve Araş. Gör. Dr. Koray KOÇ'a teşekkür ederim.

Değerli eleştiri ve önerileri ile tezin son halini almasını sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU ve Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Volkan ÖZAKSOY'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan desteklerini esirgemeyen değerli meslektaşım Naciye Gizem ÇİTİL'e teşekkür ederim.

Eğitimim için her türlü fedakârlığı gösteren, hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerini hissettiğim değerli aileme ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Konusu ve Amacı.....	1
1.2. Çalışma Alanının Yeri.....	2
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Limra Mermerlerine Yönelik Literatür Çalışmaları.....	4
2.2. İnceleme Alanının Stratigrafisi	7
2.2.1. Beydağları formasyonu (Kb).....	7
2.2.1.1. Tekkeköy üyesi (Kbt).....	8
2.2.2. Susuzdağ formasyonu (Tes).....	10
2.2.3. Sinekçi formasyonu (Tms).....	10
2.2.3.1. Gömüce üyesi (Tmsg).....	10
2.2.3.2. Çayboğazı üyesi (Tmsç).....	10
2.2.4. Kasaba formasyonu (Tmka).....	11
2.3. Limra Mermerinin Bölgesel Jeolojisi	12
2.3.1. Toros kuşağı mermer yatakları.....	12
2.3.1.1. Doğu Toroslar mermer yatakları.....	14
2.3.1.2. Orta Toros mermer yatakları.....	15
2.3.1.3. Batı Toroslar (Teke Torosları) mermer yatakları.....	16
2.4. Mermer Sahalarında Levha Verimini Etkileyen Faktörler.....	26
2.4.1. Jeolojik faktörler	26
2.4.2. Rezerv miktarı.....	27
2.4.3. Yapısal jeoloji özellikleri	27
2.4.3.1. Kıvrımlanma	27
2.4.3.2. Tabakalanma ve tabaka kalınlığı.....	27
2.4.3.3. Faylanma	28
2.4.3.4. Kırık ve çatlak yapısı	29
2.4.3.5. Ayrışma	32

2.4.4. Fiziko-mekanik özellikler	34
2.4.4.1. Epoksi reçinesi	34
2.4.4.2. Polyester reçinesi	37
2.4.4.3. Ultraviyole ışını.....	39
2.4.4.4. Mastik çimentolu dolgu	40
3. MATERYAL VE METOT	42
3.1. Arazi Çalışmaları	42
3.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	43
3.2.1. Mineralojik-petrografik analizler	43
3.2.1.1. Mikropaleontolojik tanımlama ve fasiyes değişimi	43
3.2.1.2. Petrografik incelemeler	44
3.2.1.3. X-ışını kırınımı (XRD) analizi	44
3.2.1.4. XRF analizi	45
3.2.2. Fiziko-mekanik analizler.....	46
3.2.2.1. Ön teknolojik inceleme analizi	46
3.2.2.2. Sertlik (mohs) analizi	47
3.2.2.3. Darbe dayanımı analizi	47
3.2.2.4. Kaynar suda su emme analizi.....	47
3.2.2.5. Aşınma direnci (Böhme) analizi	48
3.2.2.6. Don sonu basınç dayanımı analizi	49
3.2.2.7. Tek eksenli basınç dayanım analizi.....	50
3.2.2.8. Atmosfer basıncı altında su emme analizi	51
3.2.2.9. Yoğun yük altında eğilme dayanımı analizi.....	51
3.2.2.10. Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite analizi	52
3.2.2.11. Epoksi reçinesi	53
3.2.2.12. Polyester reçinesi	57
3.3. Büro Çalışmaları	59
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	60
4.1. Laboratuvar Çalışmaları.....	60
4.1.1. Mineralojik-petrografik analizler	60
4.1.1.1. Mikropaleontolojik incelemeler	60
4.1.1.2. Petrografik incelemeler	66
4.1.1.3. X-ışını kırınımı (XRD) analizi.....	73
4.1.1.4. XRF analizi	73
4.1.2. Fiziko-mekanik analizler.....	75
4.1.2.1. Ön teknolojik analizler.....	75

4.1.2.2. Sertlik (mohs) analizi	75
4.1.2.3. Darbe dayanım analizi.....	75
4.1.2.4. Kaynar suda su emme analizi.....	76
4.1.2.5. Aşınma direnci (Böhme) analizi	78
4.1.2.6. Don sonu basınç dayanımı analizi	79
4.1.2.7. Tek eksenli basınç dayanım analizi.....	83
4.1.2.8. Atmosfer basıncı altında su emme analizi	84
4.1.2.9. Yoğun yük altında eğilme dayanım analizi.....	86
4.1.2.10. Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite analizi	88
4.1.2.11. Epoksi reçinesi ve polyester reçinesi	90
5. SONUÇLAR	92
6. KAYNAKLAR	94
7. EKLER.....	99
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Antalya İli Finike-Turunçova Bölgesindeki Limra Mermerinin Jeolojik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Blok Verimini Arttırıcı Yöntemlerin Araştırılması” adlı bu çalışmanın akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

24/10/2019

Emrah BİLİCİ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Al_2O_3	: Alüminyum oksit
Fe_2O_3	: Demir III oksit
λ	: Geçirgenlik katsayısı
gr	: Gram
CaCO_3	: Kalsiyum karbonat
CaO	: Kalsiyum oksit
kg	: Kilogram
kgf	: Kilogramkuvvet
km	: Kilometre
km^2	: Kilometrekare
kN	: Kuvvet (Kırılma yükü)
MgO	: Magnezyum oksit
MPa	: Megapascal
m	: Metre
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
mm	: Milimetre
s	: Saat
cm	: Santimetre
cm^2	: Santimetrekare
cm^3	: Santimetreküp
SiO_2	: Silisyum dioksit
$^{\circ}\text{C}$	: Sıcaklık
%	: Yüzde
NOT	: Tez metninde ondalık ayracı olarak “.” kullanılmıştır.

Kısaltmalar

AN	: Antalya Napları
BO	: Beydağları Otoktonu
WPE	: Epoksi Eşdeğer ağırlık
Dk	: Dakika
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
GD	: Güneydoğu
GB	: Güneybatı
KD	: Kuzeydoğu
K	: Kuzey
Kb	: Beydağları Formasyonu
KB	: Kuzeybatı
kN	: Kırılma Yüğü
LN	: Likya Napları
MERSEM	: Uluslararası Mermer Sempozyumu
MTA	: Maden Tetkik Arama
Ppm	: Milyonda bir
Tes	: Susuzdağ Formasyonu
Tmka	: Kasaba Formasyonu
Tms	: Sinekçi Formasyonu
USD	: Amerikan Doları
U.V.	: Ultraviyole
XRD	: X-Işınları Difraktometresi
XRF	: X-Işını Floresans Spektrometresi.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Onur Limra mermer sahasında işletilen ocağın ruhsat vaziyet planının krokisi.....	1
Şekil 1. 2. Antalya Finike-Turunçova'daki Onur (Limra) mermerin açık işletme sahasının havadan dron ile çekilen görüntüsü; a) Mermer ocağın pasa döküm alanı; b) Mermer ocağın açık işletme alanı.....	2
Şekil 1. 3. Antalya Finike-Turunçova'daki çalışma alanın konumunu gösteren yerbulduru haritasının görünümü (Alttaki harita Öner 1997'den alınarak düzenlenmiştir).....	3
Şekil 2. 1. Beydağları formasyonunda bulunan Limra mermer örneklerinin makroskobik görüntüleri; a) Limra mermerin kesim işlemi görmemiş doğal hali; b) Limra mermerin kesim işlemi görmüş hali	8
Şekil 2. 2. Beydağları otoktonunun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şenel 1997'den değiştirilerek alınmıştır).....	9
Şekil 2. 3. Finike ovası ve çevresinin jeoloji haritası (Öner 1997'den değiştirilerek alınmıştır)	12
Şekil 2. 4. Toros kuşağının coğrafik alt bölümlerin görünümü (Özgül 1984'den değiştirilerek alınmıştır) (KF: Kırkkavak Fayı; EF: Ecemiş Fayı; KAF: Kuzey Anadolu Fayı; DAF: Doğu Anadolu Fayı)	13
Şekil 2. 5. Batı Toroslarda gözlenen başlıca birlikleri (Kun 2015'den değiştirilerek alınmıştır) (LN: Likya Napları; BO: Beydağları Otoktonu; AN: Antalya Napları)	19
Şekil 2. 6. Kaş-Kasaba civarı (Beydağların Batı kesimi) mermer ocaklarının dağılımı (Kun 2015'den değiştirilerek alınmıştır) (LN: Likya Napları; BO: Beydağları Otoktonu; AN: Antalya Napları; I: Limra mermer bölgesi; II: Akçay-Elmalı hattı güneyi; III: Kaş bölgesi).....	21
Şekil 2. 7. Antalya Finike-Turunçova Onur mermer firmasına ait işletilmekte olan Limra mermer ocağı	22
Şekil 2. 8. Beydağları Otoktonunda yer alan Limra (Limestone) mermer ocakları (LN: Likya Napları; BO: Beydağları Otoktonu; AN: Antalya Napları) (Kesikli sarı çizgi içerisindeki ocaklar halen işletilmekte, sarı çizgi dışındaki ocaklar ise bazıları işletilmekte bazıları ise kapalıdır)	23
Şekil 2. 9. Beydağları Otoktonu Antalya yöresindeki Limra (Limestone) mermer sahalarından çıkarılan mermerlerin farklı isimlerle piyasaya sürüldükleri Limra mermerlerin renk ve dokusal özelliklerindeki farklılıklar görülmektedir (Rakamlar Antalya bölgesindeki mermer firmalarının sayılarını göstermektedir).....	25
Şekil 2. 10. Antalya Finike Alacadağ (Hacıveliler) bölgesi Onur Limra mermer sahasındaki mermer işletme basamakları (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)	28

Şekil 2. 11. Alacadağ (Hacıveliler) mevkiinde bulunan Onur Limra mermer sahasında meydana gelen faylanma görünümü (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir).....	29
Şekil 2. 12. Onur Limra mermer sahasında gözlenen kırık ve çatlak düzlemlerine ait şematik gül diyagramının görünümü; a) Ocağın doğrultu diyagramı; b) Ocağın eğim miktarı diyagramı; c) Ocağın eğim yönü diyagramı	31
Şekil 2. 13. Onur (Limra) mermer ocağının yüzeyinden itibaren “0 metreden” aşağıya doğru 8 metreye ve daha alt kısımlara doğru sarı ok yönünde kırık çatlak ve ayrışma yüzeylerinin azaldığı ve mermer dayanımlarının arttığı görülmektedir (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)	32
Şekil 2. 14. Mermerlerde kullanılan reçinelerin sınıflandırılması (Acar 2000’den değiştirilerek alınmıştır).....	34
Şekil 2. 15. Onur mermer firmasının 2018 yılında kurduğu teknolojik testler kısmının epoksi reçinesinin uygulama bölümü.....	35
Şekil 2. 16. Mermer levhasına uygulanan epoksinin ham etki mesafesi; a) Epoksi reçinesinin uygulandığı levhanın üst kısmın görünümü; b) Epoksi reçinesinin mermer levhasının iç kısmında etki ettiği mesafe uzunluğunun görünümü; c) Epoksi reçinesinin mermer levhasına olan etki mesafesinin şematik çizimin görünümü.....	36
Şekil 2. 17. Polyester reçinesinin mermer bloğuna uygulanışı ve kesim sonucu ortaya çıkan mermer levhalarının görünümü	38
Şekil 3. 1. Limra mermer ocaklarında örnek alımı ve örneklerin analizlere hazırlanma aşamaları.....	42
Şekil 3. 2. Limra mermer ocağından alınan örneklerin mikropaleontolojik tanımlamaları için mikroskop çalışması.....	43
Şekil 3. 3. Mermer örneklerin petrografik analizler için hazırlanması	44
Şekil 3. 4. XRF analizi için örnek alımı ve Limra mermer ocağı arazi çalışması (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)	45
Şekil 3. 5. Ön teknolojik analiz için örnek alımı	46
Şekil 3. 6. Böhme yüzeysel aşındırma cihazın şematik çizimin görünümü	49
Şekil 3. 7. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan kübik bloğun şematik çizimi.....	50
Şekil 3. 8. Yoğun yük altında eğilme dayanım düzeneğinin şematik çizimi.....	52
Şekil 3. 9. Finike-Turunçova Alacadağ (Hacıveliler) mevkindeki Onur Limra mermer blokların görünümü; a) Mermer blokların kesilmemiş doğal hali; b) Mermer blokların kesilmiş hali	54

Şekil 3. 10. Mermer levhasına epoksi uygulamadan önce fırınlarda kurutması ve sonra mermer levhasının arka yüzeyine epoksi reçinesi ile fileleme işlemi uygulaması	55
Şekil 3. 11. Mermer levhasının yüzeyine epoksi reçinesinin sürülmesi ve mermer levhasının kürlenmesi (pişirme) için tekrar fırınlara gönderilerek bekletilmesindeki fabrika görünümü; a) Mermer levhasının yüzeyine sürülen epoksi reçinesi; b) Mermer levhasının yüzeyine sürülen epoksi reçinelerin pişirme fırını.....	56
Şekil 3. 12. Epoksi işlemi biten mermer levhaları kuruduktan sonra istenilen boyutlarda ve alınan siparişe göre kesilmek üzere stok alanına götürülme bölümü.....	57
Şekil 3. 13. Mermer bloğuna püskürterek uygulanan polyester reçinesi uygulaması (Yücel kompozit firması 2019)	58
Şekil 3. 14. Mermer bloğun dış yüzeyine uygulanan polyester reçinesinin kuruması ve kesilme sonucu ortaya çıkan mermer levhaları	58
Şekil 3. 15. Mermer bloğun kesiminde oluşan kırılma ve çatlamların sonucunda ortaya çıkan levha kayıpların görünümü; a) Mermer bloğuna polyester reçinesi uygulanmamış hali; b) Mermer bloğuna polyester reçinesi uygulanmış hali	59
Şekil 4. 1. Onur Limra mermer ocağının açık işletme basamaklarında alınan örneklerin mikropaleontolojik tanımlama analizlerin yeri ve ince kesit görüntüleri (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir) (Om-1,-2,-3,-4,-5,-6,-7: Alınan örnek numarasını göstermektedir).....	60
Şekil 4. 2. Onur Limra mermer sahasında alınan stratigrafik kolon kesiti (A: Karakteristik bir fosil görülmediği için yaş verilememiştir; B: Fazla ayrışma olduğu için örnek analizi yapılmamıştır) (Om-1,-2,-3,-4,-5,-6,-7: Alınan örnek numarasını göstermektedir)	61
Şekil 4. 3. Onur Limra mermer ocağında (10. basamak kademesinde) gözlenen yapıların görünümü (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)	62
Şekil 4. 4. Onur Limra mermer ocağında (9. basamak kademesinde) gözlenen intraformasyonel düzey ve rudist kavkı izlerinin görünümü; a) İntraformasyonel düzey; b) Rudist kavkı izleri	62
Şekil 4. 5. Onur Limra mermer ocağında (8. basamak kademesinde) gözlenen rudist kavkı izlerinin görünümü	63
Şekil 4. 6. Onur mermer ocağında (7. basamak kademesinde) gözlenen rudist kavkı izleri.....	63
Şekil 4. 7. Onur Limra mermer ocağında (6. basamak kademesinde) gözlenen rudist kesit ve kavkı izlerinin görünümü (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)	64
Şekil 4. 8. Onur Limra mermer ocağında (5. basamak kademesinde) gözlenen rudist kesit ve kavkı izlerinin görünümü.....	64

Şekil 4. 9. Onur mermer ocağında (4. basamak kademesinde) gözlenen intraformasyonel düzey ve rudist kavkı izleri (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir).....	65
Şekil 4. 10. Onur Limra mermer ocağında (basamak 1, 2, 3 kademelerinde) gözlenen rudist kesit ve kavkı izleri (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)	65
Şekil 4. 11. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; a) Çift nikol; b) Tek nikol.....	66
Şekil 4. 12. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; a) Çift nikol; b) Tek nikol.....	67
Şekil 4. 13. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; a) Çift nikol; b) Tek nikol)	68
Şekil 4. 14. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; a) Çift nikol; b) Tek nikol.....	69
Şekil 4. 15. Biyosparit (Fosilli) kireçtaşın incekesit görünümü; a) Çift nikol; b) Tek nikol	70
Şekil 4. 16. Biyosparit (Fosilli) kireçtaşının incekesit görünümü; a) Çift nikol; b) Tek nikol	71
Şekil 4. 17. Biyosparit (Biyointrapelmikrit) kireçtaşının incekesit görünümü; a) Çift nikol; b) Tek nikol	72
Şekil 4. 18. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “XRF tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması	74
Şekil 4. 19. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Kaynar suda su emme tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması	77
Şekil 4. 20. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Aşınma direnci tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	79
Şekil 4. 21. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Don sonu basınç dayanım tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması	82
Şekil 4. 22. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Tek eksenli basınç dayanım tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması	84
Şekil 4. 23. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Atmosfer basıncı altında su emme tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	86
Şekil 4. 24. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Yoğun yük altında eğilme dayanım tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması	88
Şekil 4. 25. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Onur Limra mermerin Alacadağ (Hacıveliler) mevkiindeki sahada ölçülen “doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü” değerleri.....	30
Çizelge 4. 1. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “XRF tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	73
Çizelge 4. 2. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	74
Çizelge 4. 3. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Ön teknolojik inceleme tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	75
Çizelge 4. 4. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Sertlik (mohs) tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	75
Çizelge 4. 5. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Darbe dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	76
Çizelge 4. 6. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Kaynar suda su emme tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	76
Çizelge 4. 7. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	77
Çizelge 4. 8. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Aşınma direnci tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	78
Çizelge 4. 9. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesinde akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	78
Çizelge 4. 10. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Don öncesi basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	79
Çizelge 4. 11. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Don sonrası basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	80
Çizelge 4. 12. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Don sonu basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	81
Çizelge 4. 13. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesinde akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	81
Çizelge 4. 14. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Tek eksenli basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler.....	83
Çizelge 4. 15. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	83

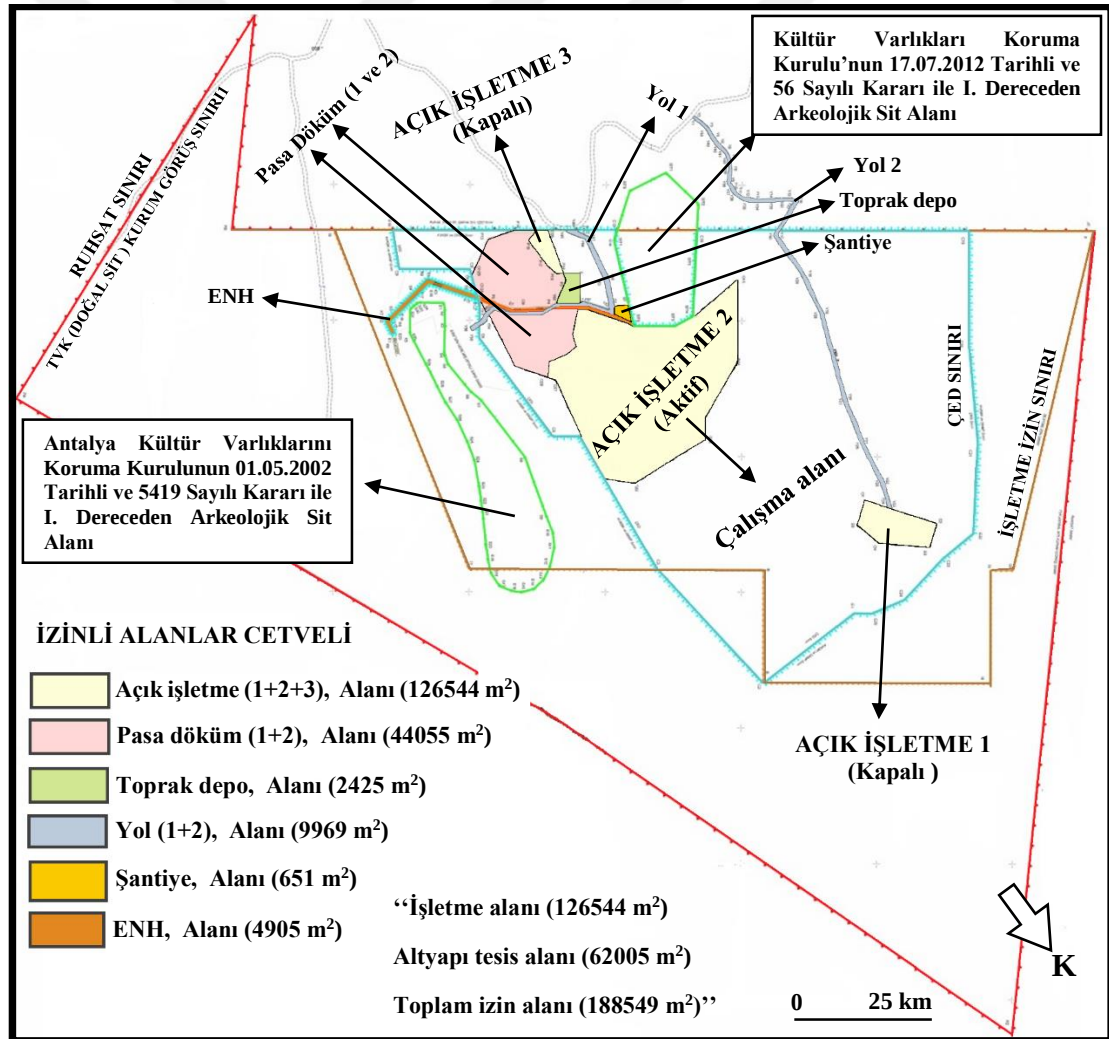
Çizelge 4. 16. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Atmosfer basıncı altında su emme tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler	85
Çizelge 4. 17. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	85
Çizelge 4. 18. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Yoğun yük altında eğilme dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler	86
Çizelge 4. 19. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	87
Çizelge 4. 20. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Kayaçalarda, yoğunluk ve görünür porozite tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler	88
Çizelge 4. 21. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları	89
Çizelge 4. 22. Doğaltaş levhalarına uygulanan epoksi ve polyester reçine yöntemlerindeki verilerin karşılaştırmaları (Yücel kompozit firması 2019)	90

1. GİRİŞ

Limra mermer üretiminin yapıldığı bölge neritik ortamda oluşmuş olup, birim orta kalın tabakalı, aşınma yüzeyi gri, açık gri, kırılma yüzeyi bej, krem renklidir. Bölge Üst Kretase yaşlı Limra mermer seviyeleri ve Batı Toroslar Jura-Üst Miyosen yaşlı platform kireçtaşları istifinde yer almaktadır. Bu bölüm içerisinde araştırma kapsamında incelenecek olan konularla ilgili ön bilgilere, araştırmanın konusu ve amacı, çalışma alanının konumu ile ilgili bilgiler üzerinde durulacaktır.

1.1. Araştırmanın Konusu ve Amacı

Bu tez çalışması, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanmıştır. Çalışmanın konusu “Antalya İli Finike-Turunçova Bölgesindeki Limra Mermerinin Jeolojik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Blok Verimini Arttırıcı Yöntemlerin Araştırılması” olarak belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında; Limra mermerlerin jeolojik özellikleri, mineralojik-petrografik ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. 1. Onur Limra mermer sahasında işletilen ocağın ruhsat vaziyet planının krokisi

Birinci aşamada, saha çalışmaları kapsamında, Limra mermer sahalarının yayılımlarının belirlenmesi amacıyla 1/25000 ölçekli jeolojik harita üzerinde çalışılmış ve inceleme alanı içerisinde bulunan bütün birimleri karakterize eden Limra mermer örnekleri sistematik olarak alınmış, gerekli görülen yerlerde fotoğraf çekimleri yapılmış ve çalışma alanının içerisinde bulunan Onur Limra mermerin ocağının havadan görüntüsü alınarak işletilebilir rezervine bakılması için Limra mermer sahasının kroki çıkarılmıştır.



Şekil 1. 2. Antalya Finike-Turunçova'daki Onur (Limra) mermerin açık işletme sahasının havadan drone ile çekilen görüntüsü; **a)** Mermer ocağın pasa döküm alanı; **b)** Mermer ocağın açık işletme alanı

İkinci aşamada ise arazide alınan Limra mermer örneklerinin mineralojik-petrografik ve fiziko-mekanik özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla laboratuvar çalışmaları yürütülmüştür. Laboratuvar çalışmalarında, araziden alınan Limra mermer örneklerin mineralojik-petrografik incelemesi, mikropaleontolojik tanımlamaları polarizan mikroskopta incelenmesi yapılmış ve Limra mermerlerin fiziko-mekanik özellikleri için ise TS 699, TSE EN 699, TSE EN 12407, TSE EN 15309, TSE EN 6809, TSE EN 6810, TSE EN 1415, TSE EN 1926, TSE EN 12372'i gibi 2018 yılında geçerli olduğu standart normlarına bağlı kalarak Limra mermer örnekleri üzerinde deneyler yapılmış ve bulunan sonuçlar yorumlayarak değerlendirilmeleri yapılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Yeri

Antalya iline 120 km uzaklıkta bulunan Finike-Turunçova bölgesinde Alacadağ'ın (Hacıveliler) köyünde 1/100000 ölçekli Antalya (M10-M11) pafta sınırları içerisinde yer almaktadır. Türkiye'nin güneybatısında yer alan Finike ovası, Antalya ve Fethiye körfezlerinin arasında yer alan teke yarımadasının güneydoğu tarafındadır.

Batı kısmı Turunçova, doğu tarafında ise Kumluca ovası olarak da adlandırılan Finike ovası ortalama olarak 120 km² bir alana sahiptir. Tektonik bakımdan aktif bir bölge içerisinde yer alan Finike ovasının çevresi yüksek kütleler tarafından sarılmıştır.



Şekil 1. 3. Antalya Finike-Turunçova'daki çalışma alanının konumunu gösteren yerbulduru haritasının görünümü (Alttaki harita Öner 1997'den alınarak düzenlenmiştir)

Çalışma alanı olan Onur mermer sahasında yer alan kireçtaşı, alanda ve yakın çevresinde yayılım göstermektedir. Onur mermer sahasında Limra mermer üretimin yapıldığı bölge neritik ortamda oluşmuş olup birim orta kalın tabakalı, aşınma yüzeyi gri, açık gri, kırılma yüzeyi bej, krem renklidir. Bölge Üst Kretase yaşlı Limra mermer seviyeleri, Batı Toroslar Jura-Üst Miyosen yaşlı platform kireçtaşları istifinde yer almakta ve kalınlığı 60 m. civarında olup homojen beyaz, bej renkli ve bazen de fosil kırıntıları içeren birimlerden oluşmaktadır (Öner 1997; Göncüoğlu 2009; Kun 2015; Öner ve Vardar 2018).

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Limra Mermerlerine Yönelik Literatür Çalışmaları

Öner (1997) “Finike Ovasının Alyuvar Jeomorfolojisi ve Antik Limra Kenti” adlı çalışmasında ilgili bölgede yapılan sondaj incelemeler ve gözlemlerden yola çıkarak, bölgenin doğu ve batısının akarsuların getirmiş olduğu alüvyonların iki büyük yelpaze oluşturduğunu saptamıştır. Toçakdağının güneyinde ve yelpazelerinde arasındaki kısımda, tam sınırları belirlenmese de, bir sıg su ortamının göl olduğunu, dağın eteklerinde yer alan karstik minerallerin katkısıyla bu gölün sularının tatlı olduğunu öne sürmektedir. Antik kent olan Limra’nın bu göl ve çevresi üzerine kurulduğunu öne sürmektedir.

Önenç (1998) Mikritik kireçtaşlarının mermer olabilme özelliklerini tane, renk, çimento, desen, diyajenez vb. parametreleri değerlendirmiştir. İnce yapılı tanelerin, pekişmiş sert derecelenmiş veya derecelenmemiş mikritik kireçtaşlarının iyi cila alabilme özelliğine, kenar köşe kesilmesi, plaka verme duruma sahip olduğunu vurgulamıştır. Ara katkısı çimentolu kil olan mikritik kireçtaşlarının yumuşak olduğunu ve kolay aşındığını, çimento ve oluşum ortamlarının renk ve desende etkili olduğunu belirtmektedir.

Özgüner (2002) Antalya Finike alacadağ yöresindeki Limra sahalarında yaptığı çalışmalarda Limra mermerleri masif, homojen beyaz renkli, kalın tabakalı ve ince kristalli olarak tanımlamıştır. Ayrıca Alacadağ antiklinalinin etrafında bazen de faylanmış bir sırt olarak devam eden ve Üst Kretase yaşlı birim içerisinde bulunan Limra mermerlerinin Jura yaşlı kireçtaşları ile birlikte Batı Toros karbonat platformunu oluşturduğunu belirtmiştir. Limra mermerlerinin suya doymun hale gelmesi durumunda mekanik dayanımlarda önemli azalmaların olduğunu ve doymun örneklerde ölçülen dayanım değerlerine göre Limra mermerlerinin orta yoğunlukta olduğunu ortaya koymuştur.

Özgüner (2002) Antalya Demre yöresindeki Limra mermer sahasında yaptığı çalışmada ise (13 milyon m³) potansiyel rezerve sahip olan Limra mermerlerinin üst seviyesinin graben yapılarının içinde yer aldığını, Limra mermerlerinde silis içeriğinin üst seviyelere doğru arttığı ve genelde silis içeriği olmayan Limra kireçtaşından, silisli kireçtaşına ve daha üst seviyelerde ise homojen silisli Limra mermerlerine geçiş yaptığını vurgulanmıştır. Limra mermer seviyesinin hemen üstünde, bol rudistli bej krem renkli kireçtaşı seviyesinin bulunduğunu belirtmiştir. Bu klavuz seviye hem Demre Belören bölgesindeki Limra mermerlerinin hem de Alacadağ köyündeki Limra mermerlerin üzerinde gözlenmektedir. Bu durumun iki farklı lokasyonda görülen mermer mostralarının stratigrafik olarak aynı seviyede olduğunu göstergesi olduğu vurgulanmış ve bu seviyelerin, Alacadağ antiklinali içerisinde halka şeklinde mostra vermekte olduğu belirtilmiştir.

Özgüner (2003) Hoyran ve Akseki yöresinde Limra mermeri özelliklerine sahip mermer rezervlerinin bulunabilmesi üzerine yaptığı çalışmada Limra mermerlerinin Güney Teke Yarımadasında Üst Kretase yaşlı karbonat istifi içinde bir seviye olarak tanımlamış ve altında bulunan Jura yaşlı kireçtaşlarıyla beraber olarak Batı Toroslar otokton platformun içinde karbonatların oluşturduğunu belirtmiştir.

Homojen, bej krem ve beyazımsı renkteki Limra mermerlerini Finike Alacadağ antiklinal yapısında Üst Kretase platform karbonatları içinde karstik fosilli, bol algli kalker kırıntılı bir seviye olarak tanımlamış ve bu bölgedeki Limra mermerlerinin, Hoyran Akseki yöresi ile aynı süreç ve koşullar altında çökeldiğini ve rudist fosilli seviyenin bulunduğunu saptamıştır. Buna bağlı olarak bu bölgede Limra mermerlerine ait seviyelerin gözlenebileceğini öne sürmüştür.

Karaca (2003) “Mermer Blok Kalite Kontrolü” adlı çalışmasında mermercilik kalite kontrolün genel olarak fabrika aşamasında yapıldığını ve verimlilikle birlikte ele alındığını, ocaktan başlayarak sonrasında hem fabrika hem de atölye süreçleri ile devam eden ve uygulama yeri olan fabrika veya atölyede biten aşamalar olduğunu öne sürmektedir. Mermercilikte kalite kontrol aşamalarının son durağının ürün mimari bakımdan tasarlanması ve uygulanması olduğunu belirtmektedir.

Özgüner (2004) Demre Alacadağ bölgesi mermer (Limra) düzeylerinin üstünde yer alan açık bej ve yarı açık bej renkli mermerler üzerinde yaptığı çalışmalarda, Limra mermerlerini Batı Toros platformu içinde kalın bir seviye olarak tanımlamıştır. Üst Kretase yaşlı Limra kireçtaşı seviyesinin (KB) Belören yöresinde bol fosilli, resifal kireçtaşı seviyesinden güneye doğru açılması istenen ocaklar yöresinde az killi bej (Limra) mermerlere yanall fasiyes değişimi yaptığını belirtmiştir. Denizel platformunda çökelen bu mermerlerin homojen kireçtaşı içeriğinin yanı sıra kil ve silisli kalsit içermesi sonucu bej renkte gözlendiğini ve Limra mermerlerine göre daha derin bir denizel çökel ortamında tortullaşması sonucu mikritik doku özelliğine sahip olduğunu vurgulamıştır.

Özkahraman (2004) Alacadağ yöresindeki Limra mermerleri üzerinde yapılan ısı yalıtım deneylerinde bu mermerin diğer bilinen mermerlerden üç kat daha ısı yalıtımı sağladığı saptanmış ve ısı geçirgenlik katsayısı (λ), Afyon bej ve Salome bej mermerlerine göre üç kat daha düşük olarak tanımlanmıştır.

Yavuz (2005) “Muğla Yöresi Mermer Ocaklarında Üretilen Mermer Blok Boyutlarının Değerlendirilmesi” adlı çalışmasında, ilgili bölge olan Muğla yöresi mermer ocaklarından elde edilen mermerlerin yapı, doku, renk ve desen bakımından dört farklı stratigrafik mermer seviyesine sahip olduğunu belirtmektedir. Muğla’da birbirinden ayrı üç stratigrafik seviyede açılan mermer ocaklarında üretilen mermer bloklarında boyut açısından bazı incelemeler yapmıştır. Bu inceleme sonrasında ocaklarda üretilen mermer bloklarının hacimleri ($2.9-5 \text{ m}^3$) arasında farklılığa sahip olduğu, yöre açısından mermer blok hacimlerinin ($3.96-0.67 \text{ m}^3$) olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgilere ek olarak, ilgili yöredeki ocaklarda üretilen mermer bloklarının hacimlerinin yıllara göre gözle görülür bir değişimin olmadığını söz konusudur.

Erol (2008) “Finike Yöresi (Batı Toroslar) Limra Mermerlerinin Jeolojisi ve Ekonomik Potansiyeli” adlı yapmış olduğu bu çalışmada, Finike-Turunçova bölgesindeki Limra mermer düzeylerinin stratigrafik konumunu ortaya koymayı amaçlamıştır. Ayrıca fasiyes değişimlerinin tespiti, açık ve yeraltı işletmesi ile ilgili gerek jeolojik, gerekse de üretimle ilgili özelliklerini incelemiştir. Elde ettiği veriler doğrultusunda Limra mermerlerinin alt, orta ve üst bölüm şeklinde üç ayrı kısma ayrıldığını belirtirken, bölgenin rudist fosilli düzeylerinin karstik boşluklarının ve intraformasyonel düzeylerindeki yoğunluktan ötürü, bölgenin yeraltı işletmesi bakımından uygun olmadığını tespit etmiştir.

Limra mermerleri üzerinde yaptığı çalışmalarda derledikleri rudist fosilleri *Radiolites* sp., *Sauvagesia* sp., *Praeradiolites* sp., *Durania* sp., şeklinde tanımlayarak rudist faunasına göre birimin yaşını Santoniyen-Kampaniyen olarak tespit etmiş ve Limra mermerlerinin yaşını da Santoniyen-Kampaniyen olarak kabul edilmiştir. Beydağları otoktonunda daha önce yapılan çalışmaları göz önünde bulundurarak bu bölgede potansiyel Limra mermer rezerv alanlarının olabileceğini belirtmiştir.

Arık (2011) “Finike (Antalya) Beydağları Formasyonunun Mermer Olarak Kullanılabilirliği ve Ekonomik Önemi” adlı çalışmasında ortalama olarak Finike’de (350 km) alanda 1/25000 ölçeğe sahip haritada araştırmayı gerçekleştirmiştir. İlgili alanın Beydağları formasyonu olan Üst Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluştuğunu, bu formasyonun üzerinde Eosen yaşlı Susuzdağ formasyonunun uyumsuz olduğunu, Üst Kretase yaşlı Limra mermer seviyesinin Batı Toroslar Jura-Üst Miyosen yaşlı kireçtaşları istifinde yer aldığını saptamıştır.

Arık (2011) “Finike (Antalya) Beydağları Formasyonunun Mermer Olarak Kullanılabilirliği ve Ekonomik Önemi” adlı çalışmasında incelenen birimin tabaka bakımından orta ve kalın olduğu, yüzey kısmının açık renkli, krem rengi, açık gri, gri renkli kireçtaşlarından oluştuğunu tespit etmiştir. Alandan elde edilen numunelerle ilgili ince kesitlerin mikroskopta incelenmesiyle, kayacın tamamının mikrosparit kalsitlerden ve bazı kısımlarda gözeneklerin olduğu tespit edilmiş ve çok gözenekli yapıya sahip olan bu mermerlerin istenmeyen bir özelliğe sahip olduğunu, su almaya uygun olan Limra mermerlerinin zamanla suyla olan temastan ötürü değişikliğe uğrayacağını öne sürmektedir.

2.2. İnceleme Alanının Stratigrafisi

Bu bölümde verilmiş olan formasyon adlandırmaları Şenel (1997) çalışmasından alınmıştır.

İlgili bölgede yapılan çalışmalarda platform türündeki çökellerin olduğu Beydağları otoktonu ile kabuk kökene sahip platform, havza, yamaç ve denizel kayalar da kapsayan Antalya napları bulunmaktadır. Farklı çevre ortamlarında ve şartlarında gelişmiş yapısal birimlerden oluşan Antalya napları, farklı naplarla temsil edilmektedir. Bunlar Alakırçay, Tahtalıdağ ve Tekirova ofiyolit napı şeklinde sıralanmaktadır (Günay vd. 1982; Şenel vd. 1989; Şenel 1997).

Beydağları otoktonu ve Antalya naplarının olduğu bölgelerde küçük tektonik dilimler halinde adlandırılmamış Lütisiyen yaşlı kireçtaşları yer almaktadır. Yine Beydağları otoktonunda yer alan Jura-Üst Kretase yaşlı platform türündeki kireçtaşlarından oluşan Beydağları formasyonunun üzerinde Üst Kretase yaşlı kayalar yer almaktadır (Şenel 1997).

Beydağları formasyonunun yüzeylendiği kısımda Üst Lütisiyen-Priaboniyen yaşlı nummulitli kireçtaşlarının uyumsuz bir biçimde oluşturduğu Susuzdağ formasyonu yer almaktadır. Burdigaliyen yaşlı algi ve killi kireçtaşlarının dışında kilitlerinin oluşturduğu Sinekçi formasyonu vardır. Birimin yüzeyinde Üst Burdigaliyen-Langiye yaşlı kırıntılı kayalar tarafından oluşan Kasaba formasyonu yer almaktadır (Şenel vd. 1989; Şenel 1997).

2.2.1. Beydağları formasyonu (Kb)

Beydağları formasyonu (Kb), Liyas-Üst Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimin adı Günay vd. (1982) tarafından verilmiştir. Birim, orta kalın tabakaya sahip açık renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şenel 1997).

Bu formasyondaki kireçtaşların rengine bakıldığında, aşınma yüzeyi gri renge, kırılma yüzeyi krem, bej krem, açık kahverengi, gri renklerde değişmektedir. Bazı kısımlar rudist yama resifleri içeren kayaların oluşturduğu kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Diğer kısımlar dolomittik ve dolomit kireçtaşlarından dolayı sert ve sık çatlaklı ve bu çatlaklar kalsit dolguya sahiptir. Çatlakların boyut olarak büyük olduğu yerler ise aragonit oluşumundandır. Bu birim, mikro fauna açısından oldukça çeşitli ve zengin olduğunu söylemek mümkündür (Şenel vd. 1992; Şenel 1997).

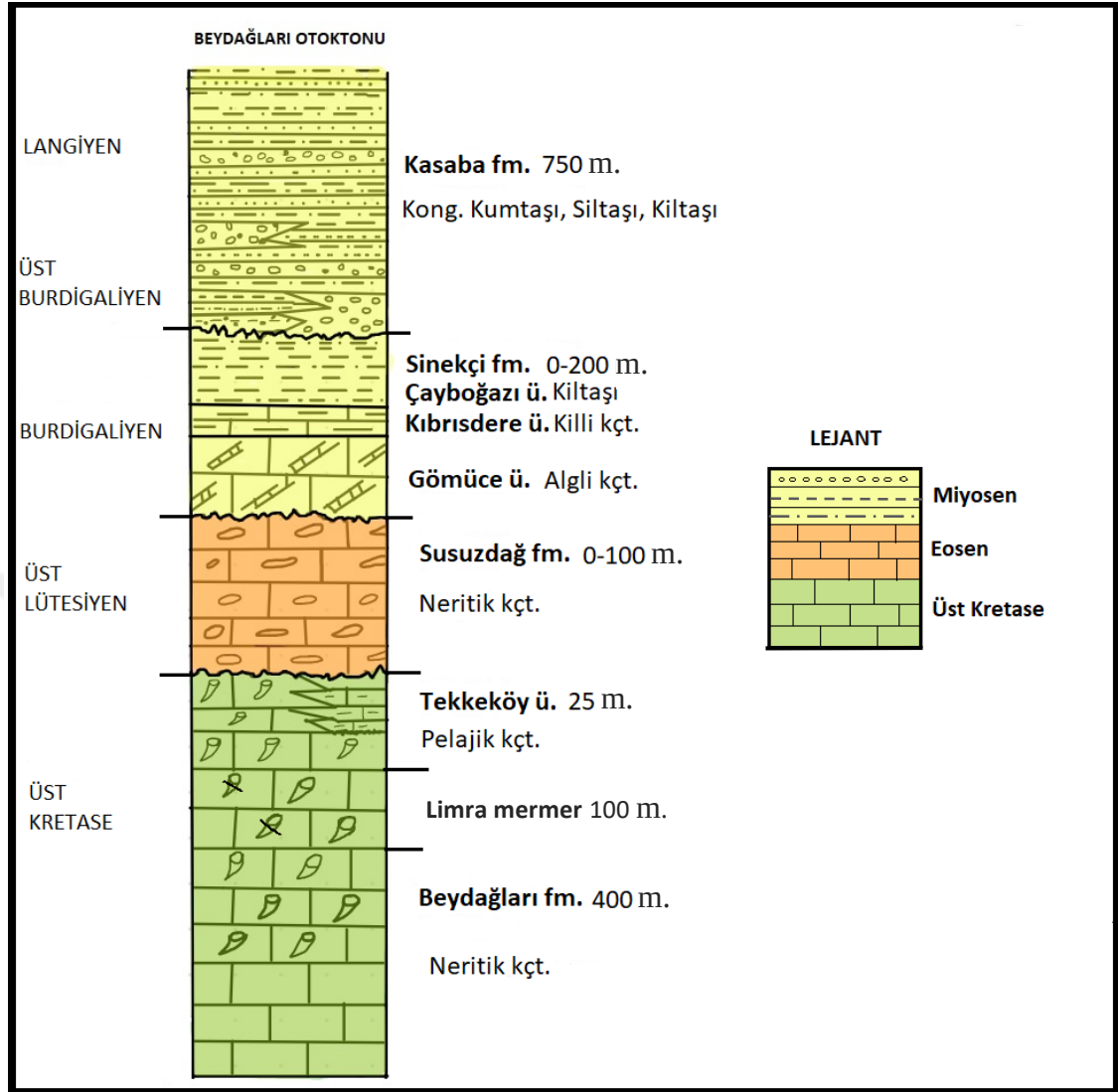
Beydağları formasyonundaki bazı düzeyler bol miliolidli ve bazı kısımlarda gastropod, alg, mercan, lamelli gibi büyük fosil izleri bulunmaktadır. Çalışma alanının doğusunda Beydağları formasyonunun üst kesiminde Üst Senomaniyen yaşlı globotruncanalı mikritik kireçtaşları bulunur. Şenel vd. (1989) tarafında Tekkeköy üyesi olarak adlanan bu globotruncanalı mikritik kireçtaşları, Alakır barajı güneyinde küçük bir mostrası ile yüzeilenmektedir (Şenel 1997).



Şekil 2. 1. Beydağları formasyonunda bulunan Limra mermer örneklerinin makroskobik görüntüleri; **a)** Limra mermerin kesim işlemi görmemiş doğal hali; **b)** Limra mermerin kesim işlemi görmüş hali

2.2.1.1. Tekkeköy üyesi (Kbt)

Beydağları formasyonunun üst tarafında Tekkeköy üyesi (Kbt) şeklinde adlandırılan Üst Senomaniyen yaşlı globotruncanalı mikritik kireçtaşları Beydağları formasyonundaki açık renkli kireçtaşlarının benzeri olarak, açık renkli globotruncanalı mikritik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Güney vd. 1982; Şenel vd. 1992). Tekkeköy üyesindeki globotruncanalı mikritik kireçtaşları bej krem, krem, açık gri ve açık sarı renklidir. Yanal yönde (Batıya doğru) neritik kireçtaşlarına geçiş gösteren Tekkeköy üyesi (Kbt), çalışma alanında ortalama 25 m. kalınlığa sahiptir (Şenel 1997). Tekkeköy üyesinin alt dokanağı tabaka bakımından uyumlu gibi görünse de, gerek oksidasyon yüzeyi, gerekse de stratigrafik boşluğun varlığından ötürü uyumsuz olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2. 2. Beydağları otoktonunun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şenel 1997'den değiştirilerek alınmıştır)

Tekkeköy üyesinde Taban ilişkisi gözükmeyen Beydağları formasyonu, Bucak-Karaaliler yolu üzerinde ve kuzeydoğu yönünde Orta-Üst Kretase yaşlı Kurubaş dolomiti ile geçişlidir. Burada Üst Lütesiyen-Priaboniyen yaşlı Susuzdağ formasyonu ile uyumsuz bir şekilde örtülmekte ve çalışma alanında 400 m. civarında bir kalınlıkla yüzeylenmektedir (Poisson 1977; Günay vd. 1982; Şenel 1997). *Thaumatoparella* sp., *Salpingoparella* sp., *Dicyclina pavonia* (D'ORBIGNY), *Pseudolituonella reicheli* (MARIE), *Orbitoides medius* (D'ARCHIAC), *Siderolites calcitrapoides* (LAMARCK), *Globotruncana* sp., vb. (Poisson 1977; Güney vd. 1982; Şenel vd. 1989) formlara ve *Inoceramus* sp., göre Beydağları formasyonunun çalışma alanındaki yüzeylemesi Üst Kretase yaşlıdır. Tekkeköy üyesi, *Globotruncana arna*, *Globotruncana elevita*, *Globotruncana Stuarti* (Poisson 1977; Şenel vd. 1981; Şenel 1997) gibi formlar Maastrichtiyen-Kampaniyen yaşlı ve sığ şelf karbonatlı ortamında çökelen birimin Maastrichtiyen-Kampaniyen sonlarına doğru ise havzanın doğu kısmında kısmende olsa derinleşme söz konusu olduğunu belirtmektedir.

2.2.2. Susuzdağ formasyonu (Tes)

Önalın (1979) tarafından adlandırılan Eosen yaşı Susuzdağ formasyonunda (Tes), yoğun olarak nummulitli kireçtaşları yer almaktadır. Susuzdağ formasyonu (Tes), Beydağları formasyonunda olduğu gibi orta kalın tabakaya sahip, aşınma yüzeyi gri renkli, kırılma yüzeyleri de aynı Beydağları formasyonunda olduğu gibi krem, bej krem, açık kahverengi ve gri renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birim bol nummulit içerir. Susuzdağ formasyonunda, yer yer dolomitik ve rekristalize kireçtaşı seviyeleri söz konusu, birimin sık çatlaklara ve yersel erime boşluklarına sahip olduğunu ifade etmektedir (Şenel vd. 1989; Şenel 1997).

Araştırma alanının doğu tarafında kalkarenit özelliğe sahip ve seyrek ofiyolit kırıntıları yer almaktadır. Beydağları formasyonu (Kb) üzerindeki alt dokanağı ile uyumsuzluk söz konusudur. Aynı şekilde Miyosen kayaçları tarafından da uyumsuz olarak üzerlenir. Bölgede en fazla 100 m. kalınlıkta görülmekte ve yanal yönde ise Küçükköy formasyonuna bir geçiş söz konusudur (Güney vd. 1982; Şenel vd. 1989; Şenel 1997).

Susuzdağ formasyonu (Tes) birimi, Üst Lütisiyen-Priaboniyen yaşı olmasına karşın gerek Miyosen öncesi, gerekse de Miyosen sonrası aşınmalardan dolayı Priaboniyen yaşı kayaçlar bölgede pek sık gözlenmemektedir. Sığ karbonatlı birimler Susuzdağ formasyonunun (Tes) şelf ortamında çökmesine neden olmuştur. Fakat birimin olduğu bu ortam, doğuya doğru derin şelf-resif önü ortamına dönüşmüştür (Şenel vd. 1981; Güney vd. 1982; Şenel 1997).

2.2.3. Sinekçi formasyonu (Tms)

Miyosen yaşı Sinekçi formasyonu (Tms), Susuzdağ formasyonu (Tes) gibi Önalın (1979) tarafından adlandırılmış bir birimdir. Sinekçi formasyonu Miyosen yaşı algli kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kilaşlarından oluşmaktadır. Gömüce (Killi kireçtaşları), Kıbrisdere (Kilaşları) ve Çayboğazı üyelerine ayrılmıştır. Sinekçi formasyonunda mostralalar oldukça kısıtlıdır. Kıbrisdere üyesi biriminde kalınlık bakımından bir hayli ince olduğundan haritalanamamıştır (Şenel vd. 1981, 1989; Şenel 1997).

2.2.3.1. Gömüce üyesi (Tmsg)

Önalın (1979) tarafında yapılan çalışmada Gömüce üyesi (Tmsg), Sinekçi formasyonunun tabanını oluşturmaktadır. Bu birim bol algli ve orta kalın tabakaya sahip açık renkli (Krem, gri, bej) kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu alandaki kalıntılar gastropod, lamelli, ekinid ve benzeri makro fosillerdir. Üst kısımdaki Çayboğazı üyesine geçişte ise ince killi kireçtaşları (Kıbrisdere üyesi) yer almaktadır.

2.2.3.2. Çayboğazı üyesi (Tmsç)

Sinekçi formasyonunda (Tms) bulunan Çayboğazı üyesi (Tmsç), orta ve kalın tabakaya sahip gri, açık gri ve yeşilimsi gri renge sahip kireçtaşı ve bazı kısımlarda killi ve kumlu kireçtaşları yer almaktadır. Sinekçi formasyonu, Üst Kretase ve Eosen yaşı kayaçların üzerinde uyumsuzdur. Çalışma alanındaki aşınmalardan ötürü bu birim kalınlık olarak ortalama 0-200 m. kalınlığındadır.

Üst dokanağı Kasaba formasyonu (Tms) ile bir uyumsuzdur. Burdigaliyen yaşlı Sinekçi formasyonu (Tms), transgressif özelliğe sahip ve önce sığ shelf ortamında, sonrasında ise gittikçe derinleşen bir şekilde yamaç-havza ortamında çökelmiştir (Şenel vd. 1981; Güney vd. 1982; Şenel 1997).

2.2.4. Kasaba formasyonu (Tmka)

Şenel vd. (1981) Tarafından adlandırılan Kasaba formasyonu (Tmka) Miyosen yaşlı silttaşı, kumtaşı, konglomera ve kilaşlarından oluşmaktadır. Başta Salır formasyonu olarak adlandırılan birim, ilerleyen dönemde birlikteliğin sağlanması için batı tarafından da tanımlanan Kasaba formasyonuna dahil edilmiştir (Şenel 1997).

Yukarıda da belirtilen formasyon silttaşı, kumtaşı, konglomera ve kilaşlarından oluşmakta ve konglomeralar kalın ve belirsiz tabakalara sahip, yuvarlak çakıllarla kaplı ve çoğunlukla tane desteklidir (Koşun vd. 2009). Polijenik bir karaktere sahip olan birim, genel olarak Antalya naplarındaki çakılları içermektedir. Silttaşı, kumtaşı, konglomera ve kilaşları farklı katmanlardaki (İnce-orta-kalın) tabakalarla gri, açık gri ve yeşilimsi gri renge sahiptir (Güney vd. 1982; Şenel vd. 1989; Şenel 1997).

Yersel bakımdan bitki kırıntıları ve kavkı yığılımlı ve Antalya naplarının alt kısmında yer yer bu naplara ait bloklar yer almaktadır. Batı tarafında ise otoktona ait kireçtaşı bloklar söz konusudur. Altındaki birimler ile açısal uyumsuzluğun olduğu birim, doğu tarafında Antalya napları tarafından tektonik olarak üzerlenir. Kalınlık ise en fazla 750 m. civarındadır. Gerek batı gerekse de kuzeybatıda sığ ortam şartlarında çökelmiş olan birim, çalışma alanında yoğun yelpaze girdileri olduğundan duraysız Shelf-yamaç ortamında çökme söz konusudur (Güney vd. 1982; Şenel vd. 1989; Şenel 1997; Koşun vd. 2009).

2.3. Limra Mermerinin Bölgesel Jeolojisi

Türkiye'nin Güneybatı kesiminde yer alan Finike, Antalya ve Fethiye körfezlerinin arasında yer alan Teke yarımadasının Güneydoğu kısmındadır. Turunçova'da bu alanın batı tarafında yer almaktadır. Araştırma alanı genel olarak hem dik yapılı, hem de yüksek kıyılar bulunmaktadır. Batı ve Kuzeybatı kesimindeki kütleler, Mesozoyik yaşlı karbonatlı, Doğu ve Kuzeydoğu kesimi ise ofiyolitik seriye ait kayalardan oluşmaktadır. Tektonik bakımdan Finike aktif bir bölge içerisinde yer aldığından dolayı çevresi yüksek dağlarla kuşatılmıştır (Özgül 1976; Poisson 1977; Şenel vd. 1981; Metin vd. 1986; Öner 1996; Kun 2015; Öner ve Vardar 2018).



Şekil 2. 3. Finike ovası ve çevresinin jeoloji haritası (Öner 1997'den değiştirilerek alınmıştır)

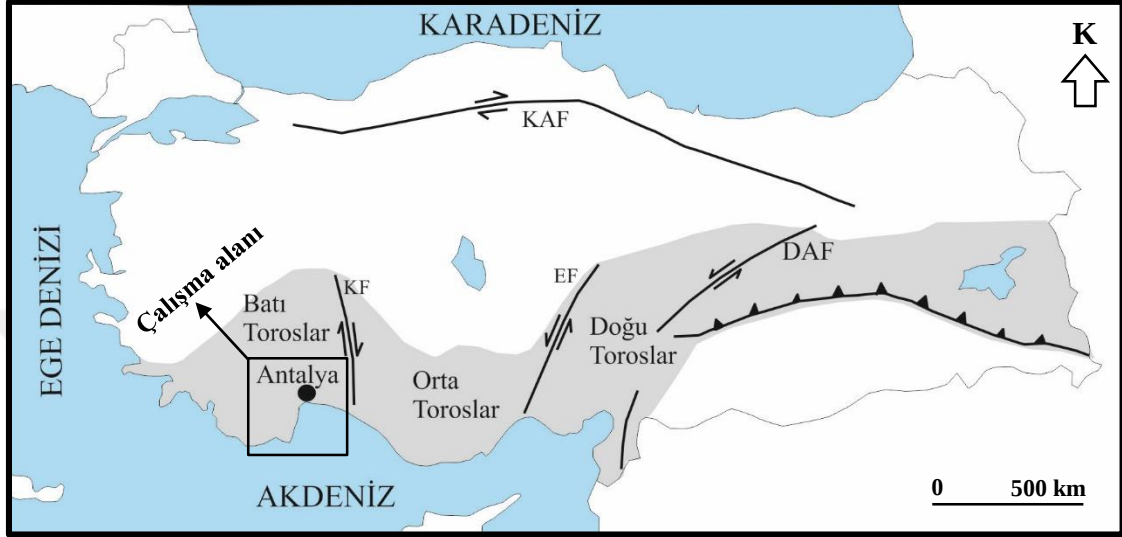
Finike'nin batı tarafında ortalama olarak 1800 m. yüksekliğindeki Gülmezdağı, kuzey tarafında ortalama olarak 1200 m. yüksekliğe sahip Toçakdağı ve ilçe'nin doğusunda kuzey ve güney uzanımlı ve ortalama 1300 m. yüksekliğe sahip Görecedağı ile ortalama 2300 m. yüksekliğe sahip Tahtalıdağı yer almaktadır. Limra mermerlerine ait yapılan çalışmalar ise aşağıda başlıklar halinde verilmiştir (Colin 1962; Özgül 1976; Şenel vd. 1981; Öner 1996; Poisson vd. 2003; Göncüoğlu 2011; Kun 2015).

2.3.1. Toros kuşağı mermer yatakları

Toros kuşağındaki mermerler, bu kuşağın karmaşık özelliğe sahip jeolojik yapısı ve bulunduğu alanın büyük olmasından dolayı üç ayrı bölge (Şekil 2.4) üzerinden incelemeye alınmıştır.

Bu bölgeler;

-  **Doğu Toros mermer yatakları,**
-  **Orta Toros mermer yatakları,**
-  **Batı Toroslar (Teke Torosları) mermer yatakları.**



Şekil 2. 4. Toros kuşağının coğrafik alt bölümlerin görünümü (Özgül 1984'den değiştirilerek alınmıştır) (KF: Kırkkavak Fayı; EF: Ecemiş Fayı; KAF: Kuzey Anadolu Fayı; DAF: Doğu Anadolu Fayı)

Toroslardaki bir takım tektonik hatlar sınır olarak nitelendirilmiş ve bunlar üç farklı bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Bu üç bölge ve sınırları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Colin 1962; Poisson 1977; Şenel vd. 1981; Özgül 1983; Metin vd. 1986; Kun 2015; Öner ve Vardar 2018).

Bunlar;

- **Doğu Toroslar:** Doğu Toroslar, Ecemiş fayıyla başlayan ve ülkemizin doğusuna kadar uzanan geniş bir hatta sahiptir. Aladağların doğu kesimini ve Munzur dağları Doğu Torosların kapsamındadır. Doğu Torosların kuzey sınırı Kayseri-Erzincan hattına kadar uzanmaktadır.
- **Orta Toroslar:** Orta Toroslar, Kırkkavak ve Ecemiş faylarının arasındaki bölgedir. Antalya napları, Anamas, Sultandağı, Geyikdağı, Bolkarlar, Aladağlar ve Alanya masifi, Orta Toroslar içerisinde yer almaktadır. Orta Torosların güney tarafındaki sınırı Akdeniz'e kuzey tarafındaki sınır hattı ise Konya düzlüklerine kadar uzanmaktadır.
- **Batı Torosları:** Likya naplarını (Bozkır birliği), Beydağları otoktonunu ve Antalya naplarını kapsamaktadır. Batı Toroslar güneyde Akdeniz, kuzeyde ise Afyon iline kadar uzanmaktadır.

Yukarıdaki bilgilerden sonra, izleyen başlıklarda Toroslardaki mermer yatakları; Doğu Toroslar, Orta Toroslar ve Batı Toroslar olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir.

2.3.1.1. Doğu Toroslar mermer yatakları

Ecemiş fayı ile başlayan ve ülkemizin doğusuna kadar uzanan, Aladağların doğu kesimini ve Kayseri-Erzincan hattını da içine alan bölge Doğu Toroslar Özgül (1976) olarak adlandırılmıştır. Batı kesimine ait jeolojik çalışmalarda, Doğu Torosların batı tarafında üç kayaç grubu tanımlanmıştır. Bunlar tortul, metamorfik ve manto kökenli kayaç gruplarıdır. Kayaç grupları hem yapısal konum açısından hem de özellik açısından temel olarak dört ana topluluğu oluşturmaktadırlar (Erdoğan 2001; Kun 2015).

Bu topluluklar ise;

- I. Göksu fayının doğu tarafındaki Göksun metamorfikleri,
- II. Göksu fayının güneydoğu tarafındaki Andırın karmaşığı,
- III. Göksu fayının batısında Toros otoktonu istifi,
- IV. Toros otoktonunun batı ve kuzeybatısını çevreleyen allokton ofiyolitli Kireçliyayla karmaşığıdır.

Metin vd. (1986) Toros otokton istifi ve Göksun metamorfikleri üst üste ve düzenli bir yapıya sahip olduğunu belirtmektedir. Kireçliyayla karmaşığı ve Andırın karmaşığında ise düzenli bir istif söz konusu değildir. Her iki karmaşık birbirlerinden bağımsız konumdadır. Ayrıca büyük boyutlara sahip, farklı yaşlara ve özelliğe sahip mesozoyik kireçtaşları ile serpantinleşmiş bazik ve ultrabazik kayaç kütlelerinin etkisiyle meydana gelmiştir.

Özgül (1976) Toros otoktonu, Kambriyenden Kuvaternere kadar, genellikle kalın, düzenli ve fosilli olarak tüm birimleri içeren bir stratigrafik istif sunmaktadır. Otokton istif olan birim, kırıntılı çoğunlukla karbonatlı platform çökellerinden meydana gelmiş olup tabaka yapıları düzgün ve belirgindir. Doğuda Göksun metamorfikleri, batıda Kireçliyayla ofiyolitli karmaşığı ile sınırlanan bu otokton birimler, KD-GB yönünde, Kozan'dan itibaren Sarız'a doğru bir uzanım göstermektedir. Belirtilen sahada, Alt Paleozoyikten Senozoyiğin sonuna kadar tüm devirler, muhtelif tortul kayaç birimleri ile temsil edilir ve düzenli bir stratigrafik istif özelliği gösterirler.

Varol vd. (1986) bölge ile ilgili yaptıkları çalışmada, Geyikdağı otoktonunun doğuya doğru olan uzantısının günümüze kadar sadece Alt-Triyas istifinde, resifal ve dolomittik özelliğe sahip bir Orta-Üst Triyasın varlığını (Sarız-Tufanbeyli yöresi, Kayseri) ortaya çıkardığını öne sürmektedirler.

Doğu Toroslardaki mermer yatakları, incelenen diğer bölgelerle kıyaslandığında, daha az olduğu tespit edilmiştir (Oğlakçı vd. 2009). Sektörün ilgili bölgelerdeki, kayaçları henüz daha yeni keşfetmeye başladığını söyleyebiliriz. Bundan dolayı bu bölgede yoğunlaşan mermer ocaklarını diğer bölgelerdeki gibi ayrı ayrı gruplamanın olanaksız olduğunu öne sürmektedir.

2.3.1.2. Orta Toros mermer yatakları

Orta Toros mermer yatakları Kırkkavak fayı ile Ecemiş faylarının arasında bulunmakta ve Antalya naplarını, Anamas, Sultan, Geyik, Bolkar, Aladağlar ve Alanya masifi, Orta Toroslar içerisinde yer almaktadır. Torosların güney tarafındaki sınırı Akdeniz'e kuzey tarafındaki sınır hattı ise Konya düzlüklerine kadar uzanan bölümüne Orta Toroslar adı verilmektedir (Şenel vd. 1981; Özgül 1983, 1984; Özcan vd. 1989; Göncüoğlu 2011).

Poisson (1977) tarafından yapılan çalışmada Orta Torosların batı kesiminin Hadim napları, Alanya masifi, Mesozoik (Anamas dağları) ve Paleozoik (Sultandağları) otoktonlarına, ayrıca Antalya naplarına kadar uzanmaktadır. Batı Toroslarla kıyaslandığında, Orta Toroslar daha geniş bir alana sahiptir.

Bu alanda yer alan kayaçlar;

- I. Bolkardağ birliği kayaçları,
- II. Aladağ birliği kayaçları,
- III. Geyikdağ birliği kayaçları,
- IV. Antalya birliği kayaçları,
- V. Alanya birliği kayaçları.

Orta Toroslar, Beyşehir-Hoyran napı, Bozkır birlikleri, Bolkardağ birlikleri, Hadim napları, Alanya metamorfikleri (masif), Antalya birliği (napları), Geyikdağı birliği gibi nap ve birliklerden oluşur. Aynı bölgede Göncüoğlu (2011) ise Alanya masifi, Antalya napları, Kütahya-Bolkardağ kuşağı içinde yer almakta ve tüm bu birlikler ve naplar genç sediman ve volkaniklerle örtüldüğünü ifade etmektedir (Özgül 1976).

Akay ve Uysal (1988) Bölge ile ilgili yapmış oldukları “Orta Torosların Post-Eosen Tektoniği” adlı çalışmada, Orta Toroslar pek çok farklı özelliğe sahip stratigrafik, litolojik, tektonik ve metamorfik birliklerden oluştuğunu, bu birlikler içerisinde otokton durumundaki Geyikdağı birliği, Kambriyenden-Eosen'e kadar farklı yapılarda kaya stratigrafi birimlerini içerdiğini bildirmektedir. Beydağları otoktonunun, genel olarak, platform özelliğe sahip karbonatlardan oluştuğunu, Jura-Miyosene kadar uzanan kayaçların varlığını belirtmişlerdir.

Koç vd. (2005) Aydınçık Bozyazı (Mersin) arasının tektonik stratigrafisine yönelik yaptıkları çalışmada, bölgenin gerek stratigrafi, gerek kayaç türü, gerekse de yapısal özellikler bakımından birbirinden farklı havzaları yansıtan ve birbirleri ile tektonik ilişkili Paleozoik yaşlı iki farklı birlik ve bu birliklere açılmal uyumsuz olan Mesozoik yaşlı karbonat istifinin varlığının söz konusu olduğunu belirtmektedirler. Geyikdağı tektonik birliği ve Aladağ tektonik birliklerinin hem alt hem de üst melanjlarının tektonik niteliğe sahip olması ve Toros kuşağının herhangi bir kesiminde stratigrafik bir melanji içermediğinden, tektonik-stratigrafik bir adlandırma Özgül (1976)'dan farklı olarak Geyikdağı tektonik birliği ve Aladağ tektonik birliği olarak adlandırmaları uygun görülmüştür.

2.3.1.3. Batı Toroslar (Teke Torosları) mermer yatakları

Batı Toroslardaki mermer yatakları üç farklı bölgeye ayrılmaktadır. Bu yataklar aşağıda sıralanmaktadır (Brinkmann 1966; Özgül 1976; Poisson 1977; Şenel vd. 1981; Özcan vd. 1989; Öner 1997; Göncüoğlu 2009, 2011; Kun 2015).

Bu yataklar ise;

- a) **Kütahya-Bolkardağ kuşağı hattı,**
- b) **Antalya Napları hattı,**
- c) **Beydağları Otoktonu (Kaş-Kasaba dağları) hattı.**

Ülkemizdeki en önemli Limra mermer üretim bölgesi bu bölgedir. Bilhassa 2000'den sonra işletilmeye başlanan ocaklar dikkate alındığında pek çok mermer ocağının bu bölgede üretim yaptığını söylemek mümkündür. Gerek iklim şartlarının elverişli olması, gerek ulaşım, gerekse de ihracat limanlarına olan yakınlık ve karbonat kayalarının geniş alanlarda yayılması göze çarpan faktörlerdir. Bu bölgelerle ilgili bilgiler ise aşağıda sıralanmaktadır.

Kütahya-Bolkardağ kuşağındaki mermer yatakları

Kütahya-Bolkardağ kuşağının batı kesimi, kuzeybatı da Karaburun kuşağı ve İzmir-Ankara zonu Brinkmann (1966), Güneybatı da ise Likya napları Poisson (1977) ve daha eski deyimle Bozkır birliğini Özgül (1976) içine alan geniş bir alanın karşılığıdır.

Kütahya-Bolkardağ kuşağı Torid-Anatolid tektonik biriminin, alt birimlerinden biri olup ilk kez Özcan vd. (1989) tarafından önerilmiştir. Bu kuşak, İzmir-Ankara sütununun güney kenarı boyunca yer alır. Menderes masifinin çevresini dolaşarak Bolkar dağlarından Hınzır dağlarına kadar uzanmaktadır.

Kütahya-Bolkardağ kuşağının batı kesimi, kuzeybatı da Karaburun Yarımadası ve Akhisar üzerinden Kütahya'ya güneybatı da ise Muğla/Fethiye üzerinden Uşak civarına kadar uzanması ve daha sonra bu iki kol birleşerek, Konya üzerinden Ecemiş Fayına oradan da Büryan doğusuna kadar devam eder. Kuşak boyunca yer alan düşük dereceli metamorfik kayalar ve onlarla tektonik olarak ardışık ofiyolitli melanj kayaları “Kütahya-Bolkardağı” zonunu oluşturmaktadır (Şenel vd. 1996; Göncüoğlu 2011; Kun 2015).

Göncüoğlu (2011) “Kütahya-Bolkardağ kuşağının jeolojisi” bölge ile ilgili yaptıkları çalışmada, İzmir-Ankara zonu ile daha önceki araştırmacıların, Likya napları, Bozkır birliği, şeklinde adlandırdıkları kayaların tamamen aynı jeolojik özellikte olduklarını söyler. Kütahya-Bolkardağ kuşağın neotetis'in İzmir-Ankara zonunun okyanusal kolunun kapanması ile oluşan bazı tektonik dilimlerin meydana gelmiştir.

Bu tektonik dilimler ise;

- I. İzmir-Ankara okyanusal litosferine ve yığılma prizmasına ait kayalar (İzmir-Ankara ofiyoliti ve ofiyolitli melanj),
- II. Torid-Anatolid kıtası kuzey kenarında, kıta kenarına yerleşen birimler önünde gelişmiş bloklu ve düzenli fliş çökelleri,
- III. Torid-Anatolid platformunun kuzey kenarına ait bazen yüksek basınçlı metamorfizmalı çökel istifleri içermesidir.

Büyük allokon kütleler veya melanj ile fliş içinde bloklar halinde İzmir-Ankara okyanusu birimleri bir ofiyolit dizinin tüm elemanlarını kapsar.

Güneybatı Türkiye’de Menderes masifi ile Beydağları otoktonu arasına kalan jeolojik yapılar Likya napları olarak bilinmektedir. Allokon konumlu bu jeolojik yapılar farklı araştırmacılar tarafından “ Teke Torosları ” veya “ Lisiyen ya da Likya Torosları ” ya da “ Lisiyen yapı ” olarak adlandırılmışlardır. Ayrıca, yerel olarak fethiye-Köyceğiz çevresindekiler “ Batı Likya napları ” Elmalı-Korkuteli çevresindekiler ise “ Doğu Likya napları ” şeklinde adlandırılmıştır (Aksoy ve Aksarı 2008).

Antalya Naplarındaki mermer yatakları

Batı tarafında Beydağ otoktonu, doğu tarafında Anamas ve Geyikdağları, kuzeyde kalan Eğirdir gölünün güney tarafında çeşitli yaşlara sahip kireçtaşlarının yer aldığı Antalya napları, kireçtaşı baskın kayaların ofiyolitik bir melanj içerisinde yer aldığı birliktir. Antalya’nın batı tarafında yoğun bir yüzeylenmeye sahip olan Antalya napları, Lefèvre (1967) tarafından adlandırılmıştır. Antalya naplarında yer alan kayaç birimleri üç ayrı grupta toplanmaktadır (Brunn vd. 1971; Poisson 1977; Şenel vd. 1996; Kun 2015).

Antalya naplarında yer alan kayaç birimleri;

- I. Alakır çayı,
- II. Tahtalı dağ,
- III. Çatal tepe.

Özgül (1976) Antalya birliği olarak adlanan bu allokon kütlelerde ayırtman özelliği ile boyutları çakıl boyundan kilometrelere kadar değişen blok ve allokon kayaç birimlerini kapsar. Sığ ve derin deniz çökellerine ait blok yapıları bir arada bulundurulur. Örneğin, Üst Triyas yaşta denizaltı volkanitleri ve pelajik çökellerin yanında aynı yaşta olan neritik kalın karbonat ofiyolitleri, Geyik dağı birliğine ait kayaç birimlerini allokon olarak kapsar.

Monod (1977) Antalya naplarının alttan üste doğru Güzelsu birimi, Ofiyolitik birim ve Katran birimi olmak üzere üç yapısal birimden oluştuğunu ve bunların Üst Lütésiyen kayaları üzerinde tektonik olarak bulunduğunu üstten Alanya masifi (Napı) tarafından tektonik olarak örtüldüğünü ileri sürmüştür.

Monod (1978) Akseki ile Alanya masifi (Napı) arasında yaptığı çalışmada, dar bir kuşakta, günümüzden yeniden benimsendiği görülen otokton yorumun tersine, Antalya naplarına benzer üst üste binmiş birkaç napın yer aldığını belirtmiştir. Ayrıca K-G yönde çizdiği kesitte, Alanya metamorfik masifinin yukarıdaki birliklerin üzerine gelerek özgül büyük bir nap oluşturduğunu belirtir.

Yağmurlu vd. (1997) Isparta kıvrımının gelişiminde alkali volkanizma ve aktif tektonizma ilişkisini ele alan çalışmalarında, kıvrımın KD ve KB yönlü doğrultu atımlı faylarla şekillendiği, otokton olarak Beydağları ve Anamas-Akseki platformlarından, allokton olarak Antalya, Beyşehir-Hoyran-Hadim ve Likya naplarından oluştuğunu ifade ederler. Araştırmacılar, kıvrımı KD-KB ve K doğrultulu faylarla üç bölgeye (Antalya, Teke ve Akseki kırıkları) ayırarak incelemiştir.

Şenel vd. (1998) Antalya napları yapısal bakımdan birimler arası bir düzenliliğe sahiptir. Alt tarafta Çataltepe napını oluşturan Aygırdere ile Güzelsu istifleri yer alırken, bu nap ve istiflerin üstünde ise Alakırçay ve Hocaköy istifleri tarafından oluşturulan Alakırçay napı, onların üstünde Katrandağ, Kavzandağı ve Gündoğmuş istifleri tarafından oluşturulan Tahtalıdağ napı söz konusudur.

Beydağları Otoktonu (Kaş-Kasaba dağları) mermer yatakları

Aşağıda görüldüğü üzere (Şekil 2.5) bölgede araştırma yapan kişiler tarafından Batı Toroslardaki birlikleri başlıca üç bölgeye ayrılmışlardır (Brinkmann 1966; Brunn vd. 1971; Poisson 1977; Özgül 1984; Şenel vd. 1992; Şenel 1997; Aksoy ve Aksarı 2008; Göncüoğlu 2011; Kun 2015).

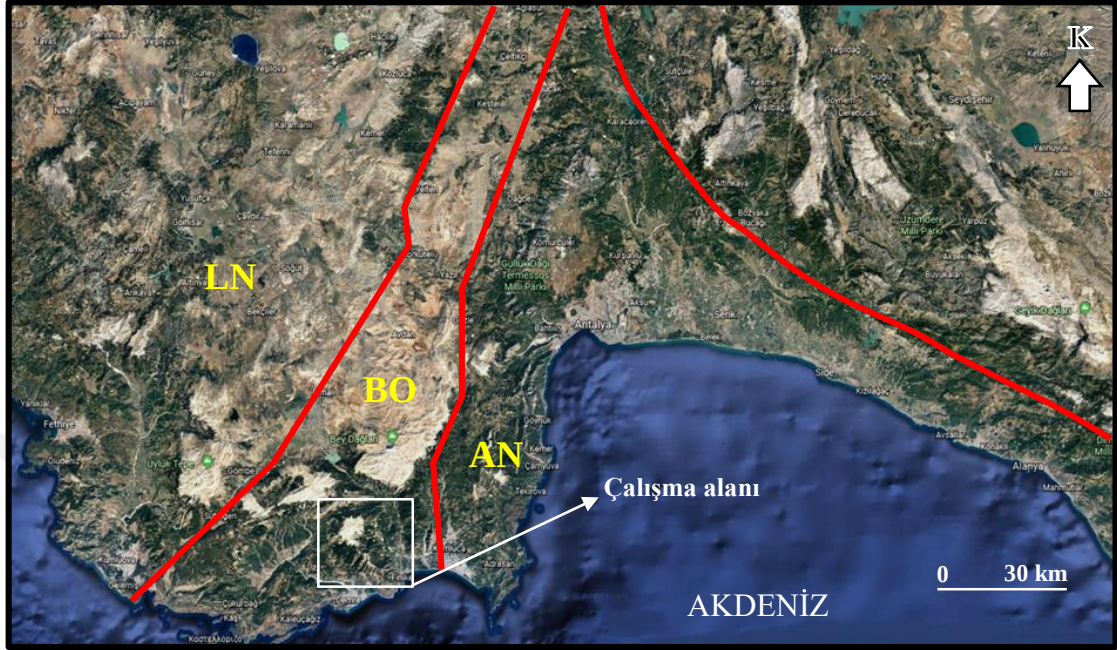
Batı Toroslardaki başlıca birlikleri;

- I. Antalya Napları,
- II. Likya Napları,
- III. Beydağları Otoktonu.

Antalya napları ilk olarak Lefèvre (1967) tarafından Antalya napları adı ile tanımlanırken, daha sonraki çalışmalarda Özgül (1984) tarafından Antalya birliği, Woodcock ve Robertson (1977) tarafından ise Antalya kompleksi adı altında değerlendirilmiştir. Antalya napları Kambriyen-Üst Kretase aralığında oluşmuş platform karbonatları, havza çökelleri ve ofiyolitik kayalardan oluşmaktadır (Özgül 1983; Poisson vd. 2003). “Pamphylian” havzasından türemiş ofiyolitik kayalar ve havza çökelleri Antalya napları olarak değerlendirilirken, Paleozoik temel ile birlikte birimlerin tümü için Antalya kompleksi adı kullanılmıştır (Woodcock ve Robertson 1977; Poisson vd. 2003).

Finike ovasının gerek batı gerekse de kuzey tarafında yer alan kütleler genellikle karbonatlı, kuzeydoğu ve doğusu ofiyolitik seriye ait kayaların varlığı söz konusudur. Ovanın batı tarafında yer alan Gülmezdağı ve kuzeyinde yer alan Keşlikdağı, Toçakdağı ve Salır dağları da aynı özelliklere sahiptir. Ovanın doğu tarafında yer alan Tahtalı dağları da yapısal bakımdan diğer dağlarla benzer özelliklere sahiptir.

Finike ovasının kuzeydoğu ve doğu tarafını kapsayan allohton örtü “Antalya Napları” şeklinde adlandırılmıştır (Brinkmann 1966; Brunn vd. 1971; Özgül 1976; Poisson 1977; Özgüner 2004; Göncüoğlu 2009, 2011; Kun 2015).



Şekil 2. 5. Batı Toroslarda gözlenen başlıca birlikleri (Kun 2015’den değiştirilerek alınmıştır) (LN: Likya Napları; BO: Beydağları Otoktonu; AN: Antalya Napları)

Türkiye’nin güney batısında, Menderes masifi ile Beydağları otoktonu arasındaki allohton birimler ilk olarak Brunn vd. (1971) tarafından Likya napları olarak adlandırılmıştır. Likya napları, güney tarafında ve Antalya naplarının kuzey tarafında, Kuzeydoğu ve Güneybatı doğrultusunda uzanan ve ortalama olarak 3000 m. gibi yükseltilere sahip platform tipi karbonatların oluşturduğu sıradağları ile temsil olur (Brinkmann 1966; Poisson 1977; Aksoy ve Aksarı 2008; Göncüoğlu 2011; Kun 2013 a).

Brunn vd. (1973) tarafından yapılan çalışmalarda bu birlik Beydağları otoktonu şeklinde adlandırılmıştır. Jura-Üst Kretase yaşlı Beydağlarının, Arap-Afrika kıtası platformunun bir parçası olduğunu belirtmişlerdir. Beydağları otoktonu bölge ile ilgili araştırma yapan araştırmacılar tarafından, bir takım farklı isimlerle adlandırılmıştır (Özgül 1976; Poisson 1977; Şenel vd. 1992; Şenel 1997; Özgüner 2003; Göncüoğlu 2009; Kun 2014, 2015).

Beydağları Otoktonu bölge ile ilgili farklı adlandırmaları;

- Toros kireçtaşı eksenini,
- Toros karbonat platformu,
- Beydağları zonu,
- Tetis yükseltisi,
- Geyikdağı birliği,
- Beydağları masifi.

Coğrafik olarak bu birlikler batı Toroslarda üst üste gelmiş tektonik istifin en alt kısmındaki Beydağları otoktonunun bir parçası olan neritik karbonatlardan yapılı, Üst Kretase yaşlı Beydağları formasyonudur. Kasaba formasyonu hem kaba hem de kırıntılı kayalardan oluşmakta ve bu formasyon Beydağları otoktonunu uyumsuz şekilde örtmektedir. Beydağları otoktonunun üst kısmında Likya naplarına ait birimler söz konusudur (Colin 1962; Brinkmann 1966; Brunn vd. 1973; Poisson vd. 2003; Aksoy ve Aksarı 2008; Göncüoğlu 2011; Kun 2013 b).

Bu Likya naplarına ait birimler ise;

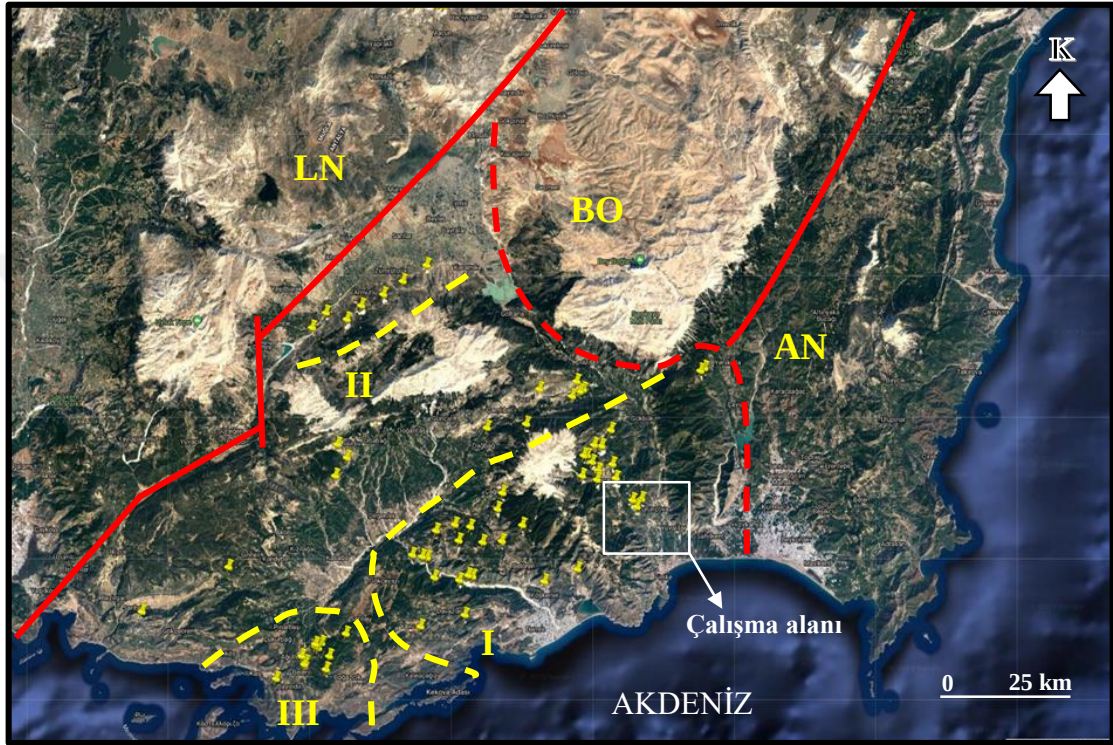
- I. Üst Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarının oluşturduğu Beydağları formasyonu,
- II. Üst Burdigaliyen-Alt Langiyen yaşlı konglomeralar,
- III. Kumtaşı, Çamurtaşı ardalanmasının söz konusu olduğu Kasaba formasyonu.

Beydağları otoktonu Kalkan-Kaş uzanımından başlayıp Elmalı-Saklıkent arasında devamla Korkuteli'nden kuzeye doğru uzanan tek bir oluşumun olduğunu ve Colin (1962) yılında yaptığı çalışmada Beydağları otoktonunun Elmalı/Avdan gölü-Finike arasında geçen bir sınırla ayırmış ve bu sınırın doğusunda kalan kesime Beydağları derken, sınırın batısında yer alan bölgeye ise Kaş-Kasaba dağları (Bergland von Kaş-Kasaba) adını vermiştir.

Beydağları karbonat platformu Üst Kretase yaşlı stratigrafisi yayınlarındaki çalışmalarında ise şöyle özetlemektedirler: Beydağları otoktonunun (Batı Toroslar) Korkuteli (Antalya) bölgesindeki Üst Kretase karbonat istifi iki formasyon içermektedir (Sarı ve Özer 2002). Senomaniyen-Santonian yaşlı Beydağları formasyonu istifin tabanında yer almaktadır. Altındaki Senomaniyen-Erken Santonian yaşlı neritik ortamdaki kısım, gelgit ortamında çökelmiş, platform karbonatlarından oluşur ve ortalama 550 m. kalınlığında bir istif oluşturmaktadır. Bu istif Senomaniyen'den Erken Santonian yaşına kadar gelen iki rudist resifi içermektedir (Sarı ve Özer 2002).

Kun (2014) çalışmasında Beydağları otoktonunun tek bir fasiyesten oluşmadığını ve Avlan gölü-Yalnız-Finike fayının doğu tarafındaki kısmın Beydağları, batı tarafındaki kısmın ise Kaş-Kasaba dağları olarak adlandırıldığını belirtmiştir. Limra (Limestone) mermer bölgesinde mermer üretimi yapan ocaklar, Finike ve Demre hattının kuzey tarafındaki Alacadağ ve batı tarafındaki Çamdağ yörelerinde yer almaktadırlar. Alacadağ yöresinde ve Limra mermer üretimi yapılan alanlarda gerçekleştirdiği araştırmada ise Limra mermerlerini homojen olarak beyaz renge ve kalın bir tabakaya sahip, masif ve ince kristalli bir yapıya sahip olduğunu belirtmiştir. Bölgede daha önce yapılan çalışmalarda araştırmacılar Alacadağ antiklinalinin çevresinde faylanan ve bir sırt gibi uzayan ve Üst Kretase istifini de kapsayan Limra mermerlerinin Jura yaşlı kireçtaşlarıyla beraber Batı Toroslar karbonat çökellerinin olduğu platformun etkisiyle oluştuğunu öne sürmektedirler (Colin 1962; Aksoy ve Aksarı 2008; Göncüoğlu 2011; Kun 2015).

Kaş-Kasaba dağlarında üretim yapan kireçtaşı kökenli mermer ocakları, birkaç mermer ocak haricinde, üç farkı bölgede (Şekil 2.6) toplanmışlardır (Kun 2014). Bu yörelerde işletilen mermer ocakları hem jeolojik yaşları hem de özellikleri ile birbirinden farklılıklar göstermektedir. Türkiye’de ve Dünya’da çok iyi bilinen Limra mermerleri bu yörede üretilmektedir. Bölgenin kuzeyinde yer alan ocaklarda üretilen kireçtaşı karakterindeki mermerler ne Limra karakterli mermerlere neden sert kireçtaşlarına benzememektedir. Kun (2015) çalışmasında bu mermerlerin Limra’ya göre daha sert ve masif yapıda olan kireçtaşlarından üretilen mermerler olduğunu öne sürmektedir.



Şekil 2. 6. Kaş-Kasaba civarı (Beydağların Batı kesimi) mermer ocaklarının dağılımı (Kun 2015’den değiştirilerek alınmıştır) (LN: Likya Napları; BO: Beydağları Otoktonu; AN: Antalya Napları; I: Limra mermer bölgesi; II: Akçay-Elmalı hattı güneyi; III: Kaş bölgesi)

Aynı çalışma Fayın doğu tarafında yer alan Beydağlarındaki tüm mermer ocaklarının mermer üretimi açısından elverişli olmadığını, bu ocakların ya hemen ya da kısa bir sürede kapatılmış veya ekonomik olmadıklarından dolayı terk edildiğine dikkat çekmektedir. Bunun nedenine gelince Beydağlarını oluşturan kireçtaşlarının tabaka kalınlıkları birkaç cm’ den 40-50 cm. arasında değişmeleri ve tabakalı yapıda olmalarıdır. Fakat Beydağları otoktonu içerisinde yer alan bazı resifal karakterli düzeylerde mermer üretilir. Ancak burada resifal düzeylerin yeterli miktarda rezerv oluşturması gerekir (Aksoy ve Aksarı 2008; Göncüoğlu 2011; Kun 2015).

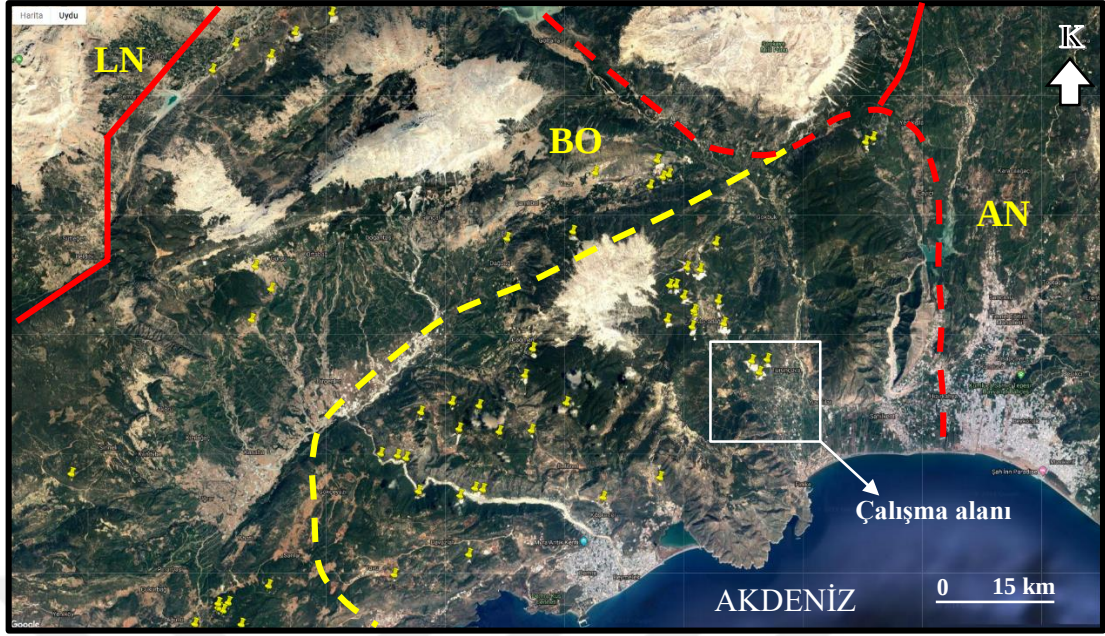
Kun (2015) çalışmasında Kaş-Kasaba dağlarında bölgedeki tektonik hatlar üzerinde açılan ocakların pek çoğunun mermer üretimi yaptığını belirtmiştir. Mermer ocaklarının pek çoğunun üretim yapması aynı zamanda bölgenin farklı fasiyesteki kayaçlardan oluştuğunun göstergesidir. Gerek ülkemizde gerekse de dünyada en çok tanınan mermerlerden biri olan Limra mermerlerinin üretim alanı bu bölgedir. Bölgede yapılan çalışmalara göre Beydağlarında 11 adet, Kaş-Kasaba dağlarında da 22 adet mermer ocağı vardır. Aşağıda, Onur Limra mermer ocağı işletme (Şekil 2.7) ve üretim sahaları (Şekil 2.8) görülmektedir.



Şekil 2. 7. Antalya Finike-Turunçova Onur mermer firmasına ait işletilmekte olan Limra mermer ocağı

Bu firmalardan bazıları aşağıda sıralanmaktadır;

- I. Onur Mermer,
- II. Portsan Mermer,
- III. Finike Mermer,
- IV. Adalya Mermer,
- V. Metamar Mermer,
- VI. Temmer Mermer,
- VII. Bartu Mermer,
- VIII. Çekiçler Mermer,
- IX. İmsa Mermer,
- X. Naturelmar Mermer,
- XI. Bahçeci Mermer.



Şekil 2. 8. Beydağları Otoktonunda yer alan Limra (Limestone) mermer ocakları (LN: Likya Napları; BO: Beydağları Otoktonu; AN: Antalya Napları) (Kesikli sarı çizgi içerisindeki ocaklar halen işletilmekte, sarı çizgi dışındaki ocaklar ise bazıları işletilmekte bazıları ise kapalıdır)

Yukarıda sıralanan firmaların pek çoğunun kendi mermer fabrikaları olsa da, çıkarılan blokların büyük çoğunluğu Antalya limanından yurtdışına ihracı söz konusudur. Limra mermeri, gerek firmalara gerekse de firmaların işledikleri ocakların niteliklerine bağlı bir şekilde farklı isimlerle piyasaya sürülmektedir. Aşağıda (Şekil 2.9'da) ise Antalya bölgesindeki farklı Limra mermer ocaklarından elde edilen mermerlerin farklı isimlerle piyasaya sürüldükleri Limra (Limestone) mermerlerin mamul hale getirilmiş renk ve dokusal özellikleri görülmektedir.





Şekil 2. 9. Beydağları Otoktonu Antalya yöresindeki Limra (Limestone) mermer sahalarından çıkarılan mermerlerin farklı isimlerle piyasaya sürüldükleri Limra mermerlerin renk ve dokusal özelliklerindeki farklılıklar görülmektedir (Rakamlar Antalya bölgesindeki mermer firmalarının sayılarını göstermektedir)

2.4. Mermer Sahalarında Levha Verimini Etkileyen Faktörler

Heterojen yapıya sahip olan doğaltaşlar, pek çok özelliği ve farklılığı bünyesinde barındırmaktadır. Gerek fiziksel gerekse de mekanik açıdan pek çok farklılığa sahip olan doğaltaşlar, kayaçların oluşum şartlarından, çevresel faktörlere varana dek pek çok iç ve dış etkiye maruz kalmaktadır.

Bu alanda yapılan pek çok araştırma, farklı özelliğe sahip olan bu doğaltaşların mühendislik tasarımlarında ve alanlarında kullanılmasına dönük olarak, bazı tanımlamalar ve sistemler geliştirmişlerdir. Mermer ocaklarından alınabilecek Blok boyutlarının saptanması yapılırken ayrıntılı bir alan çalışmasına ihtiyaç duyulmakta ve süreksizlik haritaları oluşturulduktan sonra tespit edilecek yerlerde gerek sondaj gerekse de jeofizik tekniklerden yararlanılabilmektedir (Yavuz 2001). Mermerler hem yatay hem de düşey yönlü olarak, oldukça kısa mesafelerde dahi değişiklikler gösterebileceğinden renk, desen ve tektonik özellikler açısından net bir sonucun elde edilmesinin oldukça zor olacağını söylemek mümkündür.

İzleyen başlıklarda levha verimini etkileyen faktörlerden olan jeolojik faktörler, rezerv miktarı, yapısal jeoloji özellikleri ve fiziko-mekanik özelliklerle ilgili konular ele alınacaktır.

2.4.1. Jeolojik faktörler

Ülkemizde çıkarılan mermer rezervlerinden daha fazla verim alınmama nedenlerinin başında işletme şekli ve yönteminin dışında, jeolojik parametrelerin yeteri kadar dikkate alınmaması gelmektedir. Bu bağlamda unutulmaması gereken husus ise jeolojik parametrelerin yüz binlerce hatta milyonlarca yılda oluştuğudur. Bundan dolayı, jeolojik parametrelerin insana uyması beklenemez. Bu bakımdan insanın jeolojik parametrelere uyması gerekmektedir. Unutulmamalıdır ki; doğa ancak onun dilinden anlayan insanlara karşı adil davranmaktadır. Mermer ocaklarından maksimum düzeyde verim elde etmek için doğal şifrenin çözülmesiyle mümkün olabilmektedir. Yani verim elde etmek için jeolojik faktörlerin tespit edilmesi ve ocakların bu faktörleri dikkate alarak üretim yapması daha uygundur. Mermer ocaklarında levha verimini etkileyen jeolojik parametreler başlıklar halinde aşağıda sıralanmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer 1985; Erdoğan 1991; Yavuz 2005).

Levha verimini etkileyen jeolojik parametreler;

- I. İlkse tabakalanma düzlemleri,
- II. Tektonik kırıklar çatlaklar,
- III. Foliasyon düzlemleri,
- IV. Makaslama düzlemleri,
- V. Dolomitik bantlar ve mercekler,
- VI. Kalsit bant ve mercekleri,
- VII. Zımpara bant ve mercekleri.

2.4.2. Rezerv miktarı

Mermer ocaklarının ekonomik bir biçimde işletilebilmesi için rezervin en az 20-25 yıl boyunca ihtiyacı karşılaması gerekmektedir. Rezervin rakam açısından büyüklüğü büyük öneme sahip olsa da, temel olarak önem arz eden işletilebilir rezervin olmasıdır. İşletilecek olan mermer ocağında mevcut olan süreksizliklerin dağılımlarının ve sahadaki konumlarının tespit edilmesi, olumsuzluğa neden olabilecek jeolojik faktörlerin ortaya konulması ve işletilebilir ticari boyutta blok verebilecek bölgelerin tanımlanması gerekmektedir (Erdoğan 2001; Yavuz 2001).

Onur Limra mermer sahasındaki rezerv miktarına bakıldığında ise toplam işletme alanının 126544 m², toplam altyapı tesis alanı 62005 m² ve bütün alanların toplamı ise 188549 m²'lik bir alana sahiptir. Onur Limra mermerin bulunduğu sahanın vaziyet krokisindeki mermer rezervine ait bilgiler giriş kısmında (Şekil 1.1) belirtilmiştir.

2.4.3. Yapısal jeoloji özellikleri

Yapısal jeolojik özellikler, mermer kütlelerinin oluşumu sırasında veya sonradan dış etkenlerle sahip olduğu yapısal özellikler, alınabilecek levha boyutlarını ve işletme verimini etkileyen önemli parametrelerdir.

2.4.3.1. Kıvrımlanma

Yapılar üzerinde meydana gelen tektonik hareketler sonucunda kayaçlar üzerinde dalga şeklinde oluşan deformasyonlara kıvrımlanma denir. Kıvrımlanmada etkin olan parametreler kayacın maruz kaldığı kuvvetlerin yönü, büyüklüğü, iç direnç ve porozitesidir. Bu parametrelere bağlı olarak kayaçlar iki çeşit hareket sergilerler. Kayaçlar ya kırılır ya da kıvrım yaparlar. Deformasyonu yansıtan kıvrımlanmalar hem çökel hemde başkalaşım kayaçlarının tümünde gelişmektedir. Çünkü mermer oluşumu esnasında mermer çeşitli tektonik hareketlere maruz kalmakta ve bu tektonik hareketler sonucu mermerde kıvrımlanmalar meydana gelmektedir (Erdoğan 1991; Karaca 2001).

Kıvrımlanmalar ocaktan çıkartılan blokların işlenmesi esnasında etkisini göstermektedir. Kıvrımlanmalar, kayacın maruz kaldığı strese (gerilim) göre farklılık gösterir. Deformasyonun yoğunluğuna bağlı olarak tabakaların içsel yapılarına ait özellikler görülmeyebilir. Kıvrımlanmalar, çıkartılan ve işletilen bloklar için bazı durumlarda önemlidir. Burada kıvrımlanmanın homojen bir yapıda olması gerekir. Çünkü bu tipte oluşan kıvrımlanmalar göze hoş görünen bir yapı sunması ve buda mermer bloğuna pazarlanma imkânı sunmasıdır. Antiklinal ile senklinal eksenlerinde yoğun olarak görülen kıvrımlanmalar sonucu oluşan gerilmeler ve kırıklar, levha veriminin düşük olmasına neden olmaktadır (Karaca 2003).

2.4.3.2. Tabakalanma ve tabaka kalınlığı

Genel olarak tabakalanma metamorfik kökenli gerçek mermerlerde, görsel ve mikritik kireçtaşlarında görülür. Travertenlerde ise oluşum bantları belirgindir. Onikslerde de genellikle tabakalanma görülmediği gibi granit ve serpantinlerde de tabakalanma görülmez. Mermer sahalarında tabakalanmanın blok boyutu üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır.

İşletilmesi düşünülen mermerlerin olabildiğince masif olması istenilen bir özelliktir. Tabakalı yapı gösteren mermerlerde tabaka kalınlığı ticari anlamda büyük önem taşımaktadır. Tabakalı yapı gösteren mermer işletmelerinde tabaka kalınlıkları en az 1 m. kalınlığında olmalıdır. Ancak oniks türü mermerlerde 40-50 cm'lik tabaka kalınlıkları işletilebilir olmaktadır. Tabakalı yapı gösteren mermer sahalarında tabakaların doğrultusu ve eğimi ocak işletme yönünü belirlemektedir (Erdoğan ve Yavuz 2002; Küçük 2009).

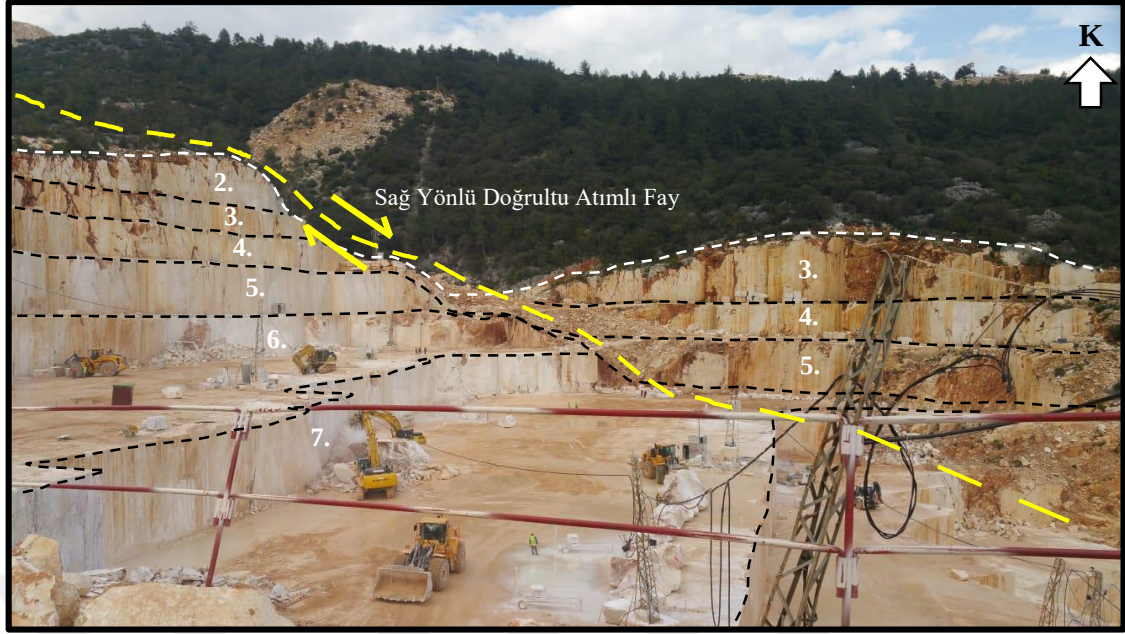


Şekil 2. 10. Antalya Finike Alacadağ (Hacıveliler) bölgesi Onur Limra mermer sahasındaki mermer işletme basamakları (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

2.4.3.3. Faylanma

Dünyamızı oluşturan kayalar çeşitli hareketler sonucunda deformasyona uğrarlar. Bu deformasyon, kayaların ve onları etkileyen kuvvetlerin özelliklerine bağlı olarak kıvrım ya da kırılma niteliğinde olabilir. Kıvrım deformasyonu kayaların kıvrımlanmasına yol açarken kırılma deformasyon da kayaların fay adı verilen düzlemler boyunca kırılmasına neden olur. Fayların boyutları ve atımları (Bloklerin fay boyunca ötelenme miktarı) birkaç santimetreden kilometrelere hatta yüzlerce kilometreye kadar değişebilmektedir (Konuk ve Önder 1999; Küçük 2009).

Çalışma alanındaki Onur Limra mermer sahasında sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma gelişmiştir. Çalışma alanında meydana gelen fay, mermer sahalarından elde edilecek levha boyutlarını olumsuz etkilemektedir. Büyük ölçekli faylar, geçtiği formasyonun yakınındaki birimleri aşırı miktarda bozulma ve kırılmalara maruz bırakarak, levha boyutlarının şekilsiz ve bol kırık çatlaklı olmasına neden olmaktadır.



Şekil 2. 11. Alacadağ (Hacıveliler) mevkiinde bulunan Onur Limra mermer sahasında meydana gelen faylanma görünümü (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

Faylanmanın belirgin olarak görüldüğü alanlarda ve çevresinde mermer işletmeciliğinin yapılması verimli levha alımı yönünden sağlıklı değildir. Dışarıdan bakıldığında düz bir basamak (ayna) görüntüsü veren bu kayaç yapısı, aslında faylanmanın etkisiyle hareket eden kaya kütlesi olup bu bölgelerde bol miktarda kırık ve çatlak sistemleri gelişmiştir. Bazı bölgelerde, yeterli bilgiye sahip olmayan kişi ve firmalar tarafından üretime hemen geçmek amacıyla sağlam kayaç görüntüsü veren fay aynalarında üretim yapılması mermerlerin kalite, dayanım, renk, desen, ekonomik vb. parametrelerine olumsuz etki etmektedir (Erdoğan 1991; Karaca 2001).

2.4.3.4. Kırık ve çatlak yapısı

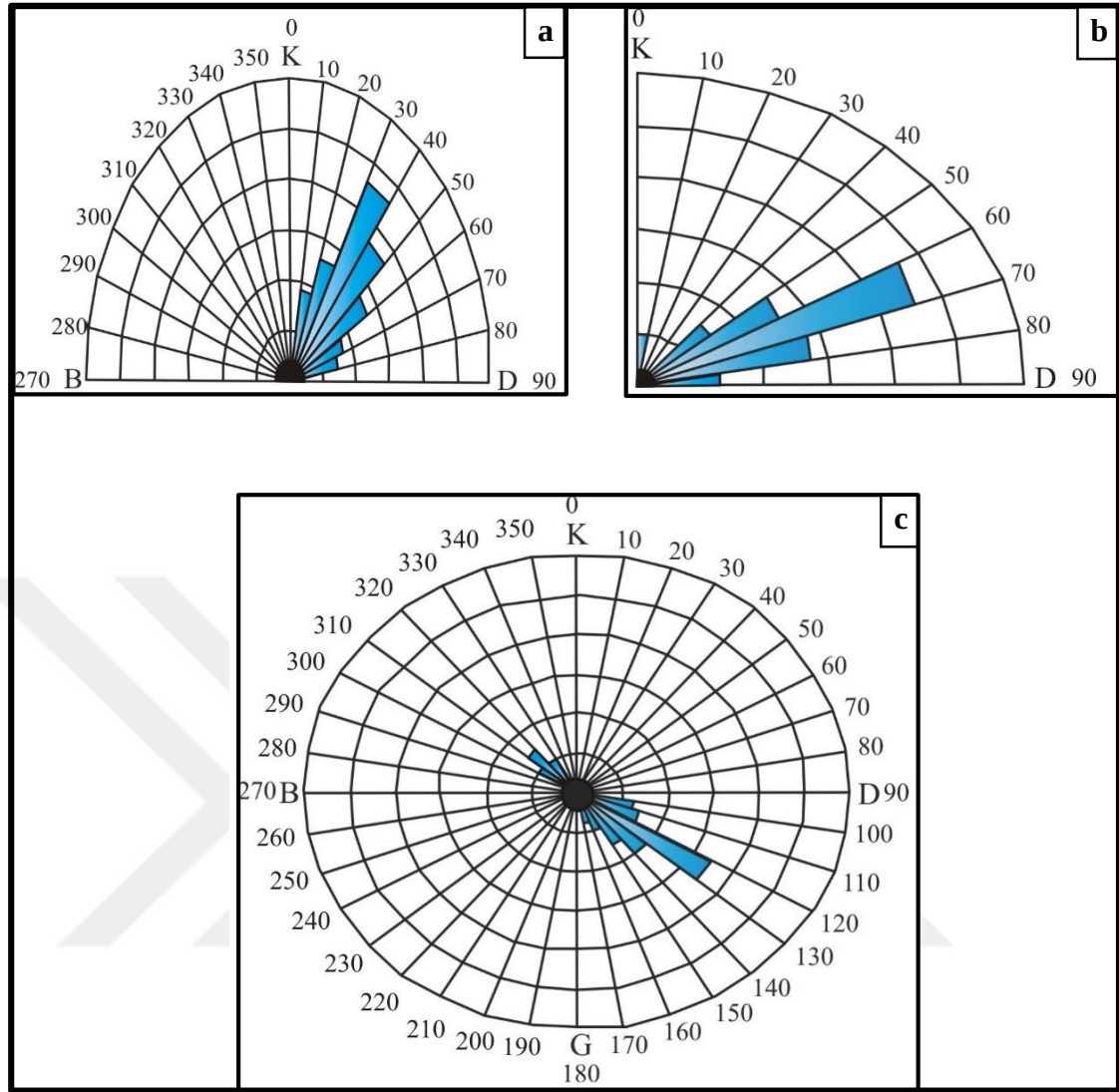
Tektonizma sonrası yönlü yer değiştirme görülmeksizin kayaçlarda meydana gelen açıklıklara kırık veya çatlak denir. Mermer ocaklarının açılmasında ve ocak ağzının seçimin etkileyen parametrelerden birisidir. Bunun için kırıklar ve karakterlerinin iyi tayin edilmesi gerekir. Mermer işletmesine karar verilmeden önce, sahada mevcut kırık ve çatlak sistemlerinin özelliklerinin (Açıklık, devamlılık, doğrultu, eğim vb.) detaylı saha çalışmalarıyla belirlenmesi gerekir. Daha sonra gül diyagramlarıyla bu çatlak ve kırık sistemlerinin ana yönleri, yönelimleri belirlendikten sonra işletmeye geçiş kararı alınmalı ve üretim yönüne buna göre karar verilmelidir (Erdoğan ve Yavuz 2004; Küçük 2009).

Yan kayaç özellikleri mermerin yapısını doğrudan etkilemekte ve kırık, çatlak sistemlerinin varlığı ile yan kayaç mermer bünyesine dahil olabilmesi ve mika, zımpara, şist vb. mineraller mermer içerisine nüfuz etmekte ve levha veriminde ve boyutlarında etkili olmaktadır. Ayrıca mermer bünyesine giren bu tür yan kayaçlar fabrikada kesim aşamasında sorunlar teşkil etmektedir (Karaca 2001; Yavuz 2001).

Çalışma sahasındaki Limra mermerleri, tek bir kireçtaşı seviyesinde gözükmekte ve çalışma alanındaki Limra mermerlerinde, meydana gelen kırık ve çatlak sistemlerinin arazideki konumunu tespit edebilmek için kırık ve çatlak düzlemlerinde ölçümler alınmıştır. Onur Limra mermer sahasında 100 adet eklem yüzeyinin doğrultusu, eğimi ve eğim yönünde ölçümler alınmış ve bu ölçümlerler gül diyagramı (Şekil 2.12) ile gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1. Onur Limra mermerin Alacadağ (Hacıveliler) mevkiindeki sahada ölçülen “doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü” değerleri

K35D/72GD	K80D/62GD	K35D/80GD	K40D/70GD
K38D/50GD	K34D/60GD	K45D/45KB	K75D/55KB
K30D/62GD	K36D/75GD	K40D/73GD	K30D/56KB
K40D/70GD	K30D/50KB	K20D/75GD	K30D/52KB
K40D/75GD	K30D/70GD	K20D/68GD	K70D/40KB
K30D/55GD	K40D/80GD	K30D/58GD	K72D/65KB
K72D/08GD	K40D/60GD	K50D/78GD	K70D/65GD
K44D/66GD	K25D/65GD	K30D/80GD	K60D/05KB
K40D/45GD	K50D/75GD	K30D/85GD	K50D/70KB
K32D/58GD	K60D/90GD	K70D/50KB	K50D/45KB
K40D/80GD	K55D/80GD	K40D/50KB	K50D/43KB
K18D/75GD	K20D/85GD	K30D/71GD	K40D/50KB
K22D/88GD	K35D/70GD	K20D/70GD	K43D/72GD
K15D/75GD	K20D/60KB	K35D/68GD	K38D/79GD
K65D/90GD	K40D/52KB	K40D/60KB	K35D/60GD
K48D/80GD	K56D/50KB	K50D/40KB	K40D/70GD
K45D/60GD	K55D/55KB	K45D/50KB	K35D/65GD
K60D/64GD	K20B/90GD	K40D/75GD	K55D/63GD
K25D/80GD	K30D/73GD	K30D/50KB	K55D/60GD
K30D/49KB	K30D/60GD	K43D/40KB	K60D/70GD
K35D/50KB	K62D/40KB	K45D/70GD	K63D/73GD
K35D/45KB	K15D/72GD	K30D/80GD	K80D/06GD
K30D/8GD	K25D/78GD	K48D/80GD	K48D/73GD
K35D/65GD	K30D/65GD	K53D/50KB	K50D/74GD
K30D/50KB	K45D/40KB	K30D/85GD	K70D/50GD



Şekil 2. 12. Onur Limra mermer sahasında gözlenen kırık ve çatlak düzlemlerine ait şematik gül diyagramının görünümü; **a)** Ocağın doğrultu diyagramı; **b)** Ocağın eğim miktarı diyagramı; **c)** Ocağın eğim yönü diyagramı

Çalışma alanındaki Onur Limra mermerin Alacadağ (Hacıveliler) mevkiindeki sahasında gözlenen, kırık ve çatlak düzeylerin doğrultu konumları yoğun olarak ($K30^{\circ}$ - $40^{\circ}D$) arasında değişmektedir. Ocakta eğim miktarı ise genelde (60° - 70°) arasında değişirken, eğim yönü de yoğun olarak (120° - 130°) arasında meydana gelmektedir.

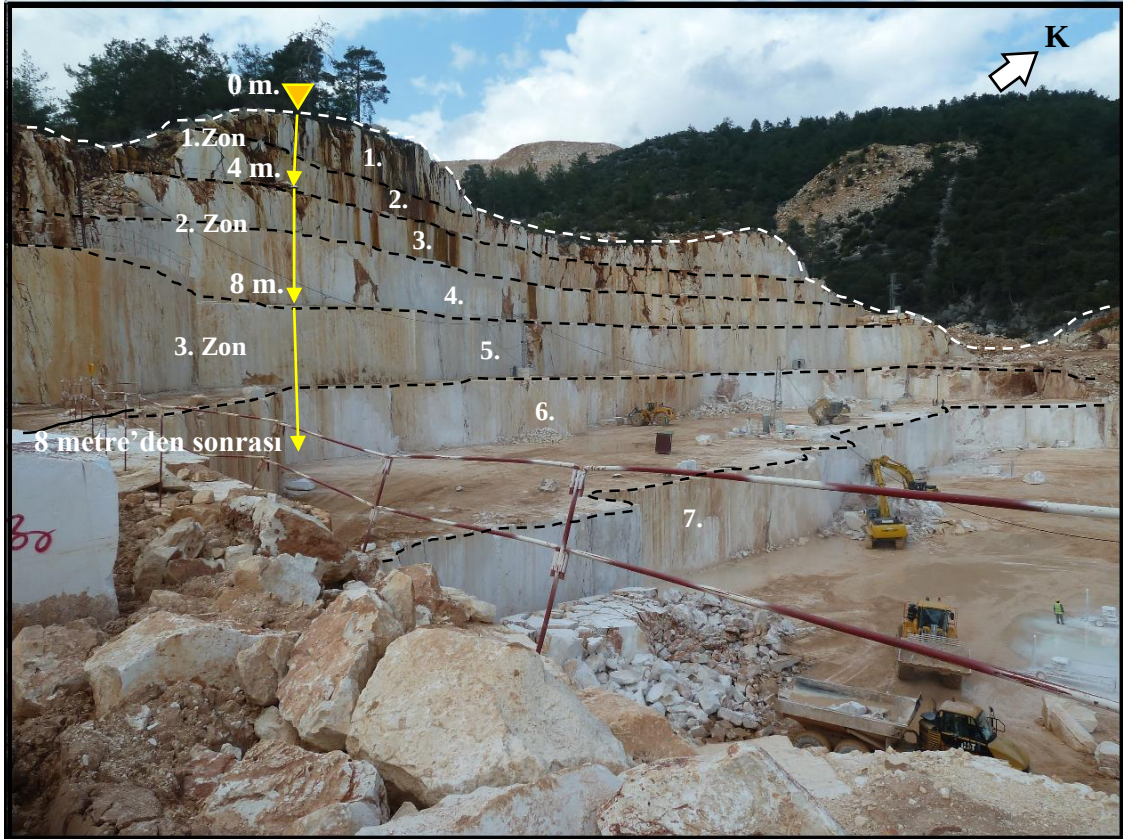
Seçilecek ocak yönünün tabakanın eğimi yönünde olması ve ocağın basamak doğrultusunun ise tabaka doğrultusu ile aynı doğrultuda yani paralel yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Çalışma alanında elde edilen “doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü” değerlerine göre Onur Limra mermer sahasının ocak yönünün tabaka eğim yönü olan G-D yönde olması ve ocağında ilerleme yönünün ise tabaka doğrultusunun $K 30^{\circ} D$ yönünde işletme yapılması ile doğru açılmış gözükmetedir.

Arık (2011) “Finike (Antalya) Beydağları formasyonunun mermer olarak kullanılabilirliği ve ekonomik önemi” adlı çalışmasında Alacadağ (Hacıveliler) mevkiindeki Finike mermer sahasında yapılan kırık ve çatlak düzlemlerindeki ölçümleri ise ortalama (K40°D/70GD) olarak bulmuştur. Bu da her iki sahadaki mermer konumlarının benzer olduğunu göstermektedir.

2.4.3.5. Ayrışma

Ayrışma, yerkabuğunu oluşturan kayalarda yüzey ve yüzeye yakın kesimlerde yer değiştirmeye uğramadan, mekanik ve kimyasal süreçlerle meydana gelen nitelik değişimleri olarak tanımlanır. Kayalardaki ayrışma, çeşitli fiziksel etkiler altında gelişebileceği gibi mineraller arasındaki bağlayıcının kimyasal süreçlerle bozularak ortadan kalkması sonucu da oluşabilmektedir. Hava bileşiminde yer alan gazlar, su, sıcaklığı, canlı ve organik maddeler ayrışma sürecinin başlıca etkenleridir (Durmuş 2006; Küçük 2009).

Ayrışma, kayaların indeks ve mühendislik özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Ayrışma sonucu kayacı oluşturan mineraller değişime uğrayarak yeni mineraller oluşmakta, kayacın yapısal özellikleri değişerek, porozitesi ile boşluk oranı artan kayacın, hacim ağırlığı dayanımı azalmaktadır (Koca ve Türk 1994).



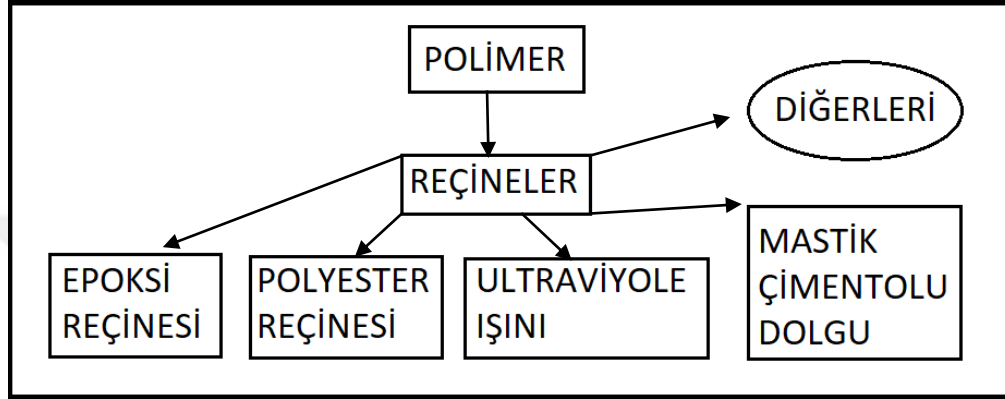
Şekil 2. 13. Onur (Limra) mermer ocağının yüzeyinden itibaren ‘‘0 metreden’’ aşağıya doğru 8 metreye ve daha alt kısımlara doğru sarı ok yönünde kırık çatlak ve ayrışma yüzeylerinin azaldığı ve mermer dayanımlarının arttığı görülmektedir (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

Mermerlerde ayrışma genellikle, yüzeyden itibaren üç ayrı zonda gelişmektedir. İlk 1-4 m. lik kısımda, kayaç çatlak açıklıkları 3-50 cm. arasında değişen ve mermerlerin ayrışma ürünü olan kalıntı zemin ile dolgulu süreksizlik düzlemleri ile kesilmiştir. Birinci ayrışma zonunda, düzenli süreksizlik setlerinin yanı sıra, çok sayıda düzensiz süreksizlik düzlemleri de bulunur ve bu kısımda mermer dayanımları da oldukça düşüktür.

Bu zonun izleyen ve 4-8 m. derinlikleri arasında devam eden 2 no'lu ayrışma zonunda, kayacın içerdiği düzensiz süreksizlik düzlemlerinin sayısında azalma, süreksizlik düzlemlerinin çatlak açıklıkları giderek daralması ve mermerde dayanımları da giderek artmaktadır. Bu zonun alt sınırlarına doğru, kayacın içerdiği ilksel tabakalanma düzlemlerinin çatlak açıklıkları belirgin ölçüde kapanmaktadır. Bu zonun altında yer alan 3 no'lu ayrışma zonunda ise kayacın içerdiği süreksizlik düzlemlerinin çatlak açıklıkları (0.1-0.3 cm.) arasında değişirken, genellikle dolgu malzemesi içermezler. Bu zon içerisinde, çatlak açıklıkları 1 cm'den büyük ve kil dolgulu olan süreksizlik düzlemlerinin sayısı yok denecek kadar azalmış ve mermer meydana gelen dayanımlar oldukça yüksek olduğu öne sürmektedirler (Erdoğan 1991; Yavuz 2001; Karaca 2001; Küçük 2009).

2.4.4. Fiziko-mekanik özellikler

Teknolojinin geçtiğimiz yüzyıl ile birlikte ivme kazanmasıyla, sanayi ve buna paralel olarak sanayinin başlıca parametrelerinden biri olan malzeme bilimi de gelişim kaydetmiştir. Ancak her ne kadar gelişim kaydedilse de, dünyamızda bu malzemelerin kısıtlı olmasından ötürü teknolojik gelişime tam anlamıyla ayak uyduramamıştır. İnşaat ve mermercilik sektöründe kompozit denildiğinde akla reçineler, takviye polimerleri, metal ve seramik gibi malzemeler gelmektedir (Acar 2000). Bu durumu özetleyen ve mermerlerde kullanılan reçinelerin ayrıldığı grup (Şekil 2.14) görülmektedir.



Şekil 2. 14. Mermerlerde kullanılan reçinelerin sınıflandırılması (Acar 2000’den değiştirilerek alınmıştır)

2.4.4.1. Epoksi reçinesi

Epoksi ilk olarak Almanya’da Farben Industrie 1939 yılında bulunmuş ve zemin kaplamalarında, yapıştırıcılarda ve takviyeli plastik üretimlerinde kullanılmıştır. Epoksi reçine uygulaması, mermerde görülen çatlakların kapatılması ya da mermerin arka kısmında, oluşturulan ince bir tabaka yardımıyla mermere yüksek düzeyde bir dayanıklılık sağlamak için geliştirilmiş olan yararlı uygulamalardan birisidir (Öztekin 2007). Epoksi uygulaması başlıca iki temel bileşenli olarak A ve B bileşenleri içermektedir. Mermeri sağlam bir hale getirmek amacıyla çatlaklardaki boşluğu kapatan ve bir hayli akışkan özelliğe sahip epoksi reçine yani “A bileşeni” ve sertleştirme özelliğine sahip olan “B bileşenini” içermektedir (Sarıışık vd. 1996; Acar 2000).

“A bileşeni” akışkan özelliğe sahip olan epoksi reçine özellikleri;

Görünüm: Berrak ve sıvı,

Renk: Şeffaf,

Viskozite (25 °C): 600-800 (MPa/s),

Epoksi eşdeğer ağırlık (WPE): 195-206 (gr),

Yoğunluk (25 °C): 1,13 (gr/cm³),

Alevlenme noktası: > 120 °C,

Raf ömrü: 12 aydır.

“B bileşeni” sertleştirici özelliğe sahip olan epoksi reçine özellikleri;

Görünüm: Berrak ve sıvı,

Renk: Şeffaf,

Viskozite (25 °C): 50-150 (MPa/s),

Yoğunluk (25 °C): 1,00 + 0,01 (gr/cm³),

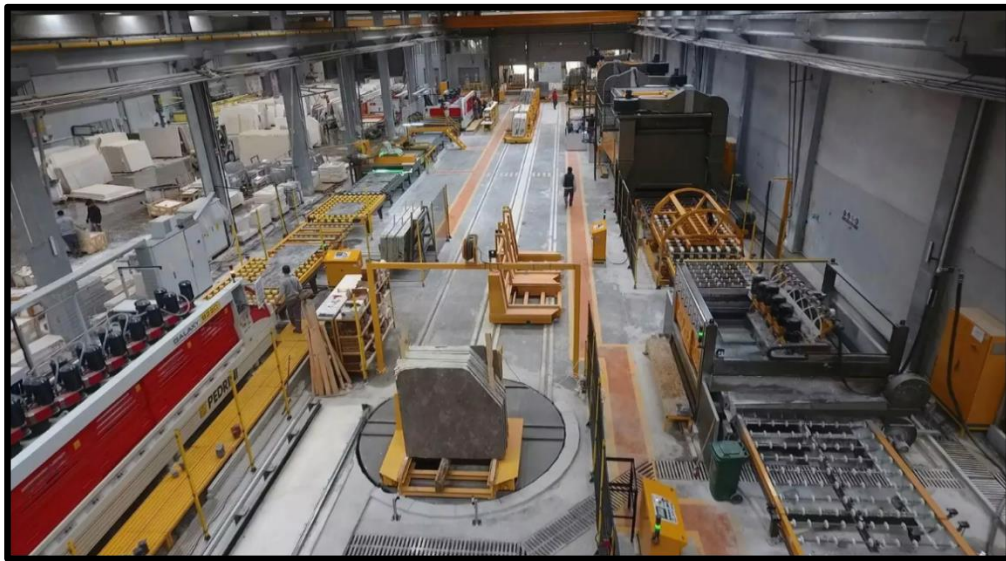
Epoksi eşdeğer ağırlık: 48 (gr),

Karışım oranı: 100:25 (ppm),

Potlife (kürlenme): 25 (dk).

Epoksi, karışımın oranı sağlamlaştırılacak olan doğaltaşa ve reçinenin uygulama amacına göre farklılık gösterebilmektedir. Farklılık gösteren bu oran ortalama olarak 100:25-100:50 arasındadır. Bu oranlarının her birinin bir sonucu vardır. Bu aşamada reçine seçimi çok önemlidir. Çünkü reçine malzemenin özelliklerine, üretim sürecine ve istenen sonuca doğrudan etki edebilmektedir. Kullanım oranı ve malzemenin akışkanlığına uygun olarak cilalama süreleri değişkenlik gösterebilmektedir. Manipülasyonun ortalama süresi açık havada 4 saat civarındadır. Elevatordan yararlanılması durumunda süre kısalabilmektedir. Ciladan önce doğaltaşın tam sert bir hale gelmesi için 1-2 günlük bir bekleme ihtiyacı vardır (Sarışık ve Şentürk 2003; Acar 2004).

Epoksi reçineleri, epoksi (Oksijen atomu ve eter halkasının kapanması) fonksiyonlarını kapsayan küçük moleküllerden oluşmaktadır. Uç kısımlarında epoksi fonksiyonlarının yer aldığı küçük moleküller, elverişli koşullarda kürlenmeleri durumunda çapraz yönlü bağlanan ve dayanıklılığa sahip, yapışma kabiliyeti yüksek olan molekül zincirini oluşturmaktadır (Efe vd. 2012). Yukarıda sözü edilen özellikler, epoksi reçineleri bilhassa daha güçlü ve doğaltaşların tamirinde daha avantajlı bir hale getirmektedir.

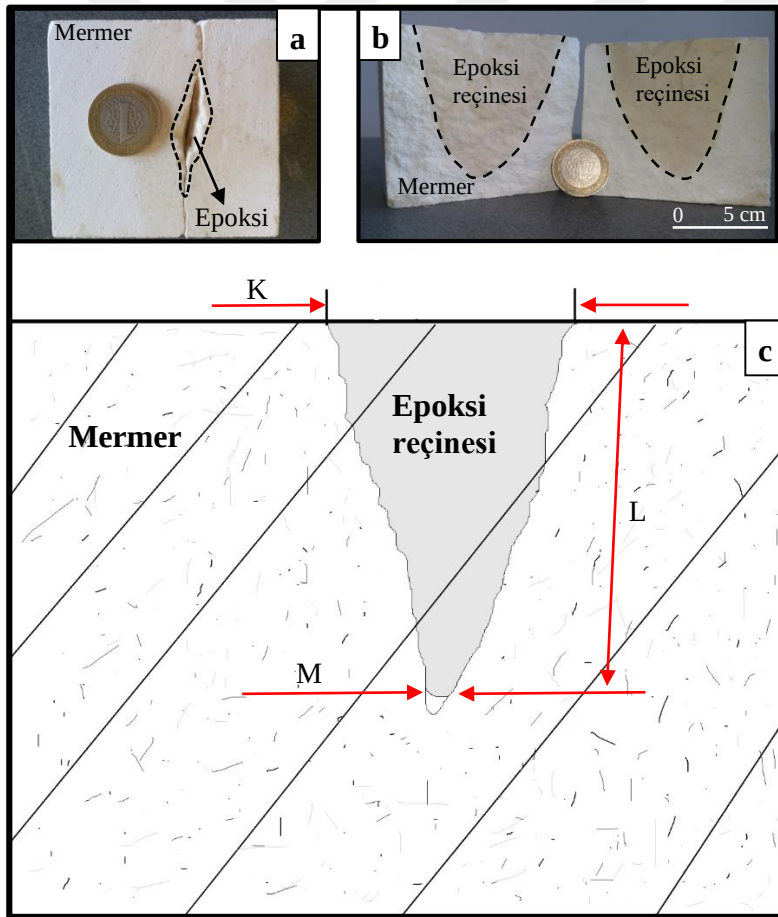


Şekil 2. 15. Onur mermer firmasının 2018 yılında kurduğu teknolojik testler kısmının epoksi reçinesinin uygulama bölümü

Epoksilere uygulanan kürlenme işlemlerinde, yüksek sıcaklıklara olan mukavemet ortalama olarak 150-200 °C arasındadır. Polimerlerin saydamlıkları düşük sıcaklıkta oluşurken, yüksek sıcaklıklarda ise kauçuklaşma söz konusudur. Geçişin ortaya çıkarmış olduğu sıcaklık aralığı ise “Cam geçiş sıcaklığı” olarak tanımlanmaktadır (Çelik 2007). Sıcaklık maksimum sıcaklıkta çalışabilme ölçütü niteliğindedir. 100 °C’deki kürlenme işleminde maksimum sıcaklık aralıkları ortalama olarak (90-100 °C) arttırılabilmektedir. Ek olarak, kürlenme işlemleri uygun katalizörler yardımıyla daha fazla hızlandırılabilir (Acar 2003; Yılmaz 2005).

Epoksi reçinesinin etki mesafesi

Epoksinin etki mesafesi için aşağıda (Şekil 2.16’da) görülen “L” değerinin mermer plakasının derinliğine bağlı çok az bir etkisi var iken, “K” ve “M” değerinin etki derinliği üzerindeki rolü ise çok büyüktür. Çelik (2007) konu ile ilgili yaptığı çalışmada numunelerin mikroskopik ölçümlerinin 225, 120, 60, 45 mikron değerinde olduğunu tespit etmiştir. Mikron değerler içerisinde 225 civarı çatlak aralığından epoksinin bolca geçtiği, diğer mikron aralıklarında ise sızıntı olduğu görülmüştür. Bu çatlakların altındaki mikron değerlerde herhangi bir epoksi saptanmadığını öne sürmektedir.



Şekil 2. 16. Mermer levhasına uygulanan epoksinin ham etki mesafesi; **a)** Epoksi reçinesinin uygulandığı levhanın üst kısmın görünümü; **b)** Epoksi reçinesinin mermer levhasının iç kısmında etki ettiği mesafe uzunluğunun görünümü; **c)** Epoksi reçinesinin mermer levhasına olan etki mesafesinin şematik çizimin görünümü

Çalışma sahasında alınan Limra mermer levhasında üzerinde epoksi reçinesi uygulanarak epoksi reçinesinin kuruması için arada geçen 24 saatlik bir zaman diliminin sonunda örnek makroskobik olarak incelendiğinde, kırık ve çatlak açıklığı geniş olan levhanın üst kısmı da “K” bolca epoksi reçinesinin geçtiği ve mermer levhasında üstten aşağıya doğru “L” gidildiğinde ise kırık ve çatlak açıklığı giderek daralan yerlerde “M” ise epoksi reçinesinin çok az geçtiği bazı yerlerde ise epoksi reçinesinin sızıntı şeklinde de geçtiği gözlenmiştir.

Epoksilerin başlıca polimer matrisi olmasının pek çok nedeni vardır. Bu nedenler aşağıda sıralanmaktadır (Kaw 1997; Ray 2006).

Başlıca polimer nedenleri;

- I. Gerek darbelere gerekse de çekmelere karşı yüksek mukavemette sahip olması,
- II. Aşınmalara karşı mukavemeti yüksek olması,
- III. Yüksek derecedeki sıcaklıklarda uygun fiziksel ve mekanik performansa sahip olması,
- IV. Dokular ve düzgünlüğe sahip olan yüzeylere yapıştırılabilir olması,
- V. Oda sıcaklığında katılaşabilme özelliğine sahip olması,
- VI. Kurlenme aşamasında uçuculuğunun asgari düzeyde olması,
- VII. Yüksek düzeydeki elektriksel ve kimyasal dirence sahip olması,
- VIII. Yüksek düzeyde yapışma dayanımına sahip olması,
- IX. Gerek uygulamanın gerekse de ve temizliğinin kolay olmasıdır.

Hem mekanik yüklere, hem aşınmaya hem de kimyasal maddelere karşı mukavemetinin yüksek olmasından dolayı epoksiler önemlidir.

2.4.4.2. Polyester reçinesi

Polyester reçine, kimyasal açıdan büzülme toleransı esnekliğe sahip olan bir reçinedir. Sağlamaştırma aşamasında, doğaltaş üzerine polyester uygulaması, üretim sürecinde ve üretim sürecinin sonundaki kırılma ve çatlama olasılıklarını önemli ölçüde düşüren bir yöntemdir. Alifatik polyester aromatiğe kıyasla oldukça yumuşak, aromatik bir özelliğe sahiptir. Öte yandan çapraz bağlanma, kristalizasyon, plastikleştirme ve dolgu gibi maddeler yardımıyla bu reçinelerin özellikleri artabilmektedir.

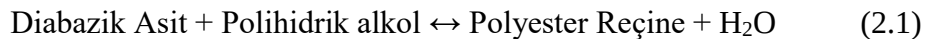
Polyester reçine uygulaması aynı zamanda istatistiksel açıdan da önerilen etkin bir yöntemdir. Polyester reçineler çatlak ya da kırılmış olan mermerlerdeki levhaları sağlam hale getirmek ve birleştirmek için gözenekli malzemelere de dolgu yapmak için kullanılmaktadır (Acar 2003; Sarıışık ve Şentürk 2003; Yılmaz 2005; Öztekin 2007).

Acar (2004) Polyester reçine oldukça esnek bir yapıya sahip ve gözeneklerin doldurulması ve güçlü doğaltaşların güçlendirilmesi amacıyla kullanılan oldukça uygun bir yöntemdir. Polyester reçinesi uygulandıktan sonra yüzeyde bir yapışkanlık hissi oluşturmakta ve bu da yüzeyde uzun süre kalabilmektedir. Yapışkanlık hissinin olmaması için içerisinde ‘‘Parafin’’ olan reçinelerden yararlanılmaktadır. Ayrıca polyester reçinelerin polimerizasyon (Tam sertleşme) süreleri ise farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 2. 17. Polyester reçinesinin mermer bloğuna uygulanışı ve kesim sonucu ortaya çıkan mermer levhalarının görünümü

Epoksi reçinelerde olduğu gibi polyester reçinelerin matrislerinde de karbon vardır. Dibazik asitler, glikol veya dihidrik fenollerin karışarak yoğunlaşması sonucunda polyester matrisler şekillenmektedir. Bu reçineler oldukça geniş bir kimyasal aileyi kapsamakta ve genellikle dibazik asitlerle polihidrik alkollerin kondensasyon reaksiyonu ile sağlanmaktadır (Acar 2000; Bağcı 2010).



Polyester reçine uygulaması, mermerin üretim aşamalarında ve üretim aşamasından sonra ortaya çıkabilecek kırılma çatlama oranlarını düşürmektedir. Gerek halkalı gerekse de alifatik bulunmasına paralel bir şekilde farklı özellik gösterebilmektedir. Polyesterin karışımında benzoile peroxide veya mek peroxide adlı sertleştiricilerden biri seçilir. Manipülasyon zamanı ortalama 1 saat 40 dakika civarındadır.

Cila yapılmadan evvel tam sertleşmesi için 24 saatlik bir bekleme zamanına ihtiyaç vardır. Manipülasyon ve tam sertleşme süreleri reçineye ve uygulama şekline, uygulama amacına göre değişebilmektedir (Neville 2000; Acar 2004).

İlgili kişiler tarafından sıklıkla kullanılan bu tekniğin bir diğer iyi yanı ise, klasik araçlardan olan spatulayla bile uygulanabilmesi ve doğru şekilde bu tekniğin uygulanması durumunda, hem çatlaklar hem de gözenekler tek tek doldurulduğu için en garantili teknik olduğunu söylemek mümkündür.

Kaliteli bir dolgu için reçinenin gözeneklere ve çatlaklara spatula yardımıyla içlerinin tam olarak doldurulması gereklidir. Aradan geçen 1 günlük süreçte polyester reçine tam kurumakta ve kuruma polyester reçineyi oldukça sertleştirmektedir. Böylece üretim aşamasında kırılma ve ürün kayıplarının büyük ölçüde önlenmesine katkı sağlamaktadır. Polyester reçineler kullanıcılara oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar arasında dikkati çekenler aşağıda sıralanmaktadır (Sarıışık vd. 1996; Acar 2003; Öztekin 2007).

Polyester reçineler kullanıcılara sağladıkları önemli avantajlar ise;

- I. Polyester reçinelerin % 100 solventsiz olması ve herhangi bir zararlı bileşeni içermemesi,
- II. Polyester reçineler esnek olduğundan değişen ortam koşullarından olumsuz etkilenmemesi, çatlama ve bozulmaya neden olmaması,
- III. Kürlenme sürelerinin düşük olmasından ötürü kullanıcılara zaman açısından avantaj sağlaması,
- IV. Herhangi bir astar uygulamasına ihtiyaç duyulmadan uygulanabilme özelliğine sahip olması,
- V. Ürünlerin Ultraviyole (U.V.) ışınlar karşı mukavemeti olması ve yüzey renginde değişme olsa dahi, reçinenin yapısında herhangi bir bozulma olmaması,
- VI. Akıcı olduğundan gözenek ve çatlaklardaki boşlukların kapanması ve yüzeyde yayılım sağlaması,
- VII. Makine ile kullanıma uygun bir yapıya sahip olması ve uygun makinelerin yardımıyla ayarlanan kürlenme zamanı, uzun metrajlı yerlerde avantaj sağlanabilir olmasıdır.

2.4.4.3. Ultraviyole ışını

Ultraviyole (U.V) ışını ile kurutma reçinenin manipülasyon süresini kısaltmaktadır. (U.V) ışını ile etki eden ürünün fırından alındıktan sonra yüzeydeki tabaka tam anlamıyla kurur ve sonrasında doğaltaş hem nakledilebilir duruma hem de stoklanabilir duruma gelir (Çetin 2001).

Klasik reçinelerle (U.V) ışınların manipülasyon zamanları karşılaştırıldığında, arada ciddi bir zaman kaybı vardır ve ultraviyole ışını bu konuda daha avantajlıdır. Öyle ki, diğer reçinelerde ortalama iki saatte olan kuruma süresi, ultraviyole ışınlarla ise birkaç dakikada gerçekleşmektedir (Acar 2003; Öztekin 2007).

Ultraviyole ışını sistemde akıcı bir reçine hattını oluşturmak oldukça zor ve her zaman mümkün olmayabilir. Doğaltaşın ışığı gören yüzey kısmı hızlı bir şekilde pışmekte, çatlak ve gözeneklere (U.V) ışını ulaşmadığından doğaltaşın içindeki reçinenin kurumaması söz konusu olabilmektedir.

Ultraviyole ışının hatları için bazı karıştırma teknikleri vardır. Karıştırma, çatlakların onarılacak doldurulması aşamasında (U.V) ışığın ulaşmadığı iç kısımlara kadar ulaşmasıdır (Çetin 2001). Ortalama olarak 20 kg. kapasiteye sahip bir reçine deposu yaklaşık %1'lik oranda katalizör eklenerek başka bir kap yardımıyla karıştırılmaktadır. Böylece depoya konulan reçine yaklaşık olarak 3 saat civarında tank içerisinde jel haline gelmeden sorunsuz bir biçimde kullanılabilir. Bütün gün aralıksız eklemelerle depodaki reçine miktarı yenilendiğinden, reçinenin dolaşımında herhangi bir sertleşme söz konusu değildir (Acar 2004; Çelik 2007).

Doğaltaşlara uygulanan ultraviyole ışını, film tabakasının çapı, bant hızı ve pompa debisi yardımıyla ayarlanmaktadır. Perdenin alt kısmından geçen doğaltaşlara, uygun şekillerde, uygun miktarda olduğunda, reçine daha basit bir şekilde uygulanabilir (Sarıışık ve Şentürk 2003).

Reçine sürekli dolaşımda olduğundan ve akışkan durumda olduğundan reçinenin fazla olan kısmının yeniden pompalanabilmesi amacıyla tanka geri gönderilir. Mantıksal bakımdan, reçinenin doğaltaşın içerisinde nüfuz etmesi istenen bölgelere girmesi için perde ünitesinin belli bir aralıkta yerleştirilmesi gereklidir. Bu aşamada genel olarak iki bölümün varlığı söz konusudur. Bunlar düşük ve yüksek radyasyon üniteleridir. Düşük radyasyon, tam polimerizasyonun gerçekleşmesi için reçineyi hazırlamaktadır. Reçineye oldukça güçlü radyasyon tek seferde verilmesi halinde, reçinenin yanması söz konusudur. Yüksek radyasyonun olduğu ünite, film tabakasının yüzeyini tamamen kurutmakta ve doğaltaşın çok iyi bir şekilde stoklanmasına katkı sağlayabilmektedir (Acar 2000; Çetin 2001; Sarıışık ve Şentürk 2003; Çelik 2007).

Ultraviyole ışını sistemi, hem gözenek doldurulması hem de çatlakların onarımı tamirinde de elverişli bir yapıya sahiptir. Bilhassa doğaltaşlardaki çatlakların tamir edilmesi için reçine içerisine nüfuz etmekte ve dolgu görevini görmektedir. Çift etkili sistem yardımıyla da çatlaklara giren reçineler kuruyarak sert bir hale gelerek, cilaya hazır duruma gelmektedir (Sarıışık vd. 1996). Cilaya hazır olmadan cilalandığına, çatlaklardaki reçine kurumadığından arzu edilen seviyedeki sertliği yakalamadığı için kırılma yaşanması söz konusudur. Bu hem yapılan işlemin boşa gitmesine hem de maliyet açısından işletmeye zarar vermektedir (Çetin 2001; Acar 2004; Çelik 2007).

2.4.4.4. Mastik çimentolu dolgu

Geçmişte doğaltaşlardaki büyük gözeneklerin ve çatlakların doldurulması amacıyla çimentodan yararlanılmaktaydı. Daha sonra sağladığı katkıların çimentoya kıyasla daha avantajlı olmasından ötürü mastikten yararlanılmaya başlanmıştır.

Mastik çimento dolgusu, doğaltaş ve diğer yapıtaşlarındaki gözenekleri doldurmak amacıyla tasarlanan bir üründür. Uygulandıktan sonra oldukça hızlı bir biçimde sertleşerek hızlı ve zaman kaybetmeksizin cilalama işlemine geçilmesine olanak sağlamaktadır. Mastik çimento dolgular, kalsiyum ve benzeri tozlar, homojenleştirici ve hızlandırıcı maddelerinin birbiriyle karıştırılması sonrasında elde edilmektedir (Sarışık vd. 1996; Çetin 2001; Acar 2003).

Mastik çimento dolgular, tüm yapıtaşlarına hem istenildiği şekilde, hem de istenilen renklerde uygulanabilmektedir. Uygulandıktan kısa süre sonra cilalanabilir özelliğe sahip olması mastik çimentonun önemli özelliklerinden biridir. Bazı hızlandırıcılarla fırın yardımıyla kullanıldığında süre 3 dakika gibi kısa sürede tamamlanarak çalışmanın kesintisiz hale gelmesine olanak sağlamaktadır. (U.V) ışınların yardımıyla, cilaya geçiş zamanı daha da kısaltılabilmektedir (Öztekin 2007).

Herhangi bir yapıtaşının gözeneklerine özenli bir biçimde elle uygulanmakta ve buda gözeneklerin doldurulmasını garantiye getirmektedir. Mastik çimento dolgunun maliyet bakımından fazla olsa da bilhassa İtalya ve İspanya gibi Avrupa ülkelerinde traverten dolgusunda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kullanılma nedenlerinin başında, çimentoya kıyasla daha fazla avantaj sunmasıdır. Yukarıda sözü edilen mastik çimento dolgu malzemeleri kurtulma prosesine uygun doğaltaşlarda kullanılmaktadır (Acar 2000; Çetin 2001; Sarışık ve Şentürk 2003).

Sonuç olarak mermer, yapı ve kaplama doğaltaşlarında genel olarak görülen gözenek ve çatlakların tamiri için mastik çimento dolgudan yararlanılmaktaydı. Ancak yukarıda da belirtildiği üzere, sağladığı avantajlardan ötürü polyester reçineden yararlanılmaya başlanmıştır. Mastik çimento dolgular, çatlak ve gözenekleri kusursuz ve aynı zamanda kesintisiz olarak doldurmak amacıyla tasarlanan ürünlerden biridir. Hızlı sertleşmesi ve doğaltaşın dolgu sonrası hemen cilalanmasına olanak sağlaması da en önemli avantajlarının başında gelmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanlarına ait gerekli literatür taranması yapıldıktan sonra arazi çalışmalarına geçilmiş ve inceleme alanının 1/25000 ölçekli Antalya (P24-a3 ve P24-a4) pafta sınırları içerisinde yer alan jeolojik topoğrafya haritası üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 3. 1. Limra mermer ocaklarında örnek alımı ve örneklerin analizlere hazırlanma aşamaları

2019 yılı mart ayı döneminde sürdürülen arazi çalışmalarında, çalışma konusu olan Limra mermerlerin üretildiği mermer ocağı yerinde incelemeler yapılmıştır. Limra mermerin sahadaki konumlarını, yapısal ve dokusal özelliklerini görsel olarak verebilmek amacıyla, gerekli görülen noktalarda fotoğraf çekimleri yapılmış ve Limra mermer ocağından gerekli laboratuvar deneylerini yapmak için yeterli miktarda mermer örnekleri alınmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmalarında ise arazi çalışmaları sırasında alınan Limra mermer örnekleri için gerek saha gözlemleri gerekse jeolojik özellikler, mineralojik-petrografik ve fiziko-mekanik özellikleri açısından incelenmiş, yapılan çalışmalar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

3.2.1. Mineralojik-petrografik analizler

3.2.1.1. Mikropaleontolojik tanımlama ve fasiyes değişimi

Laboratuvar çalışmalarında ilk olarak ince kesit yapımı için toplanan örneklerden Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde bulunan taş kesme cihazı kullanılarak, uygun boyutlarda plakalar kesilmiştir. mikropaleontolojik tanımlama ve ince kesit incelemeleri için TS EN 699'ü (2018 yılında geçerli) temel alınarak 5×5×5 cm. boyutlarında en az 7'er adet farklı masif örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilmiş ve örneklerin mikropaleontolojik tanımlama ve ince kesitleri yaptırılmıştır.

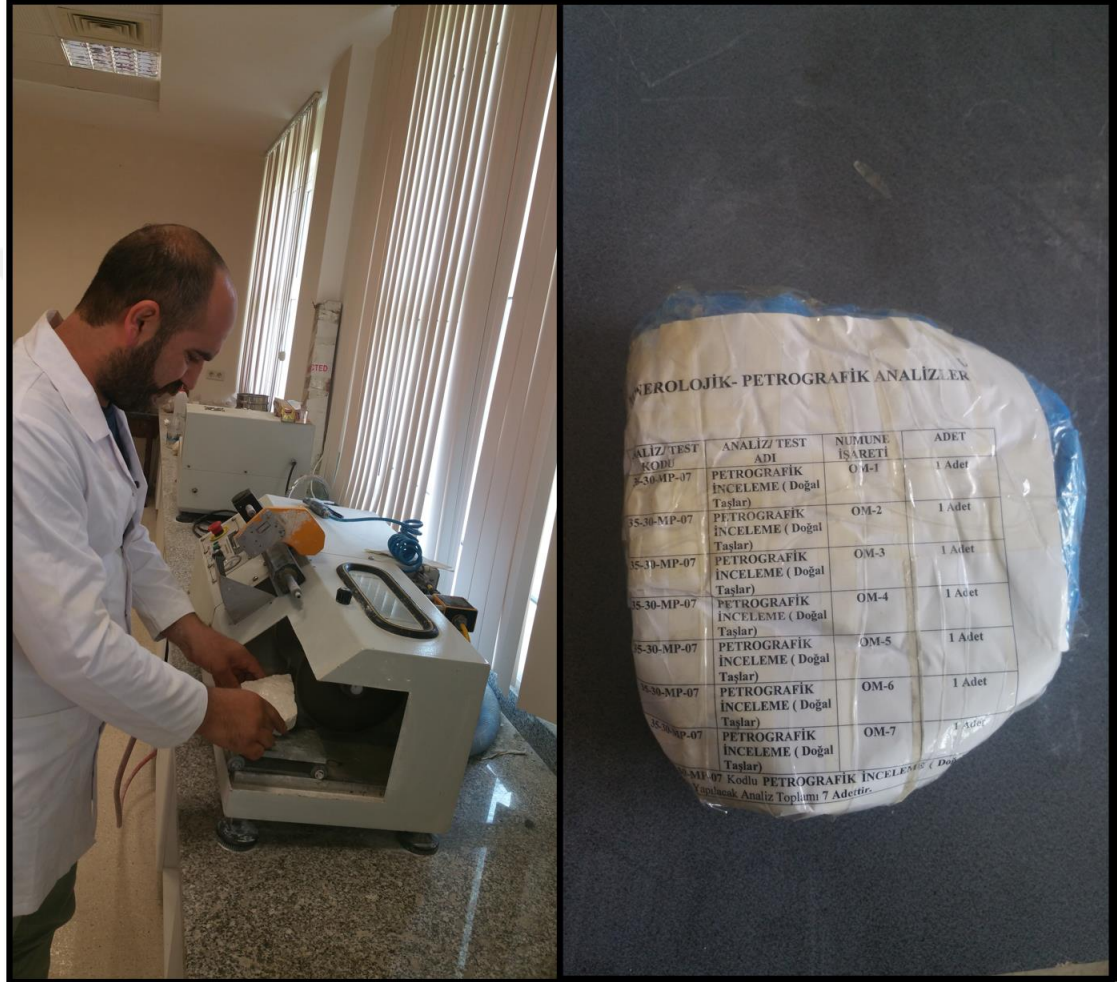
Mikropaleontolojik tanımlama ve ince kesitler üzerinde alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop yardımıyla kayaçların mineralojik ve dokusal özelliklerini belirlemeye yönelik incelemeler yapılmıştır. İnceleme sırasında örneklerin vurgulanmak istenen mineralojik ve dokusal özelliklerinin sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde yer almaktadır.



Şekil 3. 2. Limra mermer ocağından alınan örneklerin mikropaleontolojik tanımlamaları için mikroskop çalışması

3.2.1.2. Petrografik incelemeler

Kayaçların, mineralojik bileşimlerinin, yapısal ve dokusal özelliklerinin incelenmesi, kayaçları oluşum koşullarının, kimyasal ve mineralojik bileşimlerine göre tanımlanması için ve petrografik incelemeleri için TS EN 12407'i (2018 yılında geçerli) temel alınarak 5×5×5 cm. boyutlarında en az 7 farklı masif örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarlarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneyisel sonuçlar bulgular ve tartışma bölümünde yer almaktadır.



Şekil 3. 3. Mermer örneklerin petrografik analizler için hazırlanması

3.2.1.3. X-ışını kırınımı (XRD) analizi

X-ışını kırınım yöntemi (XRD), her bir kristal fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak X-ışınları karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanan ve her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristalin tanımlanmasıdır. Limra mermerin X-ışını kırınımı (XRD) tayini için TS EN 15310'u (2018 yılında geçerli) temel alınarak 5×5×5 cm. boyutlarında en az 7 farklı masif örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarlarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait analiz grafikleri ekler 1. kısmında yer almaktadır.

3.2.1.4. XRF analizi

X-ışınlarına maruz kalan malzemelerin atomları iyonize olurlar. İyonize olan atomlar bir veya daha fazla sayıda elektron kaybederler. Yüksek enerjili x-ışınları atomların daha içteki yörüngelerinden elektronların koparılmasını sağlayabilir. İç yörüngeden elektron yitirilmesi bu yörüngede bir boşluk oluşmasına ve üst yörüngelerdeki elektronları bu boşluğu doldurmasına neden olmaktadır. Bu durumda iki yörünge arasındaki enerji farkına karşılık gelecek şekilde foton biçiminde enerji açığa çıkar. Bu ışınlar malzemede bulunan atomların karakteristik enerjisine sahip radyasyon biçiminde gerçekleştirir. Bu enerjilerin tespit edilmesi ile malzeme niceliksel ve niteliksel olarak karakterize edilir. X-ışını floresans (XRF) tayini, Limra mermer numunelerin içerdiği elementlerin nitel ve nicel analizleri belirlemek için TS EN 15309'u (2018 yılında geçerli) göre öğütülmüş halde en az (50'şer gr) 6 farklı örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deney ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.1'de) yer almaktadır.



Şekil 3. 4. XRF analizi için örnek alımı ve Limra mermer ocağı arazi çalışması (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

3.2.2. Fiziko-mekanik analizler

3.2.2.1. Ön teknolojik inceleme analizi

Ön teknolojik inceleme tayini mermerlerin işleme sonucunda elde edilen mermer ürünün cila alma yeteneği, plaka verme durumu ve kenar köşe kesilme durumları vb. parametreler için TS EN 6810'u (2018 yılında geçerli) temel alınarak 10×10×10 cm. küp boyutlarında en az 3 farklı örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deney sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.3'de) yer almaktadır.



Şekil 3. 5. Ön teknolojik analiz için örnek alımı

3.2.2.2. Sertlik (mohs) analizi

Sertlik tayini, kayaçların aşınmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Mermerin sertliği cinsine göre, bünyede bulunan yabancı minerallere bağlı olarak değişiklikler gösterir.

Limra mermerin sertlik tayini için TS 6809'u (2018 yılında geçerli) temel alınarak 10×10×10 cm. küp boyutlarında en az 2'şer adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.4'de) yer almaktadır.

3.2.2.3. Darbe dayanımı analizi

Mermerlerde darbe dayanımı tayini, standart boyutlardaki mermerin belirli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Darbe dayanım tayini mermerlerin kullanım alanlarının belirlenmesinde bilinmesi gereken bir özelliktir (Erdoğan ve Yavuz 2004).

Mermerlerin darbeye karşı mukavemetleri arttıkça, hem zemin döşemesinde hem de iç ve dış mekân kaplamada rahat kullanma kolaylığı sağlanmaktadır. Kireçtaşların darbeye karşı düşük dirençli olmalarından dolayı genellikle dekorasyon ve duvar kaplama alanlarında kendilerine kullanım yeri bulabilmektedir.

$$\sigma_{da} = n \times (n + 1) \quad (3.1)$$

Burada;

σ_{da} : Darbe direnci (kgf/cm³),

n : Kırılmaya neden olan darbe sayısı.

Darbe dayanımı (σ_{da}) tayini için TS 699'u (2018 yılında geçerli) temel alınarak Limra mermerin darbe dayanım tayinin değerlerini hesaplamak için 4×4×4 cm. küp boyutlarında en az 12'er adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.5'de) yer almaktadır.

3.2.2.4. Kaynar suda su emme analizi

Limra mermerin kaynar suda su emme tayini için TS 699'u (2018 yılında geçerli) temel alınarak kaynar suda kütlece ve hacimce su emme tayinin oranlarını hesaplanmak için 5×5×5 cm. küp boyutlarında en az 12'er adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.6'da) yer almaktadır.

Mermerin kütlece su emme tayini aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$S_{KK} = \frac{G_D - G_K}{G_K} \times 100 \quad (3.2)$$

Burada;

S_{KK}: Kaynar suda kütlece su emme oranı (%),

G_D: Kaynar suda doygun hali getirilmiş doğaltaşın havadaki ağırlığı (gr),

G_K: Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş doğaltaşın ağırlığı (gr).

Mermerin hacimce su emme analizi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$S_{KH} = \frac{G_D - G_K}{G_D - G_{DS}} \times 100 \quad (3.3)$$

Burada;

S_{KH}: Kaynar suda hacimce su emme oranı (%),

G_D: Kaynar suda doygun hali getirilmiş doğaltaşın havadaki ağırlığı (gr),

G_{DS}: Kaynar suda doygun hali getirilmiş doğaltaşın su içindeki ağırlığı (gr),

G_K: Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş doğaltaşın ağırlığı (gr).

3.2.2.5. Aşınma direnci (Böhme) analizi

Zemin döşemelerinde, iç ve dış mekan kaplamalarında kullanılan mermer levhaları, özellikle insan topluluğunun çok yoğun olduğu yerlerde, zaman içerisinde sürtünmenin etkisiyle aşınma meydana gelmektedir. Doğaltaşların sürtünme etkisiyle uğrayacakları aşınma kayıpları, laboratuvarında “Aşınma direnci (Böhme) tayini” yardımıyla bulunmaktadır. Limra mermeri aşınma direnci (Böhme) tayini için TS EN 1415’i (2018 yılında geçerli) temel alınarak mermer yüzeylerinde meydana gelen aşınma değerlerini belirlemek için 7×7×7 cm. küp boyutlarında en az 12’er adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.8’de) yer almaktadır.

Mermerin aşınma (Böhme) direnci tayini aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$\Delta m = M_i - M_s; \quad \Delta m = \Delta v / dh \quad (3.4)$$

Burada;

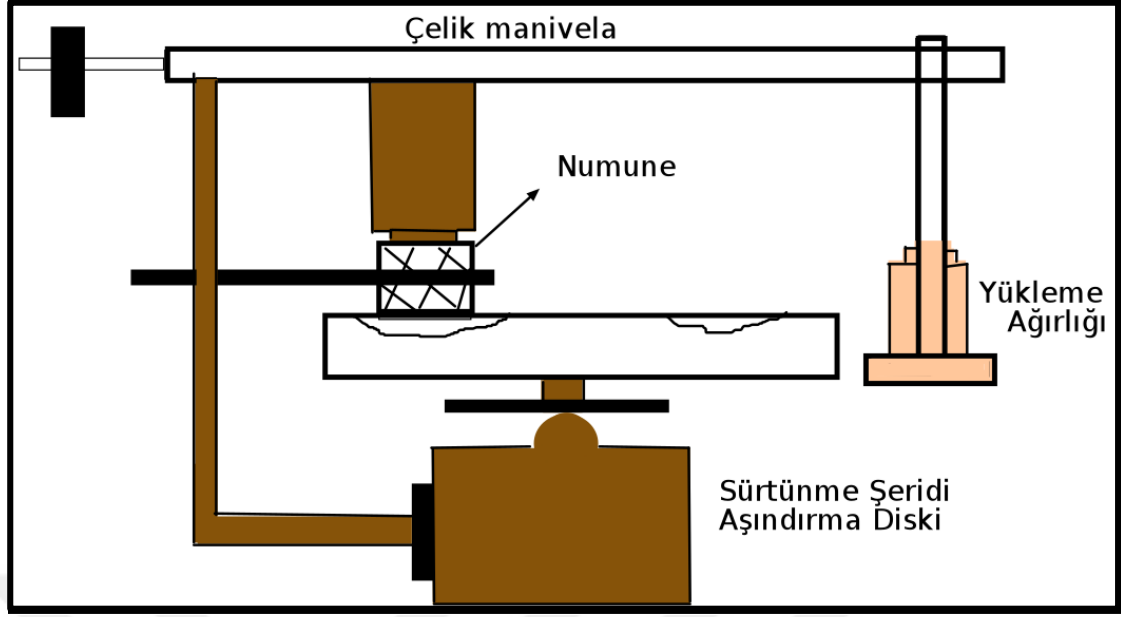
Δm: Örneğin 50 cm² yüzeyinde meydana gelen aşınma oranı (gr/cm³),

M_i: Örneğin aşınma ağırlığı (gr),

M_s: Örneğin aşınma sonrası ağırlığı (gr),

dh: Örneğin birim hacim ağırlığı (gr/cm³),

Δv: Örneğin 50 cm²’lik yüzeyindeki hacim kaybı (cm³/50 cm²).



Şekil 3. 6. Böhme yüzeysel aşındırma cihazının şematik çiziminin görünümü

3.2.2.6. Don sonu basınç dayanımı analizi

Doğaltaşlarda donma-çözülme olayları kayaçlar üzerinde ne kadar kütle kaybına sebep olduğunu incelemek için deney numuneleri laboratuvar ortamında donma-çözülme periyotlarına tabi tutulmaktadır.

Limra mermerin don sonu basınç dayanım tayini için TS 699'a (2018 yılında geçerli) göre 5×5×5 cm. küp boyutlarında en az 40'ar adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.10; Çizelge 4.11; Çizelge 4.12'de) yer almaktadır.

Mermerlerde donma-çözülme dayanım analizlerinde (Don kaybı) şu eşitlikle hesaplanır;

$$D_K = \frac{G_O - G_K}{G_O} \times 100 \quad (3.5)$$

Burada;

D_K: Don kaybı (%),

G_O: Numunenin deney öncesi kütlesi (gr),

G_K: Numunenin deney sonrası kütlesi (gr).

Don tesiri sonucu basınç dayanım tayinindeki azalma ise aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$\Delta\sigma_{cd} = \frac{\sigma_c - \sigma_{cd}}{\sigma_c} \quad (3.6)$$

Burada;

$\Delta\sigma_{cd}$: Don tesiri ile basınç değişiminde meydana gelen azalma (%),

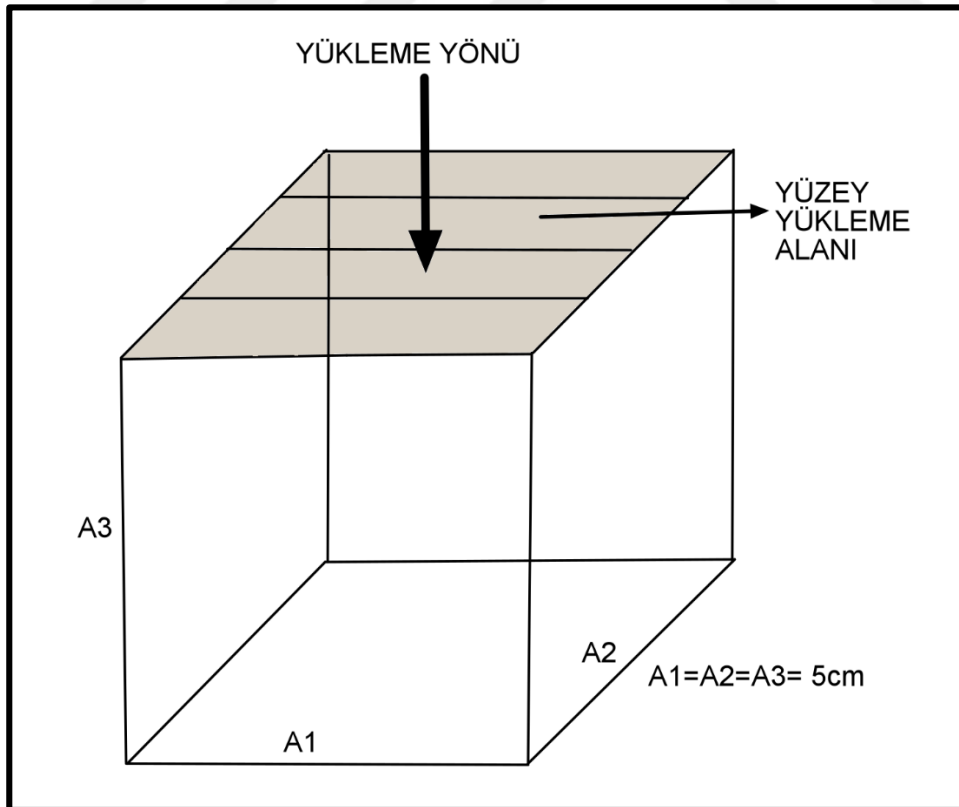
σ_c : Don deneyi uygulanmamış mermerin tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm^2),

σ_{cd} : Don sonrası deneyi uygulanmış mermerin tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm^2).

3.2.2.7. Tek eksenli basınç dayanım analizi

Tek eksenli basınç direnci tayini, yapıtaşı olarak kullanılacak malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlemede en önemli etkidir. Tek eksenli basınç direnci tayini, belli boyutlardaki kayaçların belli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Gevrek malzemelerde, tek eksenli basınç tayinindeki numune alanında herhangi değişme olmadan kırılma meydana gelir. Basınç altındaki kayaçlarda meydana gelen kırılma tipi ve şekilleri kayacın litolojik özelliğine, gerilme tipine, süresine, sıcaklığına, boşluk suyu basıncına vb. parametrelere göre farklılık gösterilmektedir (Yavuz 2001).

Limra mermerin tek eksenli basınç dayanım tayini için TS EN 1926'i (2018 yılında geçerli) temel alınarak mermerde meydana gelen basınç değerlerini hesaplamak için $5 \times 5 \times 5$ cm. küp boyutlarında en az 20'er adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.14'de) yer almaktadır.



Şekil 3. 7. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan kübik bloğun şematik çizimi

Mermerin tek eksenli basınç dayanım tayini aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A} \quad (3.7)$$

Burada;

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm²),

F_c : Numune yenilme yük değeri (kg),

A : Numune kesit alanı (cm²).

3.2.2.8. Atmosfer basıncı altında su emme analizi

Limra mermerin atmosfer basıncı altında su emme tayini için TS 699'u (2018 yılında geçerli) temel alınarak mermerlerde meydana gelen su emme değerleri hesaplamak için 5×5×5 cm. küp boyutlarında en az 20'er adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.16'da) yer almaktadır.

Mermerin atmosfer basıncı altında su emme tayini aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$a = \frac{(w_d - w_k)}{w_k} \times 100 \quad (3.8)$$

Burada;

a : Atmosfer basıncı altında su emme kütlesi (%),

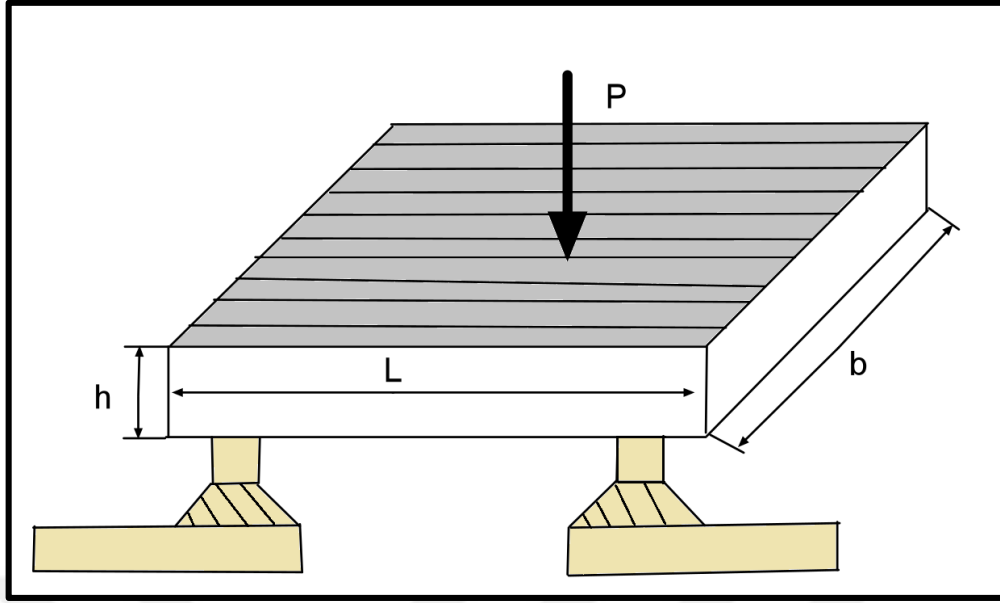
w_d : numunenin suda emdirilmiş ağırlığı (gr),

w_k : numunenin kuru ağırlığı (gr).

3.2.2.9. Yoğun yük altında eğilme dayanımı analizi

Standart boyutlardaki mermer bloklarında elde edilen plakalarının belirli doğrultularda kırılmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Mermerlerin kullanımı, genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plaka şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Mermer bloklarında elde edilen plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe mermerin yoğun yük altına eğilme dayanımına göre tespit edilmektedir.

Limra mermerin yoğun yük altında eğilme direnci tayini için TS EN 12372'i (2018 yılında geçerli) temel alınarak mermerde meydana gelen eğilme direnci tayini değerlerini hesaplamak için 5×5×30 cm. küp boyutlarında en az 20'er adet 1 örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.18'de) yer almaktadır.



Şekil 3. 8. Yoğun yük altında eğilme dayanım düzeneğinin şematik çizimi

Mermerde yoğun yük altında eğilme dayanım tayini aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$\sigma_E = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (3.9)$$

Burada;

σ_E : Eğilme dayanımı (kg/cm²),

P: Kırılmaya neden olan en büyük yük (kg),

L: Deney numunesinin mesnetler arası mesafe (cm),

b: Deney numunesinin genişliği (cm),

h: Deney numunesinin yüksekliği (cm).

3.2.2.10. Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite analizi

Limra mermerde meydana gelen, yoğunluk ve görünür porozite tayini için TS 8615'i (2018 yılında geçerli) temel alınarak mermerlerde meydana gelen yoğunluk ve görünür porozite değerleri hesaplamak için en az 50'er gr 10 adet parçalar halinde toplam 3 kg. örnek Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilerek analizi yaptırılmıştır. Deneylere ait ortalama sonuçları bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.20'de) yer almaktadır.

Mermerde yoğunluk tayini aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$d_o = \frac{A_B}{(A_A + A_B) - A_C} \quad (3.10)$$

Burada;

do: Yoğunluk (gr/cm^3),

AA: Piknometre + Su (gr),

AB: Numune miktarı (gr),

Ac: Piknometre + Su + Numune miktarı (gr).

Mermerde Görünür Porozite tayini aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$P_G = d_h \times S_k \quad (3.11)$$

Burada;

PG: Görünür porozite oranı (%),

dh: Taşın birim hacim ağırlığı (gr/cm^3),

Sk: Taşın kütlece su emme oranı (%).

3.2.2.11. Epoksi reçinesi

Epoksi reçinesi, birden fazla epoksi grubu bileşenleri içeren ve termoset (ısı altında sertleşen reçine) hale gelebilen ön polimerdir. Epoksi reçineleri adını yapısında bulunan epoksi fonksiyonel gruplarından almıştır. Epoksi reçine sertleştirilmemiş haliyle viskoz yani sıvı halde veya katı halde kırılğan formda bulunan ve ısıtıldığında tekrar sıvı hale gelen polimer maddedir.

Mermer sahalarında kesilen mermer blokların işlenmeleri sonucu ortaya levhalarda yüzeyinde meydana gelen çatlak kırılmalar ve pürüzlü yüzeyini ortadan kaldırmak için dünya piyasasına olan rekabetini artırmak ve ayrıca da o mermer bloğunda işlenmesi sonucu ortaya çıkan ürünlerine olan taleplerini artırmaktır.

Antalya Finike-Turunçova’da bulunan Onur mermer firmasının yeni kurduğu ve tamamen teknolojik aletlerle yapılan kısmında epoksi reçinesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.22’de) yer almaktadır.

Epoksi reçinesinin uygulama şekli

Onur mermer firması Antalya Finike-Turunçova Alacadağ (Hacıveliler) mevkiinde bulunan Limra mermer ocağında kesim yapılarak ortaya çıkan mermer blokları tedarik edilerek kesim işlemleri için fabrikaya getirilmektedir.



Şekil 3. 9. Finike-Turunçova Alacadağ (Hacıveliler) mevkindeki Onur Limra mermer blokların görünümü; **a)** Mermer blokların kesilmemiş doğal hali; **b)** Mermer blokların kesilmiş hali

Alacadağ (Hacıveliler) mevkiindeki Limra mermer sahasında mermer fabrikasına getirilen her türlü mermer blokları fabrika da istenilen boyutlarda kesilerek imalat aşamalarına girmektedir. Kesime hazır hale getirilen her bir mermer bloğun yaklaşık 7-8 saatlik bir sürede katrik kesim makinesinde istenilen kalınlıklarda levhalar haline getirilmektedir. Ortaya çıkan mermer levhaların üzerinde gerekli işlemler yapıldıktan sonra diğer aşama olan yüzey epoksi ve arka fileleme işlemine geçilmektedir.

Burada epoksi reçinesini uygulanacak olan doğaltaşın tamamıyla kuru olması gerekmektedir. Burada kastedilen doğaltaşın yüzey kuruluğu değildir. Epoksi reçinesinin gireceği çatlakların içinin de kurutulmuş olması gerekmektedir. Dolayısıyla doğal kurumaya bırakılan levhaların istenilen ölçüde kuruması oldukça zordur ve uzun bir süre gerekmektedir. Bunun için kurumayı kolaylaştırıcı ve hızlandırıcı fırın sistemleri kullanılmaktadır.

Epoksi uygulanacak ürünler uygulama öncesi bu fırınlardan geçirilerek kurutulurlar. Fırınlarda kurutulan doğaltaşların üzerine fırın çıkışında bir konveyör üzerinde mermer levhaların arka yüzeyinde ilk önce fileleme işlemi yapılır. Fileleme işlemi bittikten sonra arka yüzeyin kürlemesi için fırına geri gönderilerek kurutma işlemi tekrar yapılmaktadır.



Şekil 3. 10. Mermer levhasına epoksi uygulamadan önce fırınlarda kurutması ve sonra mermer levhasının arka yüzeyine epoksi reçinesi ile fileleme işlemi uygulaması

Kurutma işlemi bitikten sonra fırınlarda çıkan levhalar ters çevrilerek mermer levhasının ön yüzey kısmına epoksi işlemleri ile levhaların yüzey dolgu işlemi yapılmaktadır. Mermer levhasının yüzey dolgu işlemi yapılan ürünler tekrar fırınlara gönderilerek bekletilmektedir. Bu işlemlerin sonunda sağlam ham yüzeyli levhalar elde edilmekte ve yüzey işlemi için hazır hale gelmektedir.



Şekil 3. 11. Mermer levhasının yüzeyine epoksi reçinesinin sürülmesi ve mermer levhasının kürlenmesi (pişirme) için tekrar fırınlara gönderilerek bekletilmesindeki fabrika görünümü; **a)** Mermer levhasının yüzeyine sürülen epoksi reçinesi; **b)** Mermer levhasının yüzeyine sürülen epoksi reçinelerin pişirme fırını

Mermer levhasının ön yüzeyine epoksi işleminden sonra hazır hale gelen mermer levhaları istek veya siparişe göre cilalı, honlu, patinatolu, split face, sand blasted, combed, bush hammered, didge veya kumlanmış yüzey vb. olarak hazır hale gelmekte ve paketlemek üzere stok alanına götürülmektedir.



Şekil 3. 12. Epoksi işlemi biten mermer levhaları kuruduktan sonra istenilen boyutlarda ve alınan siparişe göre kesilmek üzere stok alanına götürülme bölümü

3.2.2.12. Polyester reçinesi

Polyester reçinesi zincirli eter işlevlerine bağlı motiflerin birleşmesinden oluşan polimerlere denir. Kullanım sırasında katılan benzoile peroxide veya MEK peroxide ve ardından uygulanan ısıtma ile polimerleşme sağlanır. Polyester reçineler uygulandıktan sonra elle dokunulduğunda yüzeydeki yapışkanlık hissi çok uzun süre kalabilmekte ve bu yapışkanlığın istenmediği durumlarda “Parafin” içeren polyester reçineler kullanılmaktadır.

Mermer sahaların işletmeye açılmalarında sonra mermer ocaklarında blok alımlarında kullanan patlatma, delme ve çatlatma, elmas telle kesme veya kollu kesici kesme vb. yöntemlerle blok alımları sırasında mermer bloklarında meydana gelen kırılma, çatlama veya mermer fabrikasına getirilen blokların katrak kesim aşamasında meydana gelen kayıpları en aza indirmek için uygulanan bir yöntemlerin başında gelmektedir. Mermer bloğuna polyester reçinesi uygulayıp daha fazla levha elde edilebilir mi? veya mermer bloğun elde edilmesi sırasında kullanılan yöntem veya kesme işlemi sırasında meydana gelen kırık, çatlak vb. olumsuz yapılarına olan etkilerini test etmek için İzmir’de bulunan yücel kompozit adlı firmada mermer blokları üzerine polyester reçinesi uygulama çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler bulgular ve tartışma bölümünde (Çizelge 4.22’de) yer almaktadır.

Polyester reçinesinin uygulama şekli

Polyester reçinesinin uygulaması mermer sahalarında mermer bloğun kesilmesi ya da mermer bloğun devrilmesi sırasında veya fabrikada mermer bloklarının farklı boyutlarda olan plakalara kesme sırasında oluşan kırılma ve çatlamaları en aza indirmek için uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır.



Şekil 3. 13. Mermer bloğuna püskürterek uygulanan polyester reçinesi uygulaması (Yücel kompozit firması 2019)

Yücel kompozit adlı firma bünyesinde İzmir (Yenişehir) bulunan fabrikada polyester reçinesinin mermer bloğuna uygulanmak için izmir bölgesinde bulunan İdamar mermer ocağında birkaç farklı mermer bloğunu fabrikaya getirildi. Polyester reçinesinin mermer bloğuna uygulamak için gerekli polyester karışımlar hazırlandı ve polyester reçinesinin çok yapışkan bir hissi verdiği için koruyucu elbiseler giyilerek ultra MAX™ denilen bir püskürtme makinesi ile mermer bloğuna polyester reçinesi püskürterek sürüldükten sonra 24 saatlik bir zaman dilimi içerisinde polyester reçinesinin iyice mermer bloğuna etki etmesi için kurumaya bırakılmaktadır.



Şekil 3. 14. Mermer bloğun dış yüzeyine uygulanan polyester reçinesinin kuruması ve kesilme sonucu ortaya çıkan mermer levhaları

Mermer bloğuna püskürterek sürülen polyester reçinesi kuruduktan sonra mermer bloğun fabrikada kesim aşamasına geçildi. Fabrikada mermer bloğun kesilme sırasında katrak makinesinin mermer bloğunda meydana getirdiği titreşim ve sallantı sonucunda oluşan kırık ve çatlakları muhafaza ederek kayıpları en aza indirmektedir.



Şekil 3. 15. Mermer bloğun kesiminde oluşan kırılma ve çatlamların sonucunda ortaya çıkan levha kayıpların görünümü; **a)** Mermer bloğuna polyester reçinesi uygulanmamış hali; **b)** Mermer bloğuna polyester reçinesi uygulanmış hali

Fabrikanın kesim aşamasında daha önce polyester reçinesi uygulanmamış mermer bloğunda bir artış söz konusu değilken, polyester reçinesi uygulanmış mermer bloğunda meydana gelen levhalarda ise bir artış meydana gelme söz konusudur. Bunun etkisi ise Polyester reçinesi uygulanmamış olan mermer bloğun kesilmesi sırasında kesici alet olan katrik makinenin mermer bloğun sarsması veya titremesi sonucu mermer blokta kırılma ve çatlamların oluşması ve bunun sonucunda blokta levha kayıplarını meydana getirmektedir. Polyester reçinesi uygulanmış olan blokta ise bloğun kesimi sırasında meydana gelen levhaların dış yüzeyine polyester reçinesinin sürülmesi sonucu mermer bloklarında meydana gelen kırılma ve çatlamlara iyice muhafaza etmesi sonucu mermer levhalarında oluşan kayıpların azaldığı gözlenmiştir.

3.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar incelemeleri sonucunda elde edilen veriler büro çalışmaları kapsamında değerlendirilmiştir. Büro çalışmalarının ilk bölümünde elde edilen veriler doğrultusunda gerekli bilgisayar yazılımları kullanılarak harita, kesit ve diğer şekillerin çizimleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarlardan gelen analiz sonuçları değerlendirilerek çizelgeler ve grafikler ile oluşturulmuştur.

Elde edilen sonuçlar o bölge ile yapılmış olan önceki çalışmalar ile karşılaştırılarak gerekli yorumlar yapılmış, şekillerin çiziminde Corel draw, Adobe photoshop, Dips, tez yazımında ise Windows microsoft office 2010 programlarından yararlanılmış ve tez kapsamında belirlenen hedeflere ulaşılmaya çalışılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

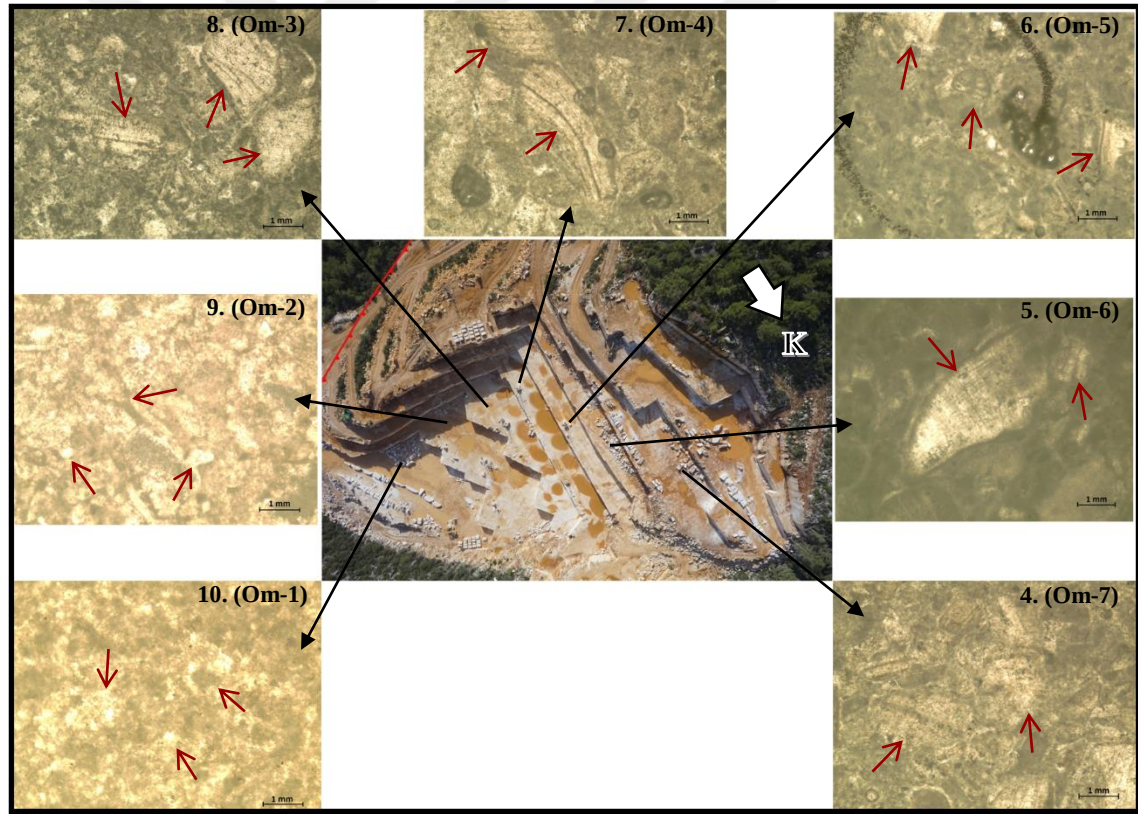
4.1. Laboratuvar Çalışmaları

İnceleme alanında ekonomik değere sahip endüstriyel hammadde olarak Limra mermer bulunmaktadır. Çalışma sahasında yakınında halen aktif çalışmakta olan 3 adet Limra mermer sahası bulunmakta bunlar Onur Mermer, Finike Mermer, Portsan Mermerlerdir. Çalışma alanındaki Limra mermer ocaklarından alınan örnekler üzerinde yapılan jeolojik özellikler, mineralojik-petrografik fiziko-mekanik çalışmalar sonucunda gözlemlenen özellikler aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Mineralojik-petrografik analizler

4.1.1.1. Mikropaleontolojik incelemeler

Limra mermerin açık işletme sahasında bulunan kademelerinin sırasıyla alttan üste doğru basamak 10, 9, 8, 7, 6, 5 ve 4 ile alınan örnek numaraları om-1, -2, -3, -4, -5, -6, -7'nin paleontolojik özellikleri tanımlanmıştır. Bu Limra mermer kademelerine ait genel özellikleri aşağıda (Şekil 4.1) verilmiştir.



Şekil 4. 1. Onur Limra mermer ocağının açık işletme basamaklarında alınan örneklerin mikropaleontolojik tanımlama analizlerin yeri ve ince kesit görüntüleri (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir) (Om-1,-2,-3,-4,-5,-6,-7: Alınan örnek numarasını göstermektedir)

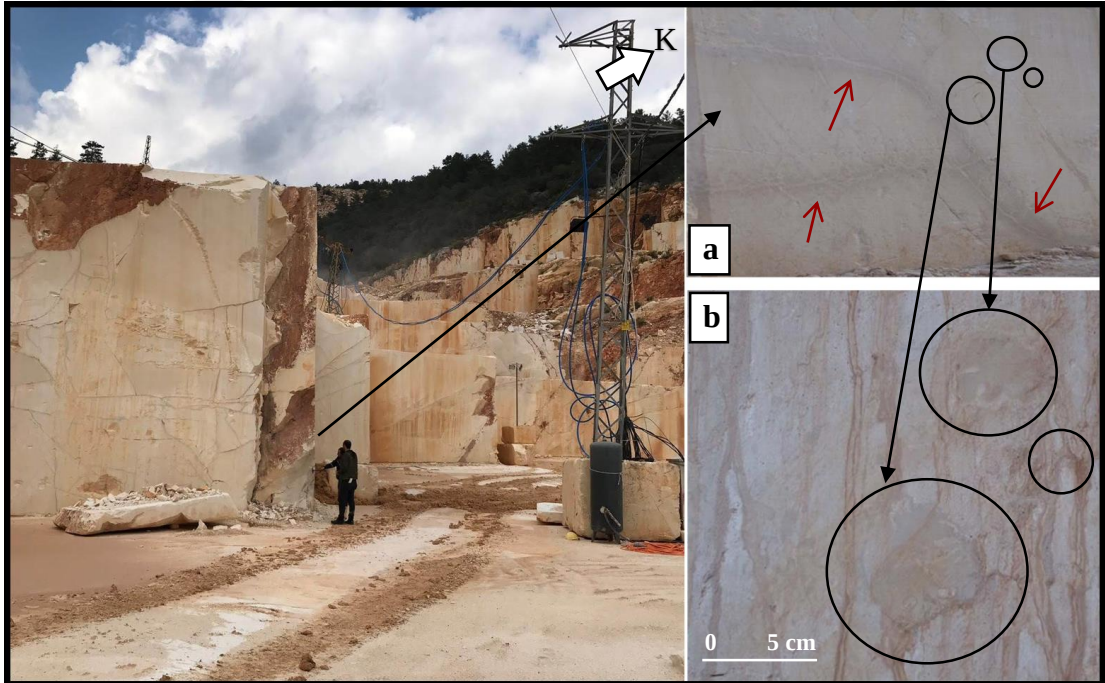
Birim	Kat	Form.	Basamak	Kalınlık	Yaş	Mikropaleontolojik tanımlamalar	Litoloji	Açıklamalar
KRETASE								
ÜST KRETASE								
SANTONİYEN-KAMPANİYEN								
BEYDAĞLARI FORMASYONU								
1.			1.	6 m.	B	Rudist, alg ve makro kavkılar		Rudist, yoğun kırık ve çatlakların gözlemlendiği, çok düşük dayanımlı, karstik boşluklu olan limra mermer seviyeleri
2.			2.	6 m.	B	Rudist ve Rudist kavkılar parçaları ve makro kavkılar parçaları		Rudist ve Rudist kavkılı, ince ve sık çatlakların bulunduğu düşük dayanımlı limra mermer seviyeleri
3.			3.	7 m.	B	Rudist ve Rudist kavkılar parçaları, alg ve makro kavkılar parçaları		Rudist ve Rudist kavkılı, kırık ve çatlaklı, düşük dayanımlı olan limra mermer seviyeleri
4. (Om-7)			4. (Om-7)	7,60 m.	A	Rudist, alg ve makro kavkılar parçaları		Rudist, alg ve makro kavkılı çatlaklı, informasyonel düzeylerin gözlemlendiği, limra mermer seviyeleri
5. (Om-6)			5. (Om-6)	8 m.	Geç Kretase	Rotaliidae, Textulariidae, Rudist kavkılar parçaları, alg ve makro kavkılar parçaları		Yoğun Rudist, alg ve makro kavkılı çatlaklı, orta-düşük dayanımlı limra mermer seviyeleri
6. (Om-5)			6. (Om-5)	8 m.	Geç Kretase	Valvulinid form, Textulariidae, Rudist kavkılar parçaları, alg ve makro kavkılar parçaları		Rudist, alg ve makro kavkılı, az kırık ve çatlaklı, orta dayanımlı limra mermer seviyeleri
7. (Om-4)			7. (Om-4)	8,60 m.	Geç Kretase	Valvulinid form, Textulariidae, Rudist kavkılar parçaları, alg ve makro kavkılar parçaları		Seyrek Rudist, alg ve makro kavkılı, çok az kırık ve çatlaklı, orta-yüksek dayanımlı, limra mermer seviyeleri
8. (Om-3)			8. (Om-3)	9 m.	Geç Kretase	Rudist kavkılar parçaları, alg ve makro kavkılar parçaları		Seyrek Rudist, alg ve makro kavkılı, çok az kırık ve çatlaklı, orta-yüksek dayanımlı, limra mermer seviyeleri
9. (Om-2)			9. (Om-2)	9 m.	Geç Kretase	Rudist kavkılar parçaları, alg ve makro kavkılar parçaları		Çok seyrek Rudist, alg ve makro kavkılı, informasyonel düzeyli, yüksek dayanımlı, limra mermer seviyeleri
10. (Om-1)			10. (Om-1)	9,60 m.	A	Alg ve makro kavkılar parçaları		Alg ve makro kavkılı, informasyonel düzeylerin gözlenmediği, çok yüksek dayanımlı, limra mermer seviyeleri

Şekil 4. 2. Onur Limra mermer sahasında alınan stratigrafik kolon kesiti (A: Karakteristik bir fosil görülmediği için yaş verilememiştir; B: Fazla ayrışma olduğu için örnek analizi yapılmamıştır) (Om-1,-2,-3,-4,-5,-6,-7: Alınan örnek numarasını göstermektedir)



Şekil 4. 3. Onur Limra mermer ocağında (10. basamak kademesinde) gözlenen yapıların görünümü (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

Onur Limra mermer ocağında yer alan açık işletmenin 10'cu basamağında ve 9,60 m. yüksekliğinde bulunan (om-1 örneği) kademesinde kırık ve çatlakların yok denecek kadar çok az olduğu, intraformasyonel düzeylerin bulunmadığı, çok yüksek dayanımlı kireçtaşlarından meydana gelen Limra mermer seviyesi olan kademedir.



Şekil 4. 4. Onur Limra mermer ocağında (9. basamak kademesinde) gözlenen intraformasyonel düzey ve rudist kavkı izlerinin görünümü; **a)** İntraformasyonel düzey; **b)** Rudist kavkı izleri

Onur Limra mermer sahasında yer alan açık işletmenin 9'cu basamağında ve 9 m. yüksekliğinde bulunan (om-2 örneği) kademesinin güney kısmının dar bir alanında çok seyrek rudist kavkı, alg ve makro kavkılarını izlerini içeren, intraformasyonel düzeylerin yer aldığı, çok az kırık ve çatlakların bulunan ve yüksek dayanımlı kireçtaşlarında meydana gelen Limra mermer seviyesinin yer aldığı kademedir.



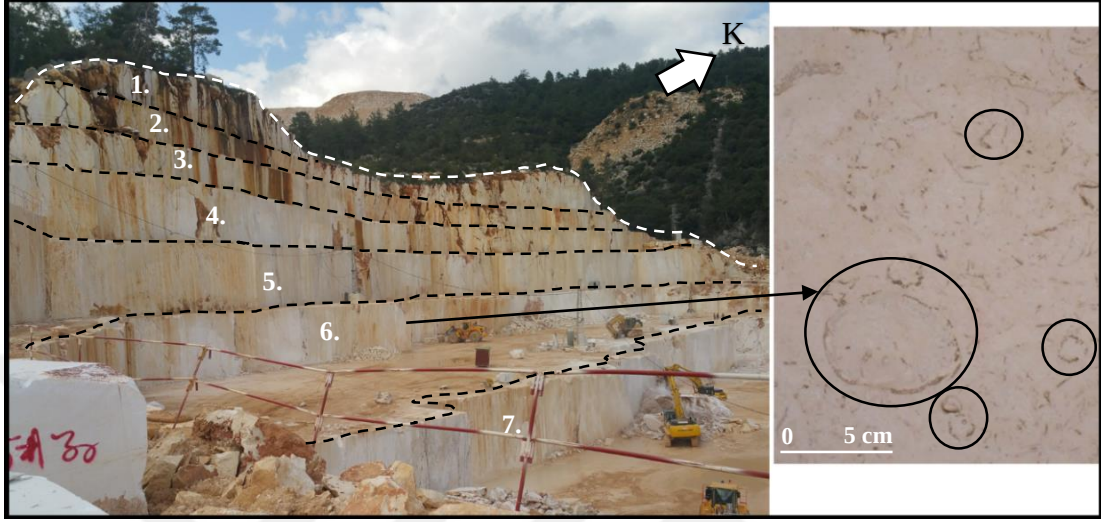
Şekil 4. 5. Onur Limra mermer ocağında (8. basamak kademesinde) gözlenen rudist kavkı izlerinin görünümü

Onur Limra mermer sahasında yer alan açık işletmenin 8'ci basamağında ve 9 m. yüksekliğinde bulunan (om-3 örneği) kademesinin yine güney kesiminde seyrek rudist kavkı, alg ve makro kavkı izleri bulunan, çok az kırık ve çatlakların gözlemlendiği, yüksek dayanımlı kireçtaşlarında meydana gelen Limra mermer seviyesi olan kademedir.



Şekil 4. 6. Onur mermer ocağında (7. basamak kademesinde) gözlenen rudist kavkı izleri

Onur Limra mermer sahasında yer alan açık işletmenin 7'ci basamağında ve 8,60 m. yüksekliğinde bulunan (om-4 örneği) kademesinde seyrek rudist kavrı, alg ve makro kavrıların izlerinin gözlendiği, çok az kırık ve çatlakların bulunduğu yalnız burada kırık ve çatlakların giderek arttığı, orta-yüksek dayanımlı kireçtaşlarında meydana gelen Limra mermer seviyesi olan kademedir.



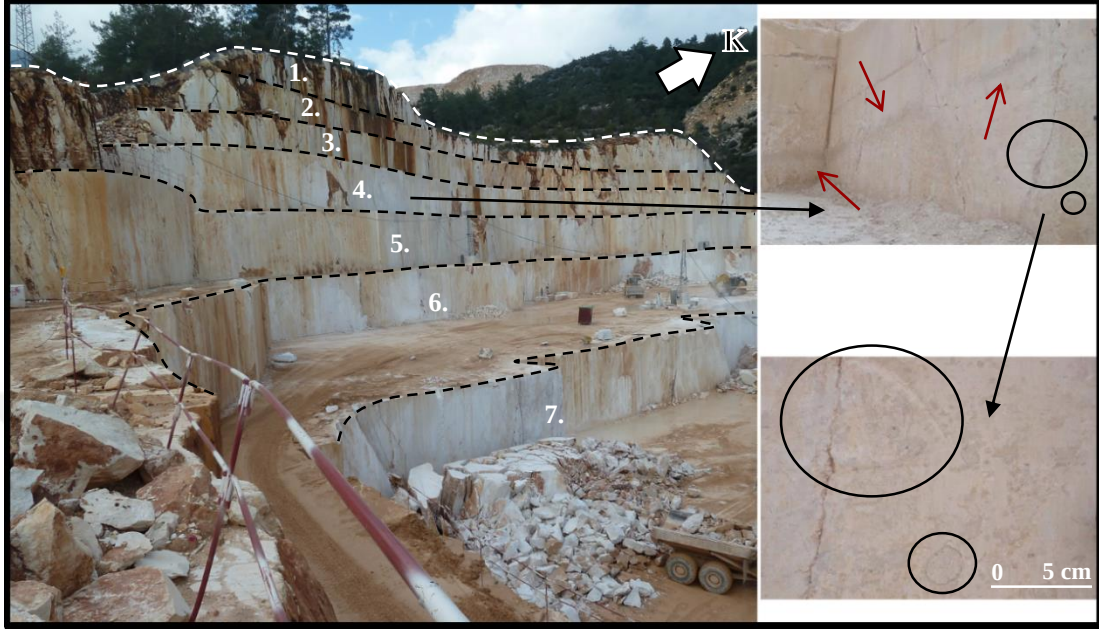
Şekil 4. 7. Onur Limra mermer ocağında (6. basamak kademesinde) gözlenen rudist kesit ve kavrı izlerinin görünümü (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

Onur Limra mermer sahasında yer alan açık işletmenin 6'cı basamağında ve 8 m. yüksekliğinde bulunan (om-5 örneği) kademesinde rudist kavrı, alg ve makro kavrıların bulunduğu, az kırık ve çatlakları içerdiği, orta dayanımlı kireçtaşlarından meydana geldiği ve dayanımlarının da giderek düşmekte olduğu Limra mermer düzeyidir.



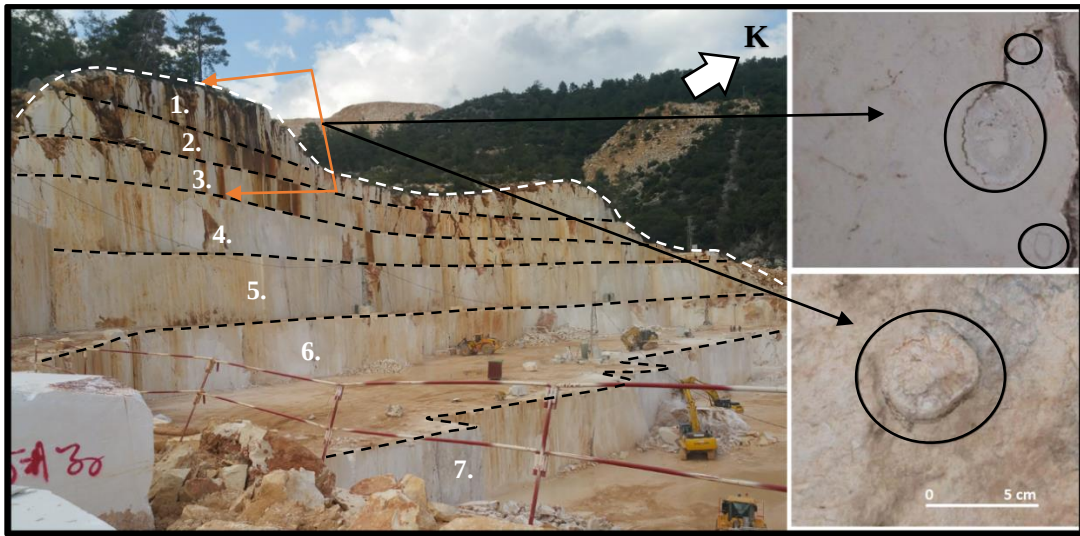
Şekil 4. 8. Onur Limra mermer ocağında (5. basamak kademesinde) gözlenen rudist kesit ve kavrı izlerinin görünümü

Onur Limra mermer sahasında yer alan açık işletmenin 5'ci basamağında ve 8 m. yüksekliğinde bulunan (om-6 örneği) kademedede yoğun olarak rudist kavkı, alg ve makro kavkı izlerini içeren, kırık ve çatlaklar bulunan orta-düşük dayanımlı kireçtaşlarından oluşan Limra mermer seviyesi olan kademedir.



Şekil 4. 9. Onur mermer ocağında (4. basamak kademesinde) gözlenen intraformasyonel düzey ve rudist kavkı izleri (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

Onur Limra mermer sahasında yer alan açık işletmenin 4'cu basamağında ve 7,60 m. yüksekliğinde bulunan (om-7 örneği) kademesinde yoğun olarak intraformasyonel düzeylerin bulunduğu, kırık ve çatlakların çok yoğun olduğu, düşük dayanımlı kireçtaşların gözlemlendiği Limra mermer seviyesi olan kademedir.



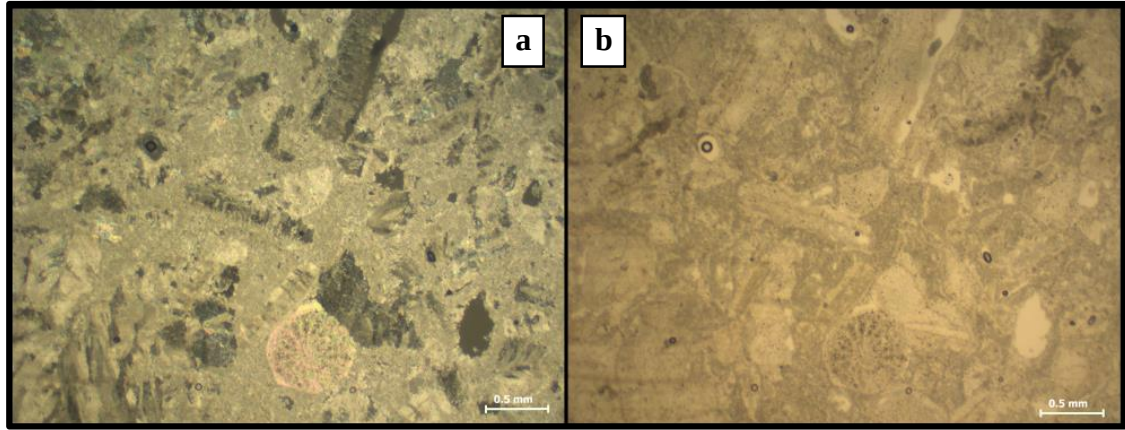
Şekil 4. 10. Onur Limra mermer ocağında (basamak 1, 2, 3 kademelerinde) gözlenen rudist kesit ve kavkı izleri (Rakamlar mermer işletme basamaklarını göstermektedir)

Onur Limra mermer sahasının basamakları 1, 2, 3 ve yükseklikleri 7 m. 7 m. 6 m. arasında değişen kademelerde rudist kesit ve kavkı izlerinin gözlemlendiği, çok yoğun kırık ve çatlakların bulunduğu, çok düşük-düşük arasında dayanımları olan yer yer karstik boşluklar içeren Limra mermer kademesidir.

Sonuç olarak incelenen paleontolojik tanımlama örneklerinde sparitik çimento içerisinde karbonat taneleri (Kalsit) ve fosil kavkı izlerini gözlemlenmiştir. Bağlayıcı sparit olup, yer yer ince taneli mikrit oluşumları da gözlenmiştir. Genelde fosil kavkılar küçük, orta, iri taneli, karbonat dolgulu ve diğer birleşenlere oranla daha fazla bulunmaktadır. Karbonat taneleri ise gelişigüzel dağılmış olarak izlenmektedir.

İncelenen örneklerde parçaların/kırıntıların çok büyük bir kısmın, monokristalin ya da polikristalin karbonat mineralleri şeklinde izlenmekte olup, bunların bütünüyle sparitleşmiş (İç dokusunu bütünüyle kaybetmiş ya da kısmen korumuş durumdaki) mikrofosil kavkılarına ait parçalar/kırıntılar olduğu değerlendirilmiştir.

4.1.1.2. Petrografik incelemeler



Şekil 4. 11. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; **a)** Çift nikol; **b)** Tek nikol

Makroskobik tanımlama;

Renk: Sarımsı gri, grimsi (Yellowish Gray-5Y 8/1-Geological Rock-color Chart 2009’a göre),

Doku: Kırıntılı (Klastik),

Tane büyüklüğü: Küçük,

Boşluklar: Çok küçük taneli, içleri boş,

Mikroskobik tanımlama;

Doku: Kırıntılı (Klastik).

Birleşen parçaları: Mikro kavkî fosilleri-kavkî parçaları (Biyoklastlar),

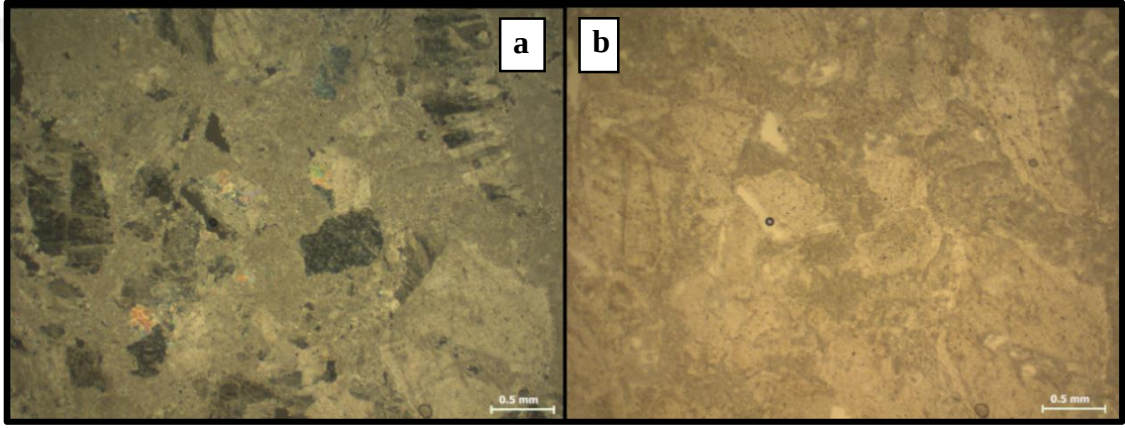
Mikro kavkî fosilleri-kavkî parçaları: Küçük-orta (İnce kum-orta kalın kum boyu arasında değişmekte), köşeli, yarı köşeli-yarı yuvarlak homojen dağılımlı, bütünüyle sparitleşmiş,

Alt zemin: Matriks (Mikrit),

Matriks (Mikrit):Küçük taneli (Kripto-mikrokristalin) karbonat minerallerinden oluşmakta,

Boşluklar: Küçük-orta, düzensiz şekilli, nispeten yaygın, içleri boştur.

Örneği oluşturan parçalar ve alt zemin kısmı (%100) karbonat (Kalsit) minerallerinden oluşmaktadır.



Şekil 4. 12. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; **a)** Çift nikol; **b)** Tek nikol

Makroskobik tanımlama;

Renk: Sarımsı gri, grimsi (Yellowish Gray-5Y 8/1-Geological Rock-color Chart 2009’a göre),

Doku: Kırıntılı (Klastik),

Tane büyüklüğü: Küçük,

Boşluklar: Çok küçük taneli, içleri boş,

Mikroskobik tanımlama;

Doku: Kırıntılı (Klastik),

Birleşen parçaları: Mikro kavkî fosilleri-kavkî (Biyoklastlar) parçalardır.

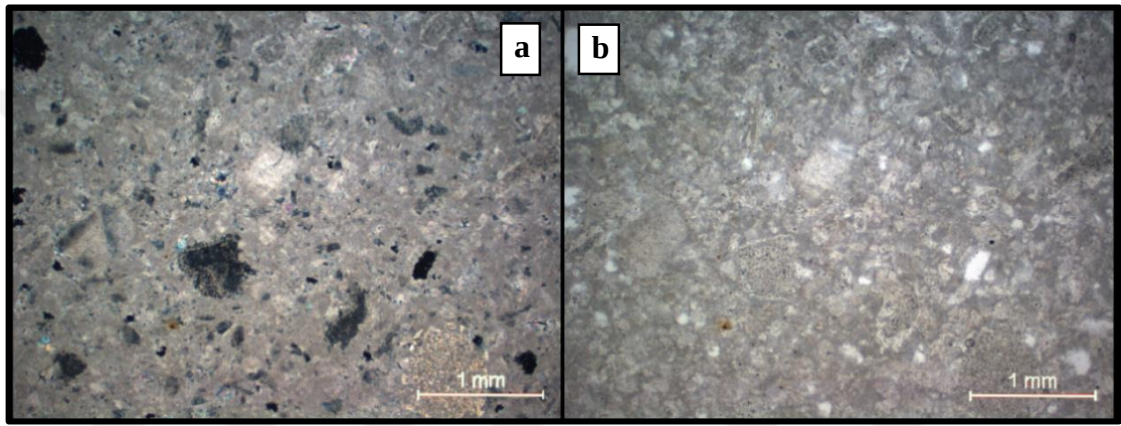
Mikro kavkı fosilleri-kavkı parçaları: Küçük-orta (İnce kum-orta kalın kum boyu arasında değişmekte), köşeli, yarı köşeli-yarı yuvarlak homojen dağılımlı, çoğunlukla sparitleşmiş,

Alt zemin: Matriks (Mikrit),

Matriks (Mikrit): Küçük taneli (Kripto-mikrokristalin) karbonat minerallerinden oluşmakta,

Boşluklar: Küçük-orta tane boylarında, düzensiz şekilli, nispeten yaygın, içleri boştur.

Örneği oluşturan parçalar ve alt zemin kısmı (% 100) karbonat (Kalsit) minerallerinden oluşmaktadır.



Şekil 4. 13. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; **a)** Çift nikol; **b)** Tek nikol)

Makroskobik tanımlama;

Renk: Sarımsı gri, grimsi, açık gri (Yellowish Gray-5Y 8/1-Geological Rock-color Chart 2009'a) göre,

Doku: Kırıntılı (Klastik),

Tane büyüklüğü: Küçük,

Mikroskobik tanımlama;

Doku: Kırıntılı (Klastik),

Birleşen parçaları: Mikro kavkı fosilleri-kavkı parçaları (Biyoklastlar),

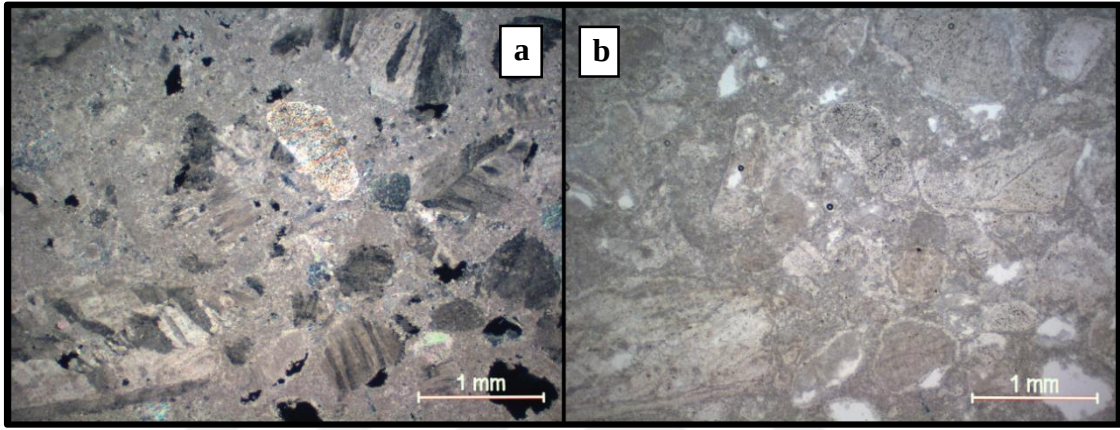
Mikro kavkı fosilleri-kavkı parçaları: Küçük-orta (Kaba silt-çok kaba kum boyu aralığında değişim sunmaktadır); kavkı parçaları köşeli, yarı köşeli-yarı yuvarlak şekilli homojen dağılımlı, bütünüyle sparitleşmiş,

Alt zemin: Matriks (Mikrit) yapılıdır.

Matriks (Mikrit): Küçük taneli (Kripto-mikrokristalin) karbonat minerallerinden (Mikrit) oluşmakta,

Boşluklar: Küçük, düzensiz şekilli, nispeten yaygın olmasıdır.

Örneği tamamı (Hem parçalar/kırıntılar hemde matriks) karbonat minerallerinden (Kalsit) oluşmaktadır. Parçaların/kırıntıların çok büyük bir kısmının, monokristalin ya da polikristalin karbonat mineralleri şeklinde izlenmekte olup, bunların bütünüyle sparitleşmiş (İç dokusunu bütünüyle kaybetmiş ya da kısmen korumuş durumdaki) mikrofosil kavkılarına ait parçalar/kırıntılar olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. 14. Kırıntılı (Biyoklastik) kireçtaşının incekesit görünümü; **a)** Çift nikol; **b)** Tek nikol

Makroskobik tanımlama;

Renk: Sarımsı gri, grimsi, açık gri (Yellowish Gray-5Y 8/1-Geological Rock-color Chart 2009'a) göre,

Doku: Kırıntılı (Klastik),

Tane büyüklüğü: Küçük,

Mikroskobik tanımlama;

Doku: Kırıntılı (Klastik),

Birleşen parçaları: Mikro kavkı fosilleri-kavkı parçaları (Biyoklastlar),

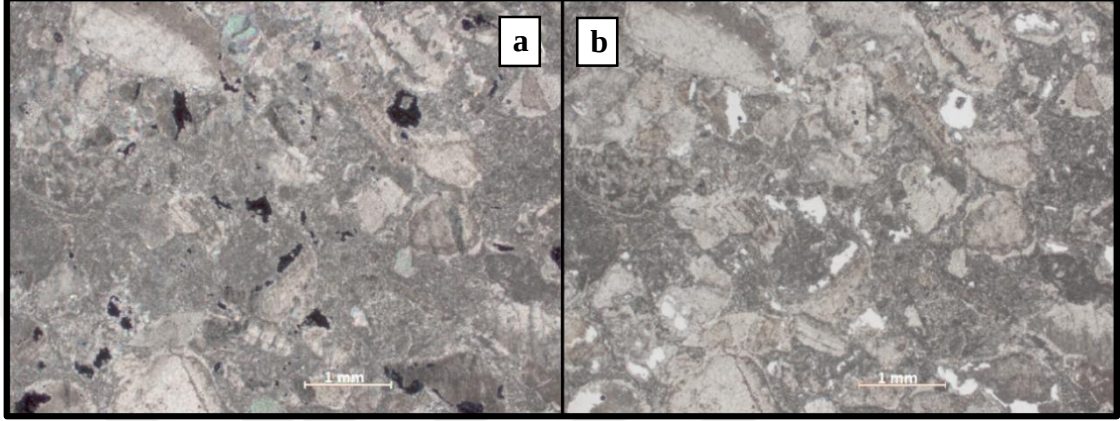
Mikro kavkı fosilleri-kavkı parçaları: Küçük-orta (Çok ince kum-ince çakıl boyu aralığında değişim sunmaktadır); kavkı parçaları köşeli, yarı köşeli-yarı yuvarlak şekilli homojen dağılımlı, bütünüyle sparitleşmiş (İç dokusu çoğunlukla korunmuş bazılarında ise tümüyle kaybolmuştur),

Alt zemin: Matriks (Mikrit) yapılıdır.

Matriks (Mikrit): Küçük taneli (Kripto-mikrokristalin) karbonat minerallerinden (Mikrit) oluşmakta,

Boşluklar: Küçük-orta büyüklükte, düzensiz şekilli, nispeten yaygın olmasıdır.

Örneği tamamı (Hem parçalar/ kırıntılar hemde matriks) karbonat minerallerinden (Kalsit) oluşmaktadır.



Şekil 4. 15. Biyosparit (Fosilli) kireçtaşın incekesit görünümü; **a)** Çift nikol; **b)** Tek nikol

Makroskobik tanımlama;

Renk: Sarımsı gri, grimsi, açık gri (Yellowish Gray-5Y 8/1-Geological Rock-color Chart 2009'a) göre,

Doku: Masif,

Tane büyüklüğü: İnce taneli,

Mikroskobik tanımlama;

Doku: Kırıntılı,

Birleşenler: Karbonat grubu mineral (Kalsit), fosil kavkıları,

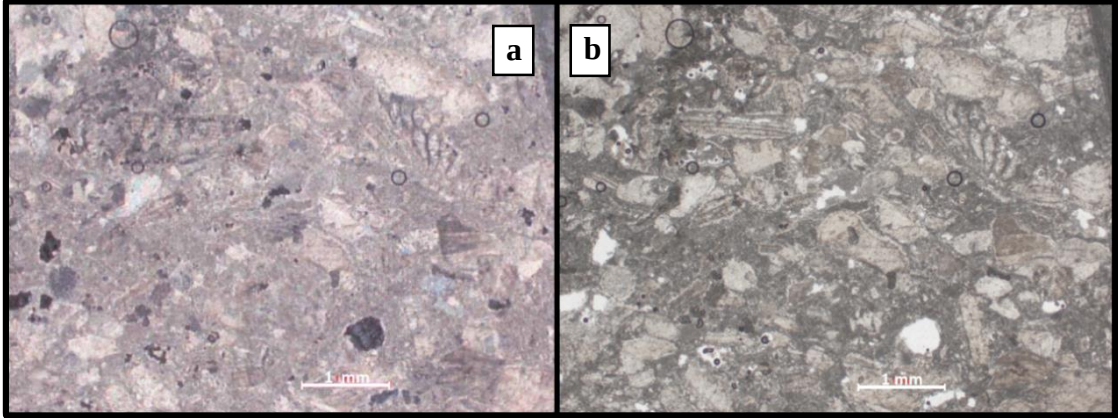
Hacimsel oranlar: Kırıntılı (Karbonat taneleri, fosil kavkıları) miktarı % 80, Karbonat bağlayıcı (Sparit) miktarı % 20,

Kalsit: Küçük taneli, (Allotriyomorf),

Fosil kavkıları: Küçük-orta-iri taneli,

Boşluklar: Kenarları düzensiz, çoğunlukla oval şekilli, çapı minimum 0,08 mm ile maksimum 2 mm. arasında olan erime boşlukları mevcuttur.

Örnek kireçtaşı örneği olup fosil oranı ve bağlayıcısı dikkate alınarak biyosparit (Fosilli kireçtaşı) olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 4. 16. Biyosparit (Fosilli) kireçtaşınnn incekesit görünümü; **a)** Çift nikol; **b)** Tek nikol

Makroskobik tanımlama;

Renk: Sarımsı gri, grimsi, açık gri (Yellowish Gray-5Y 8/1-Geological Rock-color Chart 2009'a) göre,

Doku: Kırıntılı,

Tane büyüklüğü: İnce taneli,

Mikroskobik tanımlama;

Birleşenler: Karbonat grubu mineral (Kalsit), fosil kavkıları,

Hacimsel oranlar: Kırıntılı (Karbonat taneleri, fosil kavkıları) miktarı % 85, Karbonat bağlayıcı (Sparit) miktarı % 15,

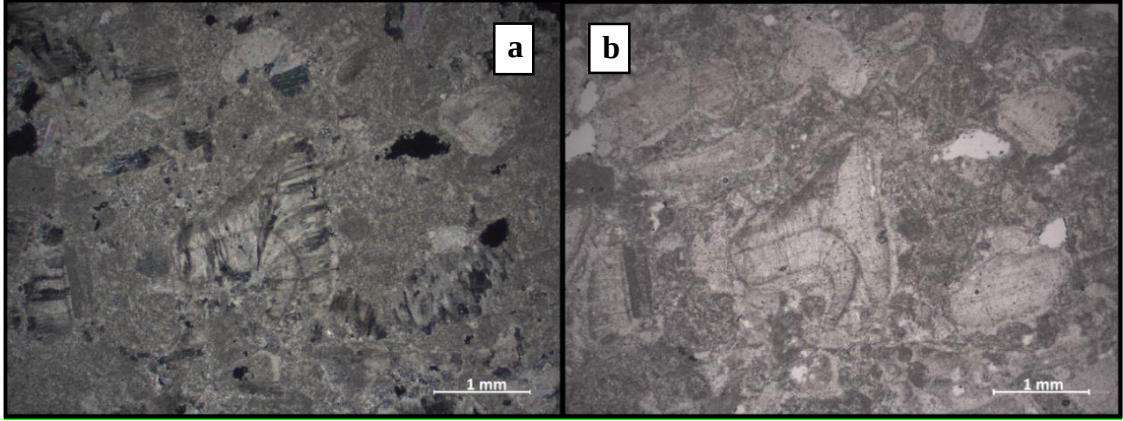
Kalsit: Küçük taneli, (Allotriyomorf),

Fosil kavkıları: Küçük-orta taneli,

Bağlayıcı: Sparit çimento,

Boşluklar: Kenarları düzensiz, çoğunlukla oval şekilli, çapı minimum 0,08 mm. ile maksimum 1,2 mm. arasında olan erime boşlukları mevcuttur.

İncelenen örnekte sparitik çimento içerisinde karbonat taneleri (Kalsit) ve fosil kavkıları izlenmiştir. Bağlayıcı sparit olup, yer yer ince taneli mikrit oluşumları da gözlenmiştir. Fosil kavkıları küçük, orta, iri taneli, karbonat dolgulu olup karbonat taneleri ve bağlayıcı oranında daha fazladır. Karbonat taneleri ise gelişigüzel dağılmış olarak izlenmektedir. Örnek kireçtaşı olup fosil oranı ve bağlayıcısı dikkate alınarak biyosparit (Fosilli kireçtaşı) olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 4. 17. Biosparit (Biyointrapelmikrit) kireçtaşının incekesit görünümü; **a)** Çift nikol; **b)** Tek nikol

Makroskobik tanımlama;

Renk: Açık sarımsı gri, grimsi, açık gri (Yellowish Gray-5Y 8/1-Geological Rock-color Chart 2009'a) göre,

Doku: Masif,

Tane büyüklüğü: Küçük taneli,

Mikroskobik tanımlama;

Doku: Kriptokristalin kırıntılı,

Birleşenler: Karbonat grubu mineral (Kalsit), fosil tane ve kavkıları, intraklast ve pellet taneleri,

Hacimsel oranlar: Karbonat mineralleri % 100; Karbonat dolgulu fosil tane ve kavkıları tahmini % 40, intraklast tahmini % 10, pellet tahmini % 10, karbonat taneleri % 10, karbonat çimentosu (Mikrit) tahmini % 30,

Boyutları: Karbonat dolgulu fosil tane ve kavkıları küçük/orta taneli, intraklast küçük taneli, pellet küçük taneli, karbonat taneleri küçük taneli, karbonat çimentosu (Mikrit) küçük taneli,

Boylanma derecesi: Kötü boylanma,

Dağılımı: Homojen dağılım,

Damarlar: Genişlikleri (0,08-0,48 mm.) arasında değişen,

Düzeni; birbirine yaklaşık paralel veya yer yer kesen,

Dolgu: Mikro/Mikrokristali karbonat dolgulu olduğu ortaya konulmuştur.

4.1.1.3. X-Işını kırınımı (XRD) analizi

X-Işını kırınım yöntemi (XRD) her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. X-Işını kırınım cihazıyla kayaçların, kristalin malzemelerin, ince filmlerin ve polimerlerin nitel ve nicel incelemeleri yapılmıştır.

TS EN 15310'a (2018 yılında geçerli) göre yapılan X-ışını kırınımı (XRD) analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin XRD ortalama değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen (XRD) analiz örneklerinde sonuçlar mermerin yoğun olarak kalsit minerali içerdiğinin göstermektedir. Diğer bileşenlerin ise % 1'in altında kuvars ve mika/illit minerallerin olduğu gözlenmiştir.

4.1.1.4. XRF analizi

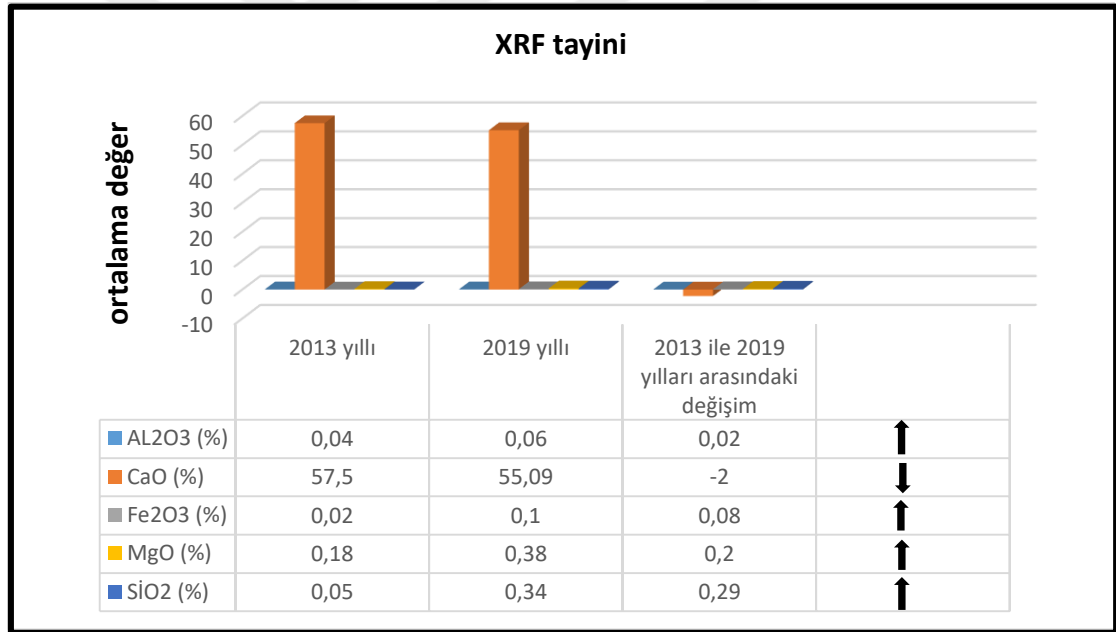
TS EN 15309'a (2018 yılında geçerli) göre yapılan XRF analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin XRF değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen XRF analiz sonuçları (Çizelge 4.1'de) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı XRF analiz sonuçları ise (Çizelge 4.2'de) gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “XRF tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

XRF tayini					
Örnek sayısı	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
Test 1	0.10	54.24	0.08	0.52	0.56
Test 2	0.06	54.88	0.27	0.38	0.33
Test 3	0.01	55.64	0.02	0.31	0.10
Test 4	0.09	55.19	0.08	0.43	0.51
Test 5	0.10	55.30	0.06	0.32	0.42
Test 6	0.02	55.29	0.10	0.30	0.15
Ortalama değer	0.06	55.09	0.10	0.38	0.34

Çizelge 4. 2. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

XRF tayini					
Örnek sayısı	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
Test 1	0.04	57.96	0.02	0.17	0.06
Test 2	0.02	56.98	0.01	0.20	0.05
Test 3	0.05	56.96	0.03	0.16	0.06
Test 4	0.07	57.98	0.02	0.17	0.04
Test 5	0.04	57.96	0.01	0.19	0.03
Test 6	0.01	56.96	0.04	0.18	0.05
Ortalama değer	0.04	57.50	0.02	0.18	0.05



Şekil 4. 18. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “XRF tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Limra mermerin “XRF” analiz sonuçlarına bakıldığında CaO değeri (% 55.09) iken, Al₂O₃ değeri (% 0.06), Fe₂O₃ değeri (% 0.10), MgO değeri (% 0.38) ve SiO₂ değeri (% 0.34) dir. Bu sonuçlar mermerin yoğun olarak kalsit minerali içerdiğinin göstergesidir. Diğer mineral bileşenlerinin ise % 1’in altında kaldığı gözlenmiştir.

4.1.2. Fiziko-mekanik analizler

4.1.2.1. Ön teknolojik analizler

TS EN 6810'a (2018 yılında geçerli) göre yapılan ön teknolojik inceleme analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin ön teknolojik inceleme dayanımında plaka verme durumu, kenar köşe kesilme durumu ve cila alma durumlarına göre analiz sonuçları yer almaktadır. Analiz sonucu elde edilen ön teknolojik inceleme analiz sonuçları (Çizelge 4.3'de) verilmektedir.

Çizelge 4. 3. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Ön teknolojik inceleme tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Ön teknolojik inceleme tayini			
Örnek sayısı	Plaka verme durumu	Kenar köşe kesilmesi	Cila alma durumu
Test 1	İyi	İyi	Cila alıyor
Test 2	İyi	İyi	Cila alıyor
Test 3	İyi	İyi	Cila alıyor
Sonuç	İyi	İyi	Cila alıyor

4.1.2.2. Sertlik (mohs) analizi

TS 6809'e (2018 yılında geçerli) göre yapılan sertlik (mohs) analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin sertlik (mohs) dayanım değeri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen sertlik (mohs) analiz sonuçları (Çizelge 4.4'de) verilmektedir.

Çizelge 4. 4. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Sertlik (mohs) tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Sertlik (mohs) tayini	
Örnek sayısı	Sertlik (mohs)
Test 1	3
Sonuç	3

4.1.2.3. Darbe dayanım analizi

TS 699'a (2018 yılında geçerli) göre yapılan darbe dayanım analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin darbe dayanım değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen darbe dayanım analiz sonuçları (Çizelge 4.5'de) verilmektedir.

Çizelge 4. 5. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Darbe dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Darbe dayanımı tayini		
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Darbe dayanımı (MPa)
Test 1	39.9×41.0×41.0	12
Test 2	39.6×41.0×41.0	12
Test 3	39.3×41.0×41.0	12
Test 4	39.4×41.0×41.0	12
Test 5	39.7×41.0×41.0	6
Test 6	39.7×41.0×41.0	6
Ortalama değer		10

4.1.2.4. Kaynar suda su emme analizi

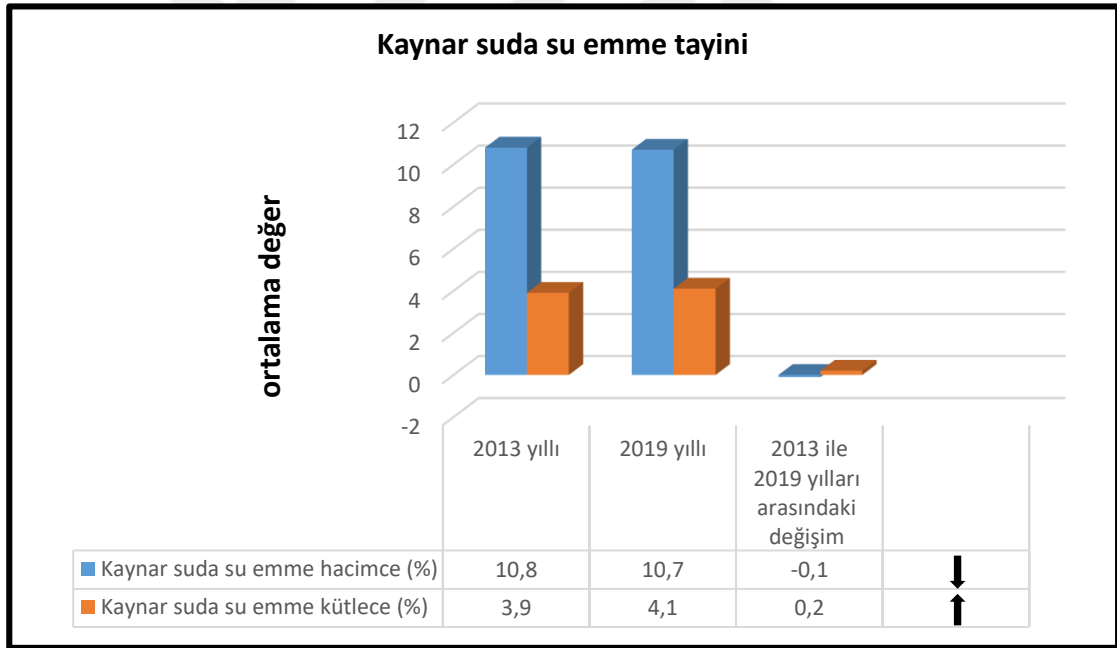
TS 699’a (2018 yılında geçerli) göre yapılan kaynar suda su emme analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin kaynar suda su emme değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen su emme analizin sonuçları (Çizelge 4.6’da) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı analiz sonuçları ise (Çizelge 4.7’de) verilmektedir.

Çizelge 4. 6. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Kaynar suda su emme tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Kaynar suda su emme tayini		
Örnek sayısı	Kaynar suda su emme hacimce (%)	Kaynar suda su emme kütlece (%)
Test 1	12.5	4.8
Test 2	10.5	4.0
Test 3	9.8	3.8
Test 4	12.4	4.7
Test 5	9.4	3.6
Test 6	9.8	3.8
Ortalama değer	10.7	4.1
Standart sapma	1.1	1

Çizelge 4. 7. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

Kaynar suda su emme tayini		
Örnek sayısı	Kaynar suda su emme hacimce (%)	Kaynar suda su emme kütlece (%)
Test 1	9.57	3.77
Test 2	9.97	3.92
Test 3	10.00	3.91
Test 4	9.97	3.90
Test 5	9.99	3.91
Test 6	15.28	4.01
Ortalama değer	10.80	3.90
Standart sapma	1.2	1



Şekil 4. 19. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Kaynar suda su emme tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Limra mermerin “Kaynar suda su emme” analiz sonuçlarına bakıldığında kaynar suda su emme hacimce (%) oranının azalması ve kaynar suda su emme kütlece (%) oranında artmasına bağlı olarak Limra mermer levhalarının daha çok dış mekanlarda kullanılmasından ziyade iç mekanlarda kullanılması uygun olacağını tespit edilmiştir.

4.1.2.5. Aşınma direnci (Böhme) analizi

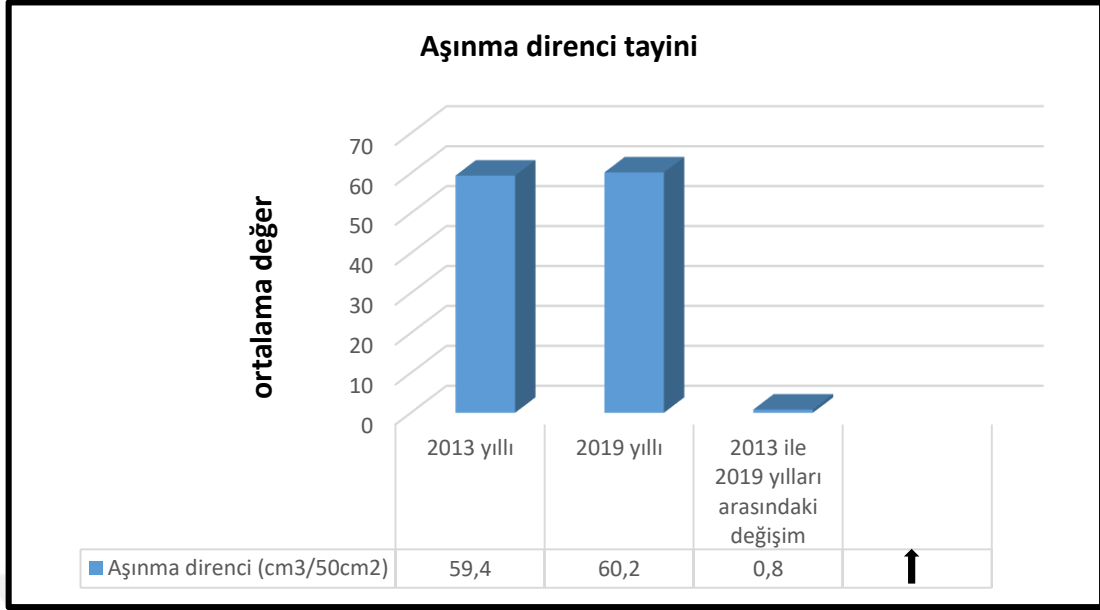
TS EN 1415'e (2018 yılında geçerli) göre yapılan aşınma direnci (böhme) analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin aşınma direncinin değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen aşınma direncin analiz sonuçları (Çizelge 4.8'de) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı analiz sonuçları ise (Çizelge 4.9'da) sunulmuştur.

Çizelge 4. 8. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Aşınma direnci tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Aşınma (Böhme) direnci tayini		
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Ortalama aşınma direnci (cm³/50cm²)
Test 1	70.6×72.5×70.4	63.0
Test 2	70.6×70.8×70.4	60.3
Test 3	72.1×70.4×70.4	57.2
Ortalama değer		60.2
Standart sapma		1.01

Çizelge 4. 9. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesinde akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

Aşınma (Böhme) direnci tayini		
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Ortalama aşınma direnci (cm³/50cm²)
Test 1	100×70×20	61.0
Test 2	100×70×20	59.8
Test 3	100×70×20	57.4
Test 4	100×70×20	60.2
Test 5	100×70×20	59.7
Test 6	100×70×20	58.6
Ortalama değer		59.4
Standart sapma		1.04



Şekil 4. 20. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Aşınma direnci tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

4.1.2.6. Don sonu basınç dayanımı analizi

TS 699’a (2018 yılında geçerli) göre yapılan don sonu basınç dayanımı analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin basınç dayanım değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen basınç dayanımı analiz sonuçları (Çizelge 4.10; Çizelge 4.11; Çizelge 4.12’de) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı analiz sonuçları ise (Çizelge 4.13’de) sunulmuştur.

Çizelge 4. 10. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Don öncesi basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Don öncesi basınç dayanım tayini			
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Kırılma yükü (kN)	Don öncesi basınç dayanımı (MPa)
Test 1	51.9×50.1×51.5	89	34.18
Test 2	51.0×51.6×49.8	109	41.35
Test 3	50.7×51.4×48.7	116	44.58
Test 4	49.6×53.2×50.7	167	63.35
Test 5	51.6×52.6×50.9	167	61.63
Test 6	53.6×50.4×51.0	168	62.22

Çizelge 4. 10'un devamı

Test 7	50.3×53.2×51.1	110	41.19
Test 8	48.7×50.7×51.3	165	66.84
Test 9	50.7×53.2×49.9	108	40.12
Test 10	49.6×51.9×49.2	75	28.96
Ortalama değer		127.4	48.4
Değişim katsayısı		1	0.28
Standart sapma		1.02	1.01

Çizelge 4. 11. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Don sonrası basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Don sonrası basınç dayanım tayini			
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Kırılma yükü (kN)	Don sonrası basınç dayanımı (MPa)
Test 1	53.0×52.8×50.7	161	57.50
Test 2	50.1×50.6×52.2	110	43.21
Test 3	49.6×51.1×53.0	99	39.27
Test 4	51.1×50.7×51.3	117	45.28
Test 5	51.9×49.7×50.1	170	66.10
Test 6	51.2×51.1×53.9	117	44.77
Test 7	53.9×51.0×50.8	96	34.96
Test 8	50.0×51.7×52.7	136	52.79
Test 9	53.7×51.3×50.9	151	54.96
Test 10	49.9×51.8×49.9	169	65.33
Ortalama değer		132.6	50.4
Değişim katsayısı		1	0.21
Standart sapma		1.01	1.03

Çizelge 4. 12. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Don sonu basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

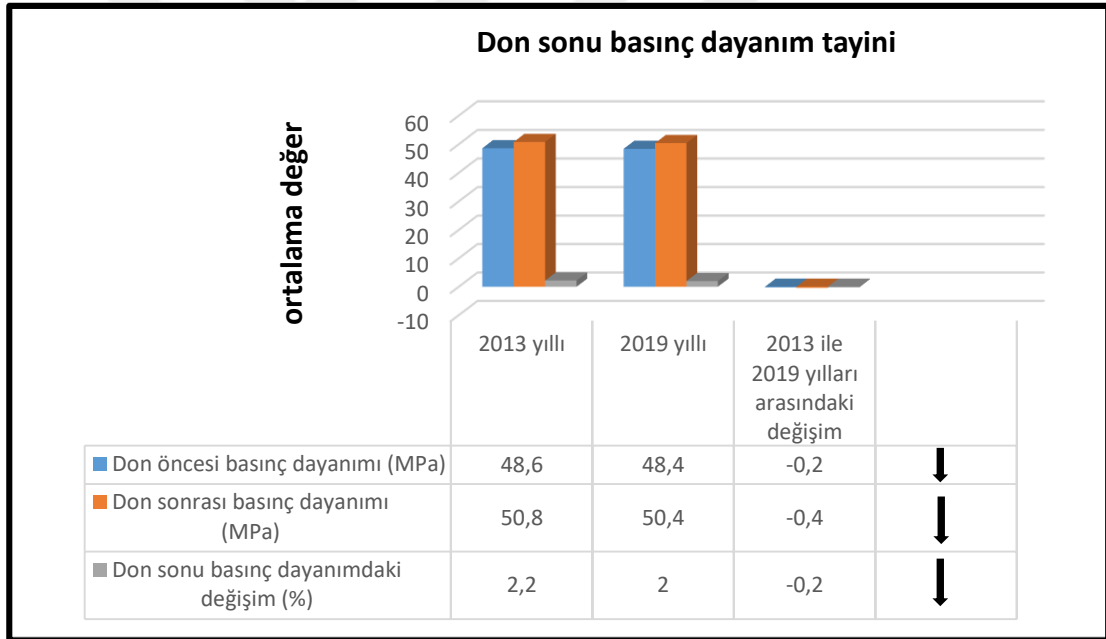
Don sonu basınç dayanım tayini		
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Don sonu kütle kaybı (%)
Test 1	52.97×52.78×50.70	0.05
Test 2	50.13×50.59×52.17	0.05
Test 3	49.55×51.07×52.98	0.14
Test 4	51.14×50.66×51.28	0.05
Test 5	51.86×49.68×50.06	0.05
Test 6	51.21×51.13×53.92	0.05
Test 7	53.93×50.99×50.84	0.05
Test 8	50.00×51.65×52.70	0.05
Test 9	53.66×51.27×50.88	0.05
Test 10	49.86×51.79×49.86	0.04
Ortalama değer		0.06
Ortalama don öncesi basınç dayanımı (MPa)		48.4
Ortalama don sonrası basınç dayanımının (MPa)		50.4
Ortalama don sonu basınç dayanımındaki değişim (%)		2

Çizelge 4. 13. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesinde akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

Don sonu basınç dayanım tayini					
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Kırılma yükü (kN)	Don öncesi basınç dayanımı (MPa)	Don sonrası basınç dayanımı (MPa)	Don sonu kütle kaybı (%)
Test 1	50.1×50.2×50	129.56	34.40	58.50	0.05
Test 2	50.1×50.2×50	160.39	40.35	44.21	0.02
Test 3	50.1×50.1×50	177.78	44.48	38.27	0.08
Test 4	50.3×50.4×50	163.62	63.25	45.48	0.09

Çizelge 4. 13'ün devamı

Test 5	50.4×50.4×50	172.94	61.65	65.00	0.05
Test 6	50.4×50.3×50	141.93	62.82	45.77	0.05
Test 7	50.2×50.5×50	149.28	42.19	35.96	0.07
Test 8	50.2×50.1×50	130.27	66.84	53.79	0.03
Test 9	50.3×50.2×50	154.47	40.12	54.96	0.03
Test 10	50.4×50.2×50	166.31	29.96	66.33	0.05
Ortalama değer		154.6	48.6	50.8	0.05
Ortalama don öncesi basınç dayanımı (MPa)					48.6
Ortalama don sonrası basınç dayanımının (MPa)					50.8
Ortalama don sonu basınç dayanımındaki değişim (%)					-2.2



Şekil 4. 21. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Don sonu basınç dayanım tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Limra mermerin “Don sonu basınç dayanımı” analiz sonuçlarına bakıldığında don sonu basınç dayanımı analizinde bir azalma meydana gelmesi sonucu, Limra mermer levhalarının daha çok iç mekanlarda kullanılması uygun olacağını, aynı zamanda Limra mermer levhalarının zeminlerden ziyade iç veya dış duvarlarda kullanılmasının uygun olacağını ifade etmektedir.

4.1.2.7. Tek eksenli basınç dayanım analizi

TS EN 1926'a (2018 yılında geçerli) göre yapılan tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin basınç dayanım değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen basınç dayanımı (σ_c) analiz sonuçları (Çizelge 4.14'de) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı analiz sonuçları ise (Çizelge 4.15'de) sunulmuştur.

Çizelge 4. 14. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Tek eksenli basınç dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

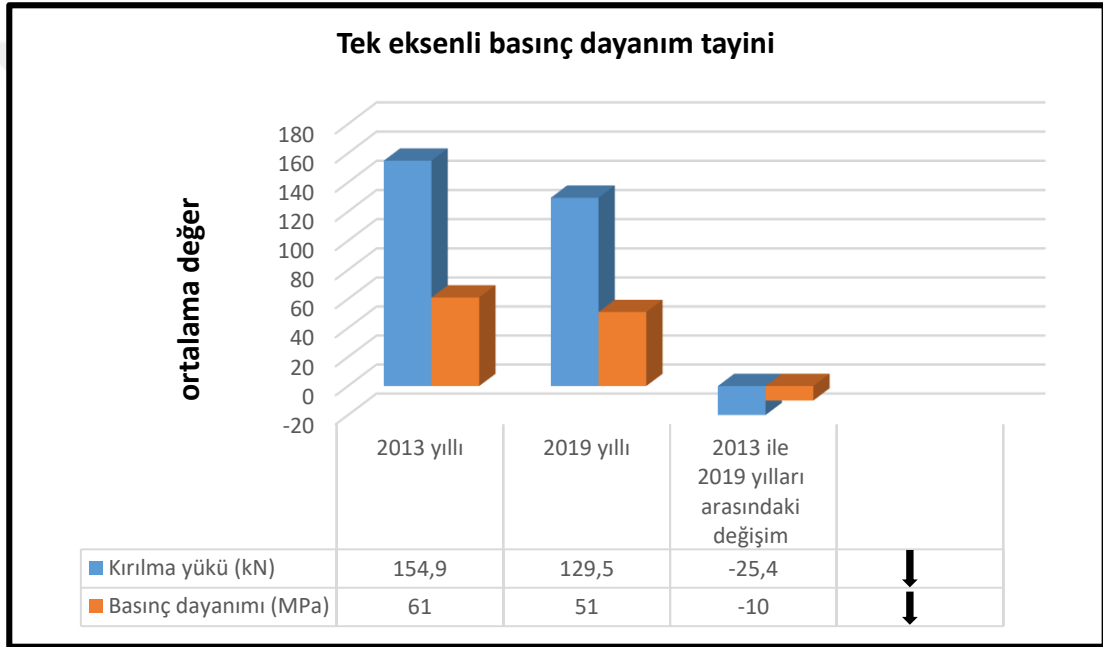
Tek eksenli basınç dayanım tayini			
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Kırılma yükü (kN)	Basınç dayanımı (MPa)
Test 1	51.6×48.8×50.8	118	47.02
Test 2	51.0×51.1×49.6	102	39.16
Test 3	49.8×51.3×50.2	132	51.85
Test 4	51.6×49.3×50.6	156	61.52
Test 5	50.5×50.2×51.2	151	59.78
Test 6	50.5×50.3×51.0	143	53.37
Test 7	50.5×51.6×50.7	83	31.74
Test 8	48.8×51.1×50.3	165	66.32
Test 9	50.3×51.6×50.2	91	35.22
Test 10	48.7×50.2×51.0	154	62.88
Ortalama değer		129.5	51
Standart sapma			1.2

Çizelge 4. 15. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

Tek eksenli basınç dayanım tayini			
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Kırılma yükü (kN)	Basınç dayanımı (MPa)
Test 1	50.0×50.1×50	139.60	55
Test 2	50.1×50.2×50	159.49	63
Test 3	50.3×50.0×50	155.37	61
Test 4	50.2×50.2×50	153.76	60

Çizelge 4. 15'in devamı

Test 5	50.2×50.1×50	168.46	66
Test 6	50.2×50.1×50	148.02	58
Test 7	50.1×50.2×50	178.85	70
Test 8	50.2×50.1×50	147.84	58
Test 9	50.0×50.2×50	148.74	58
Test 10	50.3×50.2×50	149.64	59
Ortalama değer		154.976	61



Şekil 4. 22. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Tek eksenli basınç dayanım tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Limra mermerin “Tek eksenli basınç dayanımı” analiz sonuçlarına bakıldığında tek eksenli basınç dayanımında bir azalma meydana gelmesi sonucu Limra mermer levhalarının zeminlerde kullanılmasından ziyade iç ve dış duvarlarda kullanılması uygun olacağını tespit edilmiştir.

4.1.2.8. Atmosfer basıncı altında su emme analizi

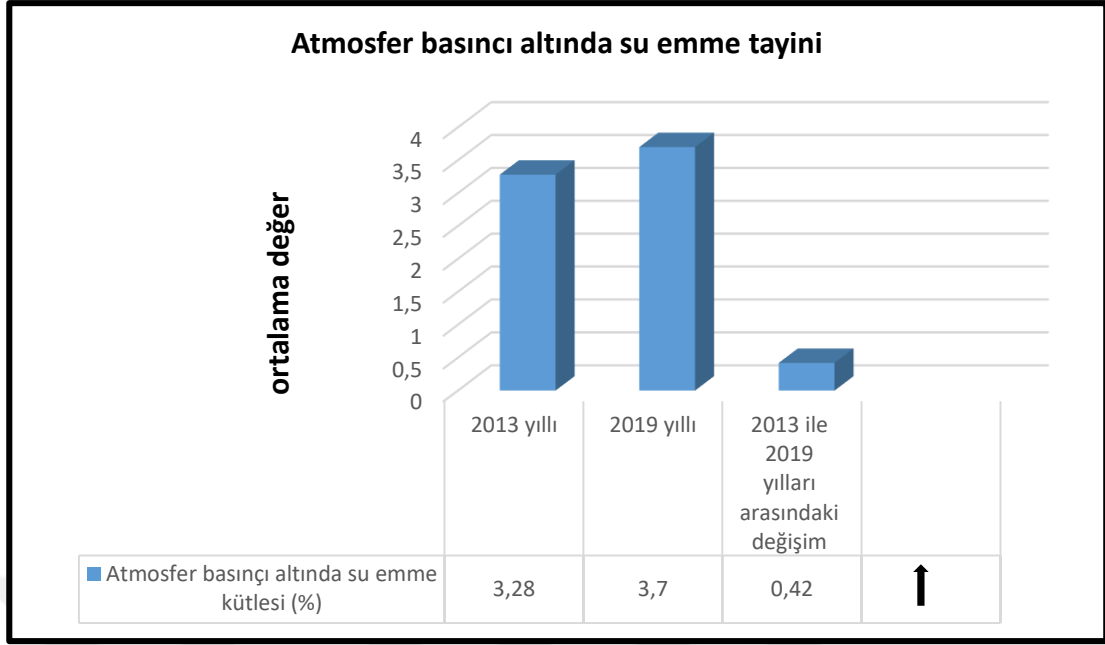
TS 699’a (2018 yılında geçerli) göre yapılan atmosfer basıncı altında su emme analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin su emme kütle değerleri tespit edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen atmosfer basıncı altında su emme analizin sonuçları (Çizelge 4.16’da) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı analiz sonuçları ise (Çizelge 4.17’de) sunulmuştur.

Çizelge 4. 16. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Atmosfer basıncı altında su emme tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

Atmosfer basıncı altında su emme tayini		
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni×boyu×yükseklik) (mm)	Atmosfer basıncı altında su emme kütlege (%)
Test 1	52×50×50	4.10
Test 2	50×52×49	3.70
Test 3	51×50×51	3.30
Test 4	50×52×50	3.70
Test 5	49×50×52	3.70
Test 6	50×51×50	3.70
Ortalama değer		3.70
Standart sapma		0.07
Değişim katsayısı		0.25

Çizelge 4. 17. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

Atmosfer basıncı altında su emme tayini		
Örnek sayısı	Numune boyutların kırma yüzeyi (eni× boyu× yükseklik) (mm)	Atmosfer basıncı altında su emme kütlege (%)
Test 1	50×50×50	3.26
Test 2	50×50×50	3.29
Test 3	50×50×50	3.22
Test 4	50×50×50	3.20
Test 5	50×50×50	3.43
Test 6	50×50×50	3.28
Ortalama değer		3.28
Standart sapma		0.08
Değişim katsayısı		0.24



Şekil 4. 23. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Atmosfer basıncı altında su emme tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

4.1.2.9. Yoğun yük altında eğilme dayanım analizi

TS EN 12372’i (2018 yılında geçerli) göre yapılan yoğun yük altında eğilme dayanımı (σ_E) analizinde arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneğinin eğilme dayanım değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen yoğun yük altında eğilme dayanımı (σ_E) değerlerin analiz sonuçları (Çizelge 4.18’de) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı analiz sonuçları ise (Çizelge 4.19’da) sunulmuştur.

Çizelge 4. 18. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Yoğun yük altında eğilme dayanım tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

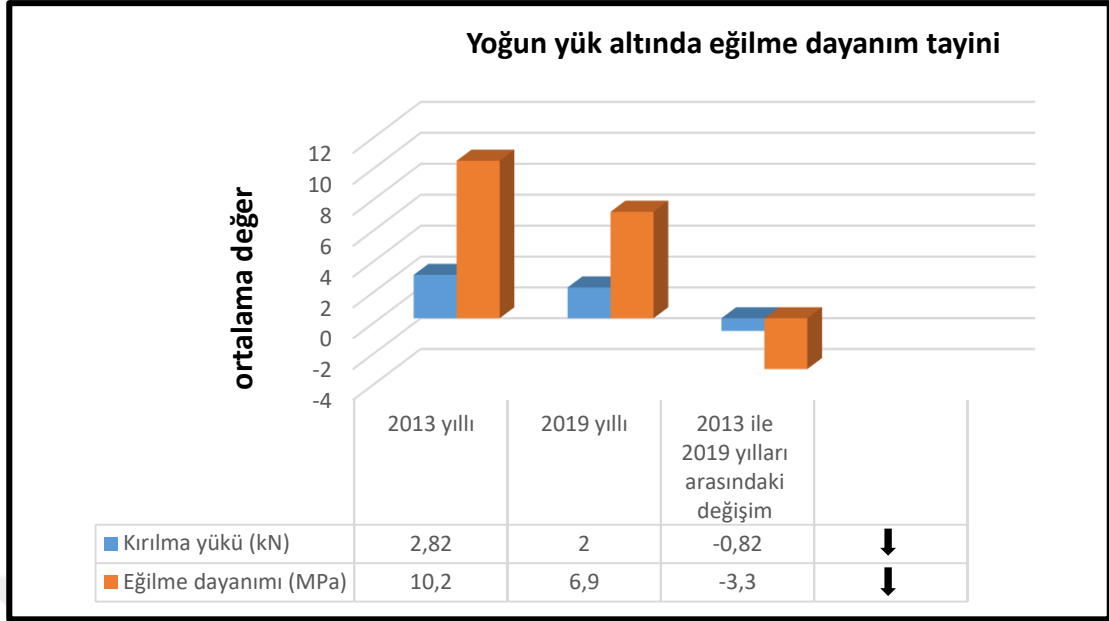
Yoğun yük altında eğilme dayanım tayini				
Örnek sayısı	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kırılma yükü (kN)	Eğilme dayanımı (MPa)
Test 1	50.2	51.6	3	8.0
Test 2	50.4	50.9	2	6.7
Test 3	50.1	51.7	2	6.0
Test 4	50.7	51.9	3	7.1
Test 5	50.6	51.2	3	7.7
Test 6	51.0	51.8	2	6.6

Çizelge 4. 18'in devamı

Test 7	50.0	51.0	2	7.1
Test 8	50.3	51.7	2	6.5
Test 9	50.4	51.2	2	6.0
Test 10	50.1	51.6	3	7.3
Ortalama değer	50.4	51.5	2	6.9
Mesnetler arası mesafe (mm)		250		
Standart sapma				0.8
Yükleme hızı (MPa/s)				0.25 ± 0.05

Çizelge 4. 19. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

Yoğun yük altında eğilme dayanım tayini				
Örnek sayısı	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kırılma yükü (kN)	Eğilme dayanımı (MPa)
Test 1	50	50	2.85	10.26
Test 2	50	50	3.08	11.09
Test 3	50	50	3.01	10.84
Test 4	50	50	2.85	10.26
Test 5	50	50	2.87	10.33
Test 6	50	50	2.55	9.18
Test 7	50	50	2.85	10.26
Test 8	50	50	2.90	10.44
Test 9	50	50	2.49	8.96
Test 10	50	50	2.78	10.01
Ortalama değer	50	50	2.82	10.2
Mesnetler arası mesafe (mm)		240		
Standart sapma				0.7
Yükleme hızı (MPa/s)				0.24 ± 0.05



Şekil 4. 24. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Yoğun yük altında eğilme dayanım tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Limra mermerin “Yoğun yük altında eğilme dayanım” analiz sonuçlarına bakıldığında eğilme dayanım analizinde bir azalma olması ile anlaşılmaktadır ki, Limra mermer levhaları 3 cm’den daha fazla kalınlıklarda kesilmelidir.

4.1.2.10. Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite analizi

TS 8615’e (2018 yılında geçerli) göre yapılan analizin arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneklerinin yoğunluk ve görünür porozite değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.20’de) yer almaktadır. Onur mermer firmasının kendi yaptığı analiz sonuçları ise (Çizelge 4.21’de) sunulmuştur.

Çizelge 4. 20. 2019 yılında bu çalışma ile yapılan “Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite tayini” analizleri sonucu elde edilen veriler

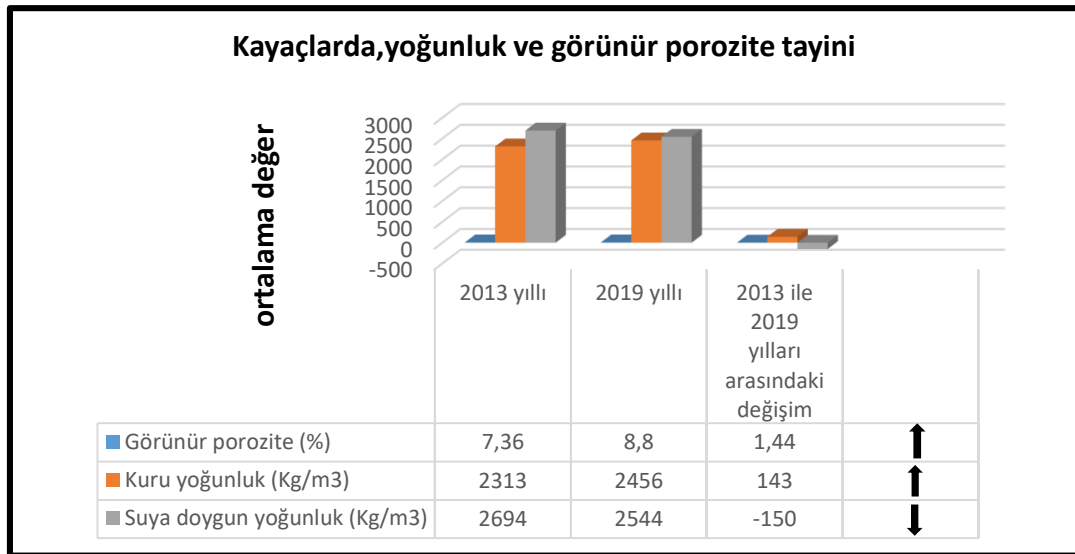
Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite tayini			
Örnek sayısı	Görünür porozite (%)	Kuru yoğunluk (kg/m ³)	Suya doymun yoğunluk (kg/m ³)
Test 1	8.4	2474	2557
Test 2	10.7	2399	2506
Test 3	7.9	2484	2563
Test 4	11.0	2391	2501
Test 5	13.8	2310	2448
Test 6	8.0	2479	2560

Çizelge 4. 20'in devamı

Test 7	10.3	2411	2514
Test 8	2.4	2642	2666
Test 9	7.8	2487	2565
Test 10	7.9	2485	2564
Ortalama değer	8.8	2456	2544

Çizelge 4. 21. 2013 yılında Onur mermer firmasının Afyon Kocatepe Üniversitesi akredite doğaltaş analiz laboratuvarında yaptırılan analiz sonuçları

Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite tayini			
Örnek sayısı	Görünür porozite (%)	Kuru yoğunluk (kg/m ³)	Suya doymuş yoğunluk (kg/m ³)
Test 1	7.21	2305	2691
Test 2	7.70	2317	2692
Test 3	7.45	2321	2693
Test 4	7.24	2312	2695
Test 5	7.26	2316	2696
Test 6	7.29	2310	2697
Ortalama değer	7.36	2313	2694



Şekil 4. 25. 2013 ile 2019 yılları arasında meydana gelen “Kayaçlarda, yoğunluk ve görünür porozite tayini” analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Limra mermerin “Kayaçalarda, yoğunluk ve görünür porozite” analiz sonuçlarına bakıldığında görünür porozite (%) ve kuru yoğunluk (kg/m^3) analizinde bir artma olması ve suya doymuş yoğunluk (kg/m^3) analizinden de azalma meydana gelmesi neticesinde, dış mekanlarda kullanılan Limra mermerlerin levhalarının kısa sürede su alarak şişmesi durumunda daha erken deforme olabileceğini tespit edilmiştir.

4.1.2.11. Epoksi reçinesi ve polyester reçinesi

Epoksi reçineleri doğaltaşların kırılma oranını maksimum derecede azaltarak son derecede kırılma olan doğaltaşların kırılma oranını % 45 dan %10 oranına kadar azaltabilir. Polyester reçineler ise kırılmış veya çatlak levhaları sağlamlaştırmak ve birleştirmek için gözenekli doğaltaşlara dolgu yapmak ve mermer blokların dış yüzeyinde bulunan kırık ve çatlak kayıplarını en aza indirmek için kullanılır. Epoksinin üretim süresindeki kırılma yüzdesi yüksek bir oranda azalır ve malzemenin çatlakları zamana karşı çok dirençli bir ürünle doldurulmuş olur. Epoksi reçine uygulanmış bir doğaltaş yere döşendiğinde çatlaklar ve gözenekler tamamen kapanmış olduğundan doğaltaş daha zor kirlenmektedir.

Polyester reçineleri, üretim aşamasında ve sonrasında karşı karşıya kalınabilecek kırılma, çatlama vb. bozulmaların düzeltilmesi amacıyla uygulanan etkin bir malzemedir. Polyester reçineler uygulama aşamasında epoksideki gibi yüksek bir esneklik düzeyine sahiptir. Doğaltaşların sağlamlaştırılmasında kullanılan bu reçine kalibrasyonu, kırık çatlak ve gözeneklerin kapatılması için de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Polyester reçine doğru bir biçimde uygulandığında, gerek kırık ve çatlakların gerekse de gözeneklerin doldurulmasına katkı sağlamaktadır. Çünkü polyester reçine uygulaması genel olarak gözlemleyerek yapılan bir uygulama olduğundan oldukça garantili yöntemlerin başında gelmektedir. Analiz sonucunda elde edilen veriler (Çizelge 4.22’de) yer almaktadır.

Çizelge 4. 22. Doğaltaş levhalarına uygulanan epoksi ve polyester reçine yöntemlerindeki verilerin karşılaştırmaları (Yücel kompozit firması 2019)

	SIVAMA YÖNTEMİ			PÜSKÜRTME YÖNTEMİ BU ÇALIŞMA İLE YAPILAN TESTLER		VAKUM YÖNTEMİ
Parametre	Manuel Polyester Uygulama	Manuel Epoksi Uygulama		Makine ile Polyester Uygulama	Makine ile Epoksi Uygulama	Makine ile Epoksi Uygulama
İlk Yatırım Maliyeti	Yok	Yok		Orta	Yüksek	Düşük
Birim Maliyet (Değişebilir)	± 20 USD/ m^3	± 35 USD/ m^3		± 25 USD/ m^3	± 35 USD/ m^3	± 115 USD/ m^3
Kullanılan Polimer Reçine	Polyester reçine	Epoksi reçine		Polyester reçine	Epoksi reçine	Epoksi reçine

Çizelge 4. 22'in devamı

Elyaf Çeşidi	File (500gr/m ²)	File (500gr/m ²)		Sprey fitil (ip elyaf)	-		-
Uygulama Durumu	Zor	Zor		Kolay	Kolay		Çok Zor
Penetrasyon	5 mm	10 mm		5 mm	10 mm		50-60 mm
Sıcak Güçlendirme Süresi	25 °C 2 saat	55 °C 2 saat		20 °C 15-30 dk.	55 °C 15-30 dk.		55 °C 3 saat
Genleşme / Büzüşme Oranı	Yüksek	Düşük		Yüksek	Düşük		Düşük
Kurutma Doğaltaşın Cinsi	24 saat tümü	48 saat tümü		24 saat tümü	48 saat tümü		48 saat Kireçtaşı
Su Emme Durumu	Daha fazla su emer	Daha az su emer		Daha fazla su emer	Daha az su emer		Daha az su emer
Doğaltaşın Çatlak Yapısı	Yüzeysel çatlaklar	Yüzeysel çatlaklar		Yüzeysel çatlaklar	Yüzeysel çatlaklar		Derin çatlaklar
Öz Mukavemeti	Daha düşük	Yüksek		Daha düşük	Yüksek		Yüksek
Verimlilik	% 80-85	% 85-90		% 85-90	% 85-90		% 90-95

5. SONUÇLAR

Tamamlanan bu yüksek lisans tezi çalışması ile Antalya ili Finike-Turunçova bölgesindeki Limra mermerinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesi ve blok verimini artırıcı yöntemlerin araştırılması için Limra mermeri jeolojik özellikleri, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri ortaya konulmuştur.

Onur Limra mermer sahasından alınan örneklerle ait ince kesitlerin mikroskopta incelenmesiyle, kayacın sparitik kireçtaşı olduğu belirlenmiştir. Onur Limra mermer sahasında işletilen kireçtaşları, neritik ortamda oluşmuş olup, birim, orta kalın tabakalıdır. Aşınma yüzeyi gri, açık gri, kırılma yüzeyi bej krem, krem renkli olduğu gözlenmiştir.

Çalışma alanındaki Onur Limra mermerin Alacadağ (Hacıveliler) mevkiindeki Onur Limra mermer ocağının havadan görüntüsü alınarak işletilebilir rezervine bakıldığında mermer işletme sahasının 3 kısımdan oluştuğunu ve işletmenin 1. ve 3'ncü bölümünün kapalı ve işletmenin 2'nci bölümünün ise halen aktif olarak çalışmakta olduğu ve bütün işletme alanlarının toplamının 126544 m². sahanın altyapı tesisi alanı toplamı ise 62005 m². Onur mermer sahasının toplam izinli alanlarının toplamının da 188549 m². olduğu ortaya konulmuştur.

Çalışma alanındaki Onur Limra mermer işletme sahasında gözlenen çatlak düzeylerin konumları genelde K 30° D arasında değişmektedir. Ocağın eğim miktarı ise genelde 60°-70° arasında değişirken ocağın eğim yönü de genelde G-D arasında olduğu saptanmıştır.

İncelenen örneklerin mikropaleontolojik tanımlamalarına bakıldığında Limra mermerlerin içerisinde sparitik çimento içerisinde karbonat taneleri (Kalsit) ve rudist fosil kavkıları gözlenmiş ve bağlayıcı madde sparit olup, yer yer ince taneli mikrit oluşumları da gözlenmiştir. Genelde fosil kavkıları küçük, orta, iri taneli, karbonat dolgulu ve diğer birleşenlere oranla daha fazla bulunmaktadır. Karbonat taneleri ise gelişigüzel dağılmış olarak izlenmektedir. Örneklerde parçaların/kırıntıların çok büyük bir kısmın, monokristalin ya da polikristalin karbonat mineralleri şeklinde izlenmekte olup, bunların bütünüyle sparitleşmiş (İç dokusunu bütünüyle kaybetmiş ya da kısmen korumuş durumdaki) mikrofosil kavkılarına ait parçalar/kırıntılar olduğu değerlendirilmiştir.

Finike (Antalya) bölgesinden alınan Limra mermer örneklerinin majör oksit değerleri incelendiğinde en yüksek değer "CaO" olduğu görülmüştür. Onur mermer sahasına ait örnek analiz sonuçlarına bakıldığında CaO değeri (% 55.09) iken, Al₂O₃ değeri (% 0.06), Fe₂O₃ değeri (% 0.10), MgO değeri (% 0.38) ve SiO₂ değeri (% 0.34) dir. Bu sonuçlar mermerin yoğun olarak kalsit minerali içerdiğinin göstergesidir. Diğer mineral bileşenlerinin ise % 1'in altında kaldığı gözlenmiştir.

Limra mermerin "Don sonu basınç dayanımı" analiz sonuçlarına bakıldığında don sonu basınç dayanımı analizinde bir azalma meydana gelmesi sonucu, Limra mermer levhalarının daha çok iç mekanlarda kullanılması uygun olacağını, aynı zamanda Limra mermer levhalarının zeminlerden ziyade iç veya dış duvarlarda kullanılmasının uygun olacağını ifade etmektedir.

Limra mermerin “Yoğun yük altında eğilme dayanım” analiz sonuçlarına bakıldığında eğilme dayanım analizinde bir azalma olması ile anlaşılmaktadır ki, Limra mermer levhaları 3 cm’den daha fazla kalınlıklarda kesilmelidir.

Limra mermerin mineralojik-petrografik incelemelerinden de görülebileceği gibi sadece kalsit ve ender olarak dolomit içeren bu kayacın sert olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, incelenen sahadaki Limra mermer kireçtaşlarının, basamak, döşeme gibi alanlarda kullanılmasının uygun olmayacağı düşünülmektedir.

Yapılan kesme deneylerinde Limra mermerin kenar köşe kesimi ile plaka verme durumunun iyi olduğu ve iyi cila aldığı görülmüştür. Bunun nedeni ise Limra mermerinin mineralojik bileşiminde Fe_2O_3 , SiO_2 oranının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum mermerlerin hem kesilmesini hem de cilalama işlemini kolaylaştırmaktadır. Limra mermeri işleme kabiliyetinin yüksek olması dolayısıyla sektörde her zaman tercih sebebi olmaktadır.

Arazi çalışmalarında alınan Limra mermer örneklerin fiziko-mekanik analiz sonuçlarına bakıldığında; Kaynar suda su emme analiz sonucunun 2013 yılı ile 2019 yılları arasındaki hacimce su emme değişim oranı (% -0.1) azalma meydana gelirken, kütlece su emme değişim oranı (% 0.2) artma meydana geldiğini tespit edilmiştir. Atmosfer basıncı altında su emme analizindeki değişim oranında ise (% 0.42) ile artma meydana geldiği görülmektedir.

Aşınma direncinin 2013 yılı ile 2019 yılları arasındaki değişim oranı ise ($0.8 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$) artma meydana gelirken, don sonu basınç dayanımının 2013 yılı ile 2019 yılları arasındaki değişim oranı ise (% -2.2 MPa) ile azalma meydana gelmiştir. Tek eksenli basınç dayanımının 2013 yılı ile 2019 yılları arasındaki değişim oranı ise (-10 MPa) azalma olduğu gözlemlenirken, yoğun yük altında eğilme dayanımının 2013 yılı ile 2019 yılları arasındaki değişim oranında ise (-3.3 MPa) azalma meydana geldiği gözlenmiştir.

Yapılan epoksi ve polyester çalışmasında ise epoksi reçinesinin uygulamasının hassasiyet gerektirirken, polyester reçinesinin uygulaması ise daha kolay olduğu tespit edilmiştir. Epoksi reçinesi daha çok kılcal çatlaklara nüfuz etme de uygun iken, polyester reçinesi de daha çok yüzeysel yapıştırma dolgu işlemlerine uygundur. Ayrıca epoksi reçinesinde daha yavaş kürlenme (yavaş sertleşme) meydana gelirken, polyester reçinesinde daha hızlı kürlenme (hızlı sertleşme) meydana gelmektedir. Epoksi reçinesi daha çok cilalama işleminde kullanılırken polyester reçinesi ise mermer bloklarında meydana gelen kırık ve çatlakları en aza indirmek için kullanılan bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak yapılan çalışmalar gözlemlemektedir ki kayaçların dokusal özellikleri ile kayaçların fiziksel-mekanik özellikleri arasında korelasyonun varlığı söz konusudur. Kayaçların fiziksel-mekanik özellikleri ile dokusal özellikleri arasındaki ilişkiler bir bütün olarak incelendiğinde, dokusal özellikler, kayacın dayanımı istatistiksel anlamda kabul edilebilir bir ilişkinin var olduğu hakkında önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Sonuç olarak kaya sağlamlığını olumlu yönde etkileyen parametrelerin artışı dokusal özelliklerini de yükseltmekte, kaya sağlamlığını olumsuz yönde etkileyen parametrelerin artışı ise dokusal özelliklerin değerinin düşmesine sebep olduğu gözlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim 1: [http:// www.onurmermer.group.com](http://www.onurmermer.group.com) [Son erişim tarihi:25.10.2018].
- Anonim 2: [http:// www.yücelkompozit.group.com](http://www.yücelkompozit.group.com) [Son erişim tarihi: 28.04.2019].
- Anonim 3: [http:// www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr) [Son erişim tarihi: 25.07.2018].
- Acar, H. 2000. “Doğaltaş güçlendirme iyileştirme ve koruma yöntemleri”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Müh. Mim. Fak. İstanbul, 67-70 s.
- Acar, H. 2003. “Doğaltaşlarda çatlak tamir ve gözenek dolgu sistemleri”, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 415-434 s.
- Acar, H. 2004. “Doğaltaşlarda çatlak tamir ve gözenek dolgu sistemleri”, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, Afyon.
- Akay, E., Uysal, Ş. 1988. Orta Torosların Post-Eosen Tektoniği. *MTA Dergisi*, 108. s.57-68.
- Aksoy, R., Aksarı, S. 2008. Elmalı (Antalya Batı Toroslar) kuzeyinde Likya naplarının jeolojisi *S.Ü Müh.Mim.Fak. Dergisi*, c.23, s.2.
- Arık, S. 2011. “Finike (Antalya) Beydağları formasyonunun mermer olarak kullanılabilirliği ve ekonomik önemi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Bağcı, M. 2010. “Cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin erozyon aşınma davranışının incelenmesi”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi. Konya.
- Brinkmann, R. 1966. Geotektoische Gliederung Von Westanatolien. *Neus Jahrb. Geol. Palaonto, Monatsh*, s.10, s.603-618.
- Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A. 1971. Outline of the geology of the western Taurides. In: Campbell, A.S. (Ed.), *Geology and History of Turkey*. Petro. Explor. Soc. Libya, Tripoli, pp. 225-255., Konya, s. 178.
- Brunn, J.H., Argriadis, I., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A., ve Ricou, L.E. 1973. Antalya'nın ofiyolit naplarının orijin lehine ve aleyhindeki kanıtlar. Cumhuriyetin 50. Yıllı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, 1-19 Aralık, Ankara, s. 58-69.
- Colin, H.J. 1962. “Fethiye-Kaş-Antalya-Finike (Güneybatı Anadolu) bölgesinde yapılan jeolojik etütler”, *MTA Dergisi*, s. 59, ss.19-59.
- Çelik, M.E. 2007. “Pim bağlantılı kompozit malzemelerin dizaynı”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü. Bitirme Projesi. İzmir, 87 s.
- Çetin, F. 2001. Gözenek ve çatlak tamir uygulama örnekleri ve bu uygulamaların işletmelere getirdiği ilave kazançlar, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, Afyon.
- Durmuş, A. 2006. Poliolefin nanokompozitlerin hazırlanması, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s.1-41.

- Efe, T., Akbay, D., Demirdağ, S., Şengün, N. 2012. “Bej mermerlerde epoksi uygulamasının atmosferik şartlar altında kayacın bazı fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Konferans Bildirileri, Isparta.
- Erdoğan, B. 1991. Mermerlerde aşınma kaybına ilişkin düşünceler, mermer yapı ve dekorasyon dergisi s.12, s.11-14.
- Erdoğan, B. 2001. Güneydoğu Anadolu’nun mermer potansiyeli, Türkiye 3. Mermer Sempozyumu (Mersem) Bildiriler Kitabı, s.451.
- Erdoğan, B., Yavuz, A.B. 2002. Güneydoğu Anadolu’nun Miyosen Paleocoğrafyası ile mermer yataklarının ilişkisi., D.E.Ü. Mühendislik Dergisi cilt, s. 4, ss.53-64.
- Erdoğan, B., Yavuz, A.B. 2004. Kayaçların yapıtaş olarak kullanılabilirliğini belirlemede fiziko mekanik özelliklerin önemi. *Natural Stone Dergisi*, s.6, ss.22-229.
- Erguvanlı, K., Yüzer, E. 1985. “Mermer ocak işletmelerini etkileyen mühendislik jeolojisi parametreleri”, II.Uluslararası Mermer Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul Mermer İhracatçıları Birliği Yayını, İstanbul.
- Erol, A. 2008. “Finike yöresi (Batı Toroslar) Limra mermerlerinin jeolojisi ve ekonomik potansiyeli”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Göncüoğlu, M.C. 2009. Pasif kıta kenarından bindirme-ön ülke basenine dönüşümüne bir örnek: Kütahya-Bolkardağ Kuşağı, 62. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*. Ankara, 962 s.
- Göncüoğlu, M.C. 2011. Kütahya-Bolkardağ kuşağının Jeolojisi. *MTA Dergisi*, 142, 227-282.
- Günay, Y., Bölükbaşı, A.S. ve Yoldemir, O. 1982. “Beydağlarının stratigrafisi ve yapısı”, Türkiye Altıncı Petrol Kongresi Tebliği, nisan 1982, s.91-101.
- Karaca, Z. 2001. “Mermercilikte örnekleme”, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, s.175-180.
- Karaca, Z. 2003. “Mermer blok kalite kontrolü”, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM-2003) Bildiriler Kitabı 18-19 Aralık 2003, s.497-503.
- Kaw, A. 1997. Mechanics of Composite Materials, crc Pres Inc., USA.
- Koca, M.Y., Türk, N. 1994. “Ayrışmanın andezitlerin petrografik, kimyasal ve jeomekanik özelliklerine etkisi”, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, s.9, ss.382-393.
- Koç, H., Ünlügenç, U.C., Özer, E. 2005. “Aydıncık Bozyazı (Mersin) arasının Tekto-Stratigrafik incelenmesi”, Orta Toroslar, Türkiye Jeo. Büll. Cilt.48, s.1.
- Konuk, A., Önder, S. 1999. Maden ekonomisi, Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Maden Müh. Bölümü Yayınları, Ders kitabı, Eskişehir.
- Koşun E., Poisson A., Ciner A., Wernli R., Monod O. 2009. "Syn-tectonic sedimentary evolution of the Miocene Catallar Basin, southwestern Turkey", *Journal Of Asian Earth Sciences*, vol.34, pp.466-479.

- Kun, N. (2013 a). “Mermer jeolojisi ve teknolojisi”, geliştirilmiş 2.baskı, Ders kitabı İzmir, 222 s.
- Kun, N. (2013 b). İzmir ve çevresinin endüstriyel hammaddeleri. TMMOB 2. izmir Kent Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s.753-758.
- Kun, N. 2014. Mermer ocak işletmeciliğinde yeraltı üretim planlaması. D.E.Ü 2012. KB. Fen 024 nolu Bilimsel Araştırma projesi, yayınlanmamış, 43.
- Kun, N. 2015. Batı Toroslar, Beydağları otoktonu mermer yatakları. Türkiye 24.Uluslararası Madencilik Kongresi bildiriler kitabı. s. 701-709.
- Küçük, K. 2009. “Mermer sahalarından alınabilecek blok boyutlarının belirlenmesinde yeni bir kayaç kütle sınıflama yönteminin geliştirilmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Lefèvre, R. 1967. Nouvel element dans la geologie du Taurus Lycien: les Nappes d’Antalya (Turquie). *C. R. De l’Academie des Sciences*, 7 (serie D265): 1365-1368.
- Metin, S., Ayhan, S., Papak, İ. 1986. Doğu Torosların batı kesiminin jeolojisi. *MTA Dergisi*. s. 107, ss.1-12.
- Monod, O. 1977. Recherches Geologiques Dans Le Taurus Occidental, Au Sud De Beyşehir. These Doct. D’etat, Orsay, 432p.
- Monod, O. 1978. Güzelsu Akseki Bölgesindeki Antalya Napları üzerine açıklama (Orta Batı Toroslar, Türkiye), *Türkiye Jeoloji Kurumu*, cilt.21, s.27-29.
- Neville, A.M. 2000. Properties of Concrete. 4th Ed., Pearson Education. England.
- Oğlakçı, O., Demirkol, C., Sevimli, U.İ. 2009. “Kahramanmaraş yakın dolayının jeolojik incelenmesi ve tektonik evrimi”, *Ç.Ü. Müh.Mim.Fak. Dergi*. Cilt.24 s.1-2, ss. 209-227.
- Önalın, M. 1979. “Elmalı-Kaş (Antalya) arasındaki alanın jeolojisi”, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Önenç, İ. 1998. Mikritik kökenli kireçtaşlarının mermer olabilme özellikleri. *Türkiye’de Mermer Dergisi*, s.68, ss.18-24.
- Öner, E. 1996. “ Kaş-Demre platosunda fiziki coğrafya araştırmaları ve insan-doğal çevre ilişkileri” *Ege Coğrafya Dergisi*, s. 8, ss. 115-140.
- Öner, E. 1997. “Finike Ovasının alüvyal jeomorfolojisi ve antik Limra kenti”, *Ege Coğrafya Dergisi*, s.9, ss.131-158.
- Öner, E., Vardar, S. 2018. “Finike ovasının holosen jeomorfolojisi ve Limra’nın jeoarkeolojisi”, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, ISSN:2148-9963, s.1-23.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N. 1989. Kütahya-Çifteler-Bayat-İhsaniye yöresinin temel jeolojisi., MTA Rapor no:8974 (8188). ss.142.
- Özgül, N. 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri, Türkiye Jeol. Kur. Bült. 19, s.65-78.

- Özgül, N. 1983. “Alanya bölgesinin jeolojisi”, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 135 s. İstanbul.
- Özgül, N. 1984. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In: Tekeli O. and Göncüoğlu M.C. (Eds), Geology of the Taurus Belt. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey. pp. 77-90.
- Özgüner, A.M. 2002. Antalya-Finike-Alacadağ köy batısı Limra mermer sahasının Jeolojik Etüt Raporu. s.3-23.
- Özgüner, A.M. 2003. Finike (Antalya) batısı Limra mermerlerinin litolojik ortamsal-stratigrafik özellikleri ve Hoyran-Akseki yöresinde benzer özellikli mermerlerinin bulunması olanakları. *Türkiye Taş Dünyası Dergisi*, s.144-156.
- Özgüner, A.M. 2004. Antalya Demre ve Alacadağ yöresinin Limra üstü açık renkli bej mermerleri, *Mermer Dergisi*, s.28-33.
- Özkahraman, T. 2004. Kaplama taşı olarak kullanılan andezitler, kaynaklanmış tüfler Burdur beji ve Limra’nın fiziksel özellikleri, *Madencilik Bülteni*, s.55-62.
- Öztekin, L. 2007. “Mermerlerde uygulanan kimyasallar, epoksi ve polyester uygulanmış mermerlerde çekme ve eğilme dayanım-sıcaklık ilişkisi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Poisson, A. 1977. Recherches Geologiques Dans les Taurides Occidentales (Turguie) ., These de Docteur des Sciences, Université de Paris Sud (Orsay), 795 p.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M. and Şentürk, M. 2003. New data concerning the age of Aksu Thrust in the south of the Aksu valley, Isparta Angle (SW Turkey): consequences for the Antalya Basin and the Eastern Mediterranean. *Geological Journal*, p.38: pp.311-327.
- Ray, B.C. 2006. “Emperature effect during humid ageing on interfaces of glass and carbon fibers reinforced epoxy composites”, *Journal of Colloid and Interface Science*, s. 298, ss.111–117.
- Sarı, B., Özer, S. 2002. Upper Cretaceous Stratigraphy of the Beydağları Carbonate platform, Korkuteli Area (Western Taurides, Turkey), *Turkish J. Earth Sci.*, 11, 39-59.
- Sarıışık, A., Şentürk A., Gündüz L., Tosun, Y., İ. 1996. “Mermer Teknolojisi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliğinin Bölümü, Isparta.
- Sarıışık, A., Şentürk, A. 2003. “Dogaltaş tamirinde epoxy, polyester, mastik dolgulu ve çimentolu dolguların uygulanma kriterleri”, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2003) Bildiriler Kitabı 18-19 Aralık 2003, s.553- 565.
- Şenel, M., Serdaroğlu, M., Kendil, R., Ünverdi, M. ve Gözler, M.Z. 1981. “Teke Torosları Güneybatısının Jeolojisi”, *MTA Dergisi*, Sayı. 95-95, ss.13-43.
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z.R., Şen, A.M., Karaman, T., Dinçer, M.A., Durukan, E., Arbas, A., Örcen, S. ve Bilgi, C. 1989. “Çameli (Denizli)-Yeşilova (Burdur)-Elmalı (Antalya) ve dolayının jeolojisi”, MTA Raporu 9429, Ankara.

- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A.Z., Oğuz, M.F., Korucu, M. ve Özgül, N. 1992. Eğirdir-Yeşarbağdemli Gebiz ve Geriş-Köprülü (Isparta-Antalya) arasında kalan alanların jeolojisi MTA Raporu No: 9390 (yayımlanmamış), Ankara.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğur, M.F., Bölükbaşı, A.S., Korucu, M. ve Özgül, N. 1996. "Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allokton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar)", *MTA Dergisi*, s.118, ss.111-160.
- Şenel, M. 1997. "Türkiye Jeoloji Haritaları. Antalya-M10-M11 Paftaları", No:6, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 1-17 s.
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdar, M., Metin, S., Esentürk, K., Bölükbaşı, A.S. ve Özgül, N. 1998. Orta Toroslar'da Güzelsu koridoru ve kuzeyinin jeolojisi., *MTA Der.* 120, 171-197.
- Varol, B., Kazancı, N., Altın, D. 1986. Doğu Toroslar otokton Geyikdağı birliğinde Orta-Üst Triyasın varlığı (Sarız-Tufanbeyli Yöresi, Kayseri) *MTA Dergisi* s.107 ss.169-170.
- Woodcock, N.H. ve Robertson, A.H.F. 1977. Imbricate thrust belt tectonics and sedimentation as a guide to emplacement of part the Antalya Complex, SW Turkey. In: E. İzdar, E. and E. Nakoman (Eds), *Int. Sixth Coll. On the Geology of the Aegean Region*, İzmir, Piri Reis Int. Conf. Series Publ. pp. 661-670.
- Yağmurlu, F., Savaşın, Y., Ergün, M. 1997. Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey. *The Journal of Geology*. P.105, pp.717-728.
- Yavuz, A.B. 2001. "Muğla yöresi mermer ocaklarında blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreler", Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Yavuz, A.B. 2005. "Muğla yöresi mermer ocaklarında üretilen mermer blok boyutlarının değerlendirilmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, s.7, ss.1-19.
- Yılmaz, A. 2005. "Epoksinin döşeme kaplama malzemesi olarak kullanılması ve hastane yapılarındaki kullanımının değerlendirilmesi", İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

7. EKLER

Ek 1. Limra mermerindeki kuvars, mika /illit mineral değişimin (XRD) sonucu

Ek 2. Limra mermerindeki kuvars mika /illit mineral değişimin (XRD) sonucu

Ek 3. Limra mermerindeki kuvars mika /illit mineral değişimin (XRD) sonucu

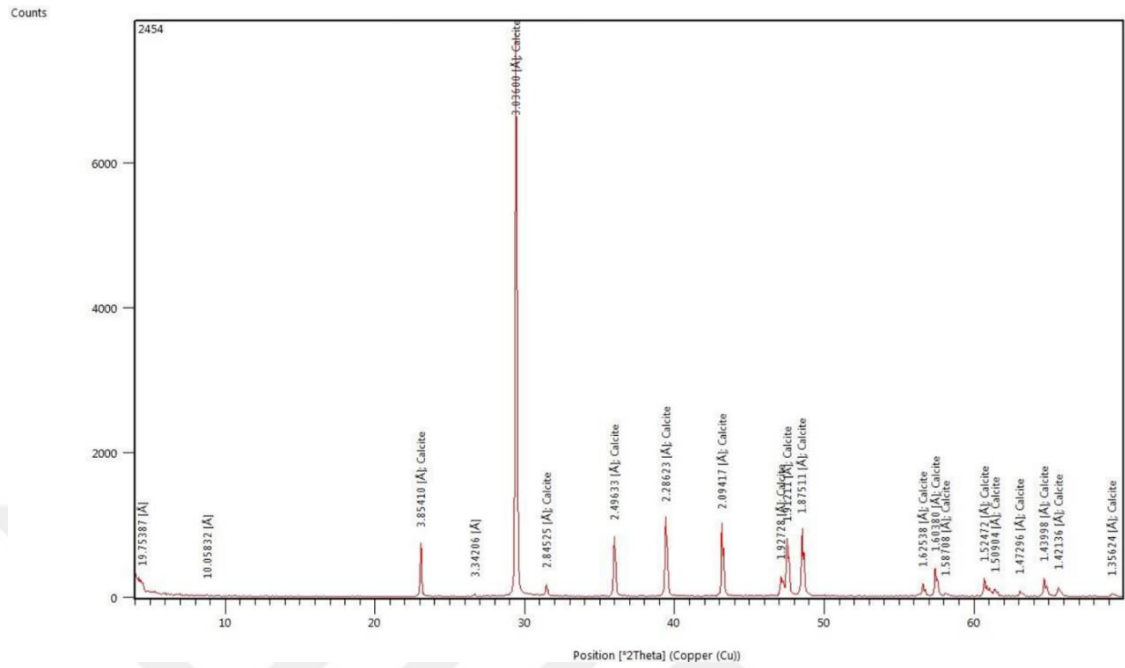
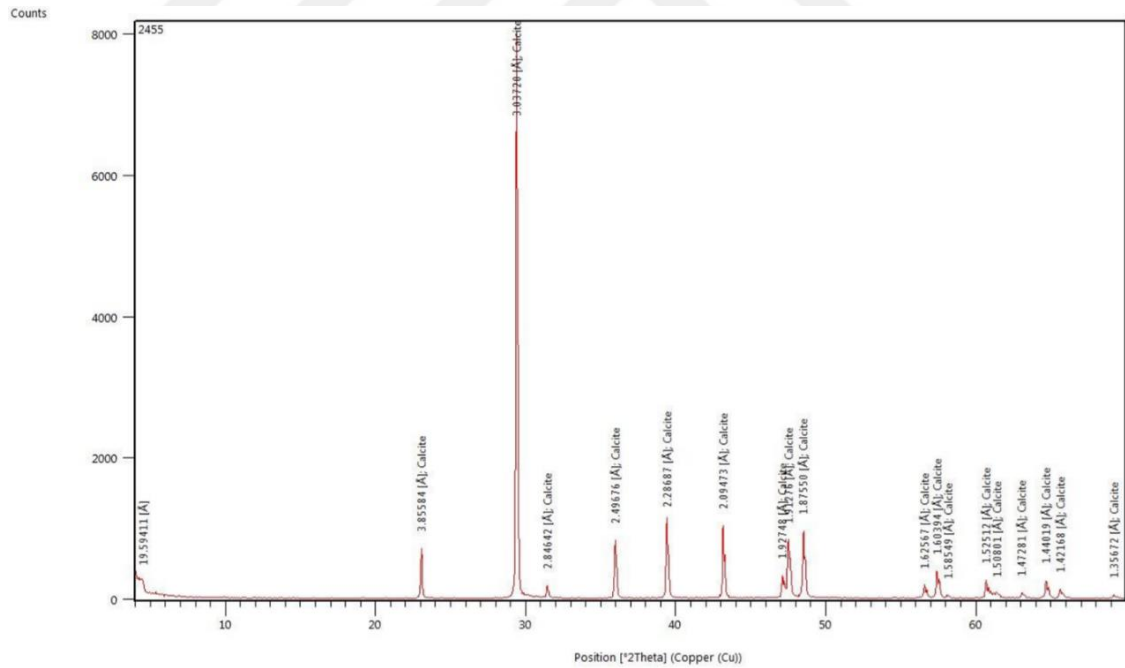
Ek 4. Limra mermerindeki kuvars mika /illit mineral değişimin (XRD) sonucu

Ek 5. Limra mermerindeki kuvars mika /illit mineral değişimin (XRD) sonucu

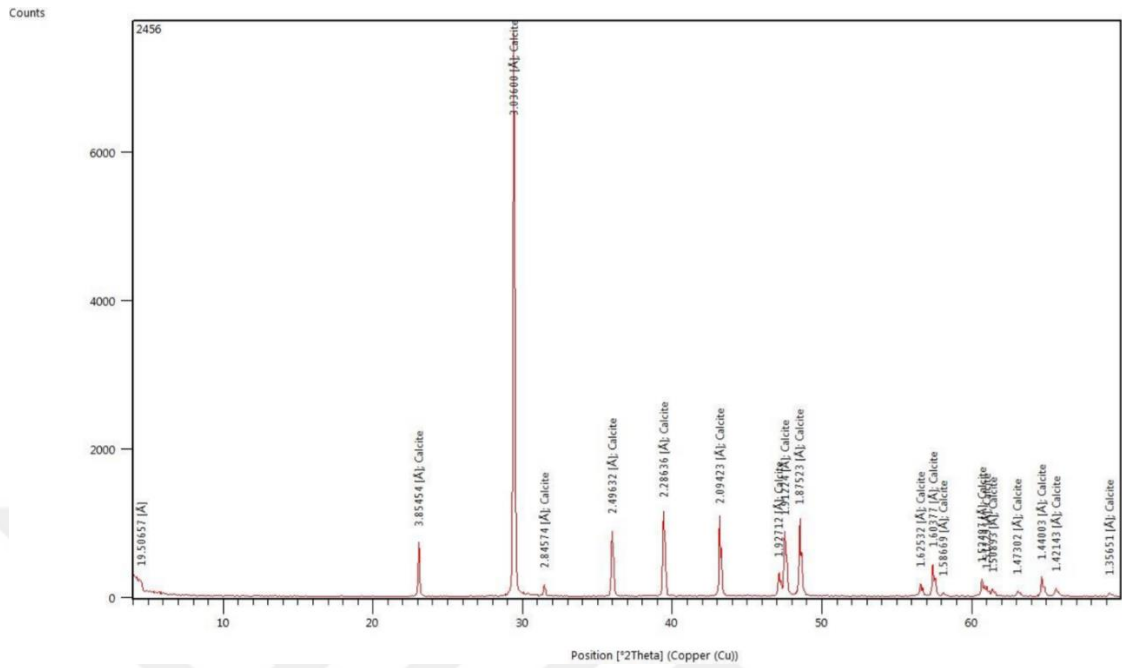
Ek 6. Limra mermerindeki kuvars mika /illit mineral değişimin (XRD) sonucu

Ek 7. Limra mermerindeki kuvars mika /illit mineral değişimin (XRD) sonucu

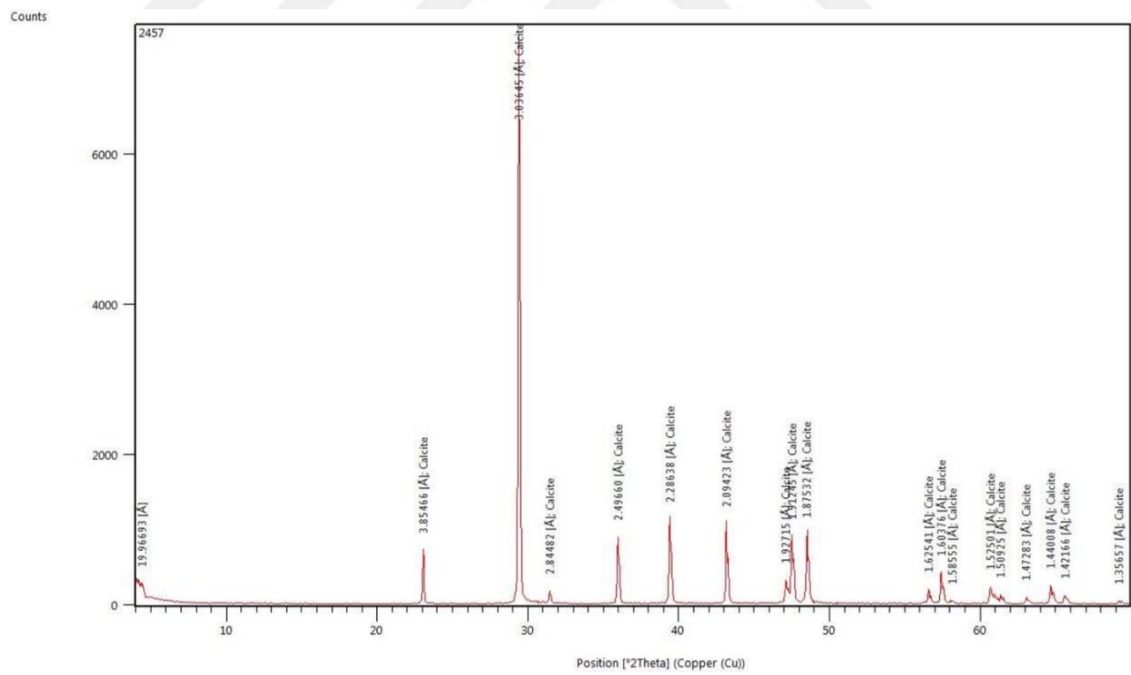


Ek 1.**Ek 2.**

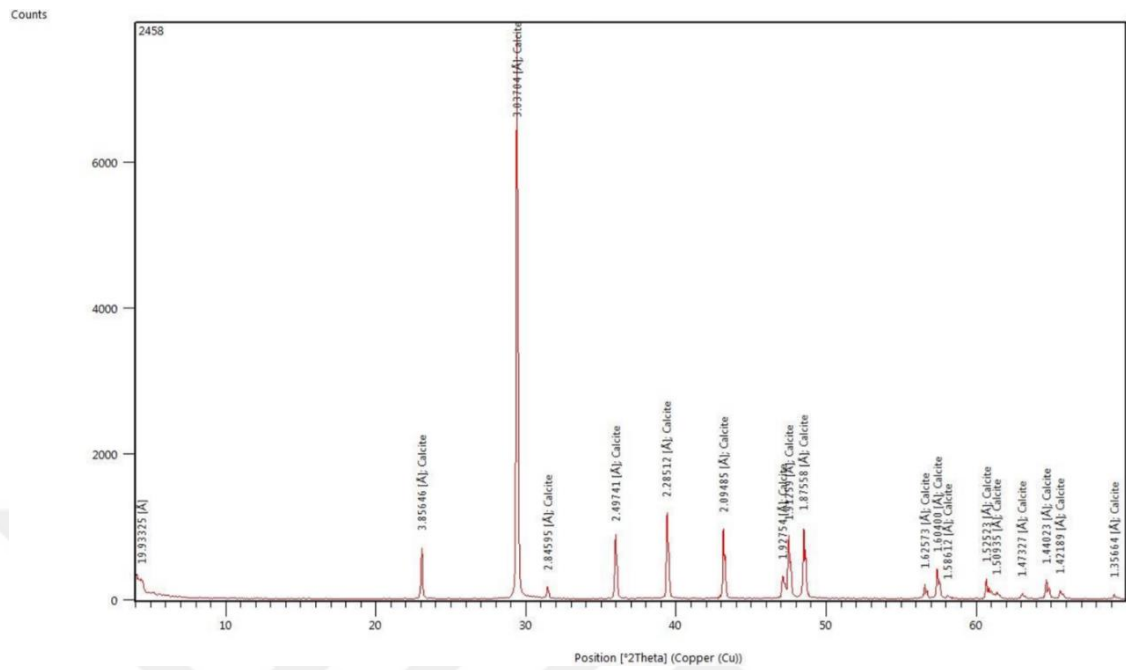
Ek 3.



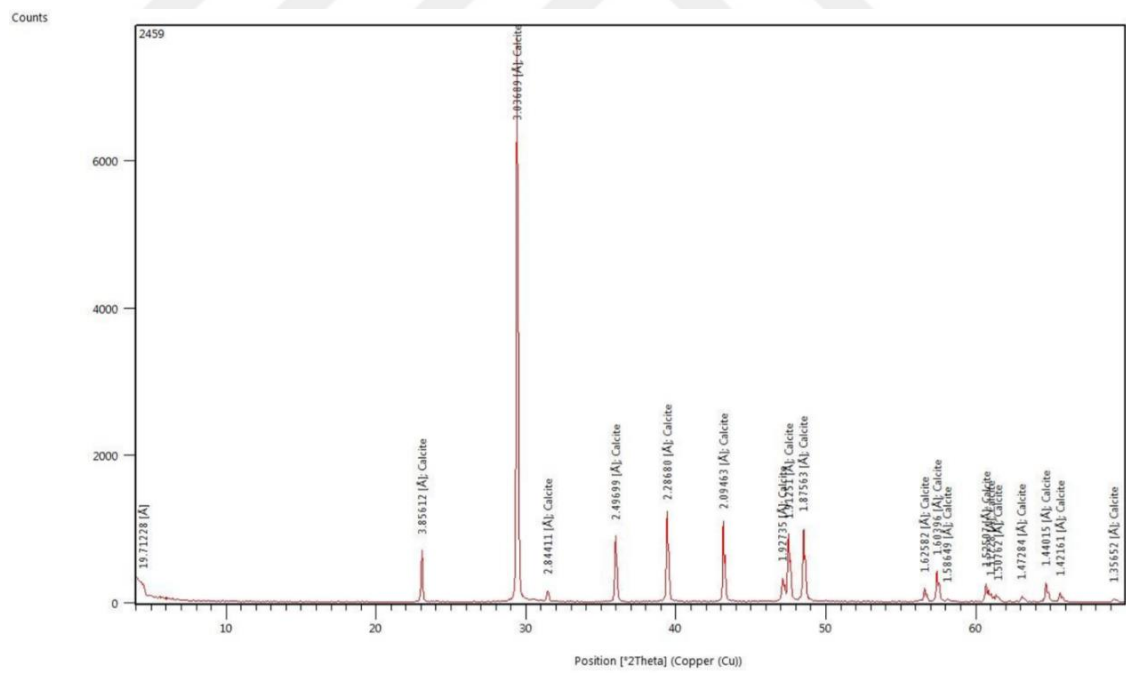
Ek 4.



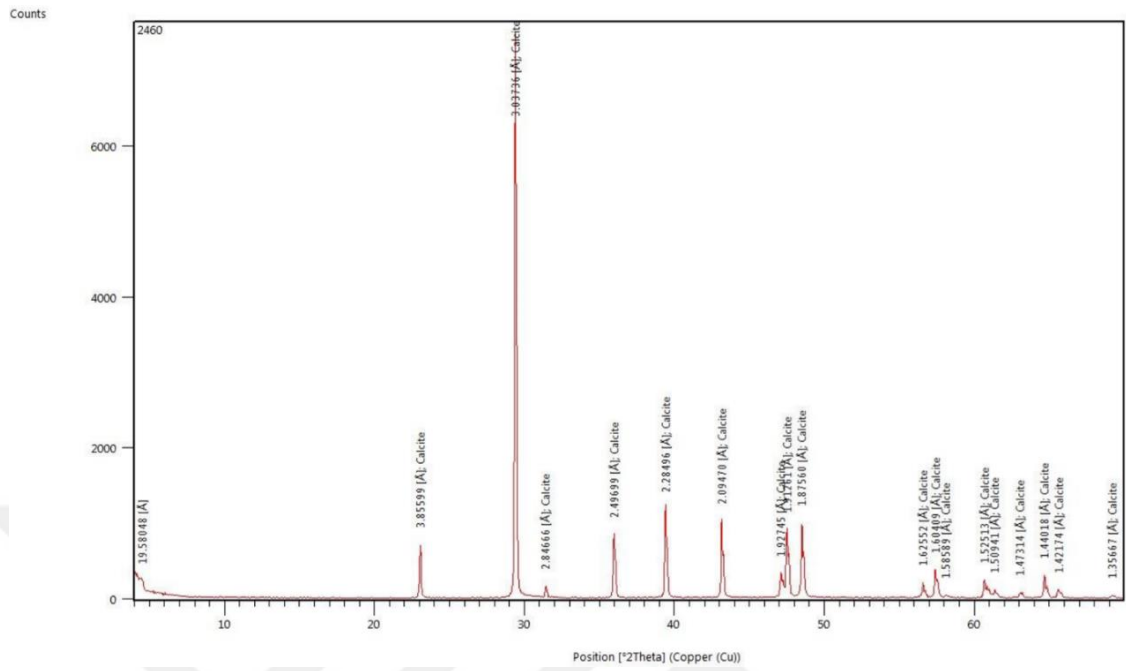
Ek 5.



Ek 6.



Ek 7.



ÖZGEÇMİŞ

Emrah BİLİCİ

emrahbilici07@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2017-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Antalya
Lisans 2013-2017	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Antalya