

Sincansarnıç Köyü (Mustafakemalpaşa-Bursa) Dolayının Stratigrafisi ve Mesozoyik Kireçtaşının Mermer Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Ali Gökhan ÖÇGÜN*¹ ORCID 0000-0001-6704-5260

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 17.05.2022

Kabul tarihi: 27.12.2022

Atıf şekli/ How to cite: ÖÇGÜN, A.G., (2022). Sincansarnıç Köyü (Mustafakemalpaşa-Bursa) Dolayının Stratigrafisi ve Mesozoyik Kireçtaşının Mermer Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(4), 937-950.

Öz

Çalışma alanı Bursa İli, Mustafakemalpaşa İlçesi, Sincansarnıç Köyü dolayını kapsamaktadır ve şehir merkezinin yaklaşık 50 km güneybatısındadır. İnceleme alanı H 21-d3 paftasında yer almaktadır. Çalışma alanında Mesozoyik yaşlı kayastratigrafi birimleri yüzeyler. Kırmızı-kahve renkli, hafif derecede metamorfizmaya uğramış birimlerden oluşan Karakaya gurubu Triyas yaşlı olup çalışma alanında geniş yayılmıştır. Jurasik yaşlı Dağakça formasyonu çalışma sahasının kuzey bölümünde yüzeyleyip Karakaya gurubu kayalar üzerine taban çakıltısı ile açısız diskordanslıdır ve çakılları Triyas yaşlı taban biriminden türemez. Üste doğru kumlu marn ve iri taneli kumtaşları ile devam eden birim kumlu kireçtaşına geçer. Fosilli biyomikritik yapılaşmış, Erken Kretase (Berriasiyen-Valanjiniyen) yaşlı İnatlar kireçtaşı bölgede “Bursa Bej Mermeri” olarak tanınır. Dağakça formasyonu üzerine geçişlidir. Bu çalışma ile Sincansarnıç Köyü dolayının 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası, Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti hazırlanmış, İnatlar kireçtaşının mühendislik özelliklerini saptamaya yönelik deneyler yapılmış ve ilgi kireçtaşının mermer olarak kullanılabilirliğine ilişkin fiziksel ve mekanik özellikler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnatlar kireçtaşı, Mesozoyik, Mermer, Sincansarnıç

Stratigraphy of the Sincansarnic (Bursa–Mustafakemalpaşa) Area and Evaluation of the Mesozoic Carbonates as Marble

Abstract

The study area covers Sincansarnic – Mustafakemalpaşa area in the SW of Bursa and 50 Km away from the city center. H21-d3 topographic sheet is used for this study. Mesozoic aged lithostratigraphic units crop out at the study area and at the base of the succession reddish brown coloured, slightly metamorphosed, Triassic aged Karakaya group rocks are largely spread out. Jurassic aged Dağakça formation is placed in the northern part of the study area and begins with basal conglomerates which pebbles derived from Karakaya group rocks. Towards to the upper levels it continuous with sandy marl, sandstone and sandy limestone. At the top of the succession Cretaceous aged İnatlar limestone which is know as “Bursa biege marble”, transitional contact relation on the Dağakça formation. In the study area, 1/25.000 scale detailed geological map of the

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ali Gökhan ÖÇGÜN, gokalit@gmail.com

region, and generalized stratigraphic section was prepared. Besides, tests were made to determine the engineering properties of the carbonates in the İnatlar limestone and the physical and mechanical features of the Early Cretaceous carbonates were assessed to be used as marble.

Keywords: İnatlar limestone, Mesozoic, Marble, Sincansarniç

1. GİRİŞ

Çalışma alanı Bursa İli Mustafakemalpaşa İlçesi, Sincansarniç Köyü dolaylarını kapsamaktadır ve Bursa ilinin yaklaşık 50 km güneybatısındadır (Şekil 1). İnceleme alanı H 21-d3 paftasında yer almaktadır. Çalışma alanında Mesozoyik yaşlı kayastratigrafi birimleri yüzeyler. Karakaya grubu Triyas yaşlı olup çalışma alanında geniş yayımlıdır. Rengi kırmızımsı-kahve olup çok az metamorfizmaya uğramış birimlerden oluşur. Dağakça formasyonu jurasik yaşlı olup çalışma sahasının kuzey bölümünde yer alır. Triyas yaşlı taban çakıltaşı ile başlar. Üste doğru kumlu marn ve iri taneli kumtaşları ile devam eder ve kumlu kireçtaşı ile geçiş gösterir. Karakaya grubu ile açılal diskordanslıdır. İnatlar kireçtaşı Erken Kretase (Berriasiyen – Valanjiniyen) yaşlı “Bursa Bej Mermeri” litolojik olarak fosilli biyomikritik kireçtaşı yapılıdır.

Bu çalışma ile Sincansarniç Köyü (Mustafakemalpaşa-Bursa) dolayının 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası (Şekil 2) yanı sıra, bölgenin Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti (Şekil 3) ve enine kesiti (Şekil 5) hazırlanmıştır. İnatlar kireçtaşından derlenen nokta ve karot örneklerin ince kesitleri petrografik tanımlamalar ile Alizarin Red-S ile boyanarak kalsit-dolomit ayırdı yapılmıştır. Ayrıca karot örnekler üzerinde İnatlar kireçtaşının mühendislik özelliklerine yönelik deneyler yapılmış ve Mesozoyik yaşlı karbonatların mermer olarak kullanılabilirliğine ilişkin fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirilmiştir

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Saha Öncesi Çalışmalar

Çalışmanın bu evresinde öncelikle çalışma alanıyla ilgili olarak bölgenin jeolojisi hakkında bilgi sahibi

olmak üzere daha önce yapılmış araştırmalar incelenerek literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması için değişik üniversiteler ile MTA Genel Müdürlüğü Kütüphanesinden yararlanılmıştır. Bunun sonucunda arazide yapılacak çalışmalara ilişkin yaklaşımlarda bulunulmuştur.

Saha çalışmalarında gerekli olan bölgenin 1/25.000 ölçekli topografik haritası değerlendirilip, buna göre paftalar ve benzeri materyaller temin edilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

2.2. Saha Çalışmaları

Çalışmanın en önemli bölümünü oluşturan arazi çalışmaları 2008-2009 yılında özellikle saha çalışmalarına imkan veren yaz aylarında araziye çıkılmıştır. Mesozoyik yaşlı kireçtaşının mermer olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla daha önce mermer ocak işletmecileri tarafından açılmış olan sondaj kuyularına ait karot örnekleri

incelenerek değerlendirilmiştir. Saha çalışmaları ile 1/25.000 ölçekli Bursa H21-d3 paftası kullanılarak; jeolog pusulası, gps, fotoğraf makinesi, lup, seyreltik HCl asit vb. gereçler ile dokanakların izlenmesi yöntemiyle çalışma alanının ayrıntılı jeoloji haritası hazırlanmış, arazide yüzlek veren birimlerden numuneler derlenmiştir.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Bölgedeki arazi çalışmaları sırasında derlenen numunelerden fosil içerenlerin ince kesitleri Ç.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü ince kesit atölyesinde hazırlatılıp mikroskopta incelenmiş mikro fotoğrafları çekilmiştir. Sondajdan alınan karot örnekleri üzerinde İnatlar kireçtaşının fiziksel özelliklerinden Birim Hacim Ağırlık, Yoğunluk, Ağırlıkça Su Emme, Hacimce Su Emme, Görünür Porozite, Boşluk Oranı, Özgül Ağırlık; Mekanik özelliklerinden Tek Eksenli Basma Dayanımı, Nokta Yük Dayanımı değerlerini belirlemek için deneyler yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

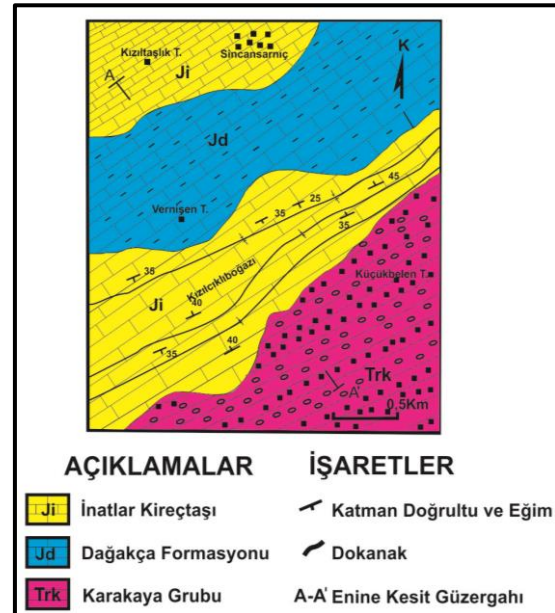
Çalışma alanında yapılan incelemede, Mesozoyik yaşlı üç farklı litostratigrafi birimi ayırtlanmıştır. Bölgede temeli Karakaya grubu oluşturmaktadır. Bu birim kuvarşist ve mermer çakıllı aglomera, kumtaşı, mikalı kumtaşı, grovak, silttaşı, kiltası araldanmasından oluşmuş olup, yer yer yaygın radyolarit, çört, spilit arakatmanlıdır. Orta-Geç Triyas ve Erken Jurasik'te Karakaya kıvrımlanmış, üstüne Erken Jurasik kırıntılıları (Dağakça formasyonu) çökelmiştir. Bu birim ise Erken Triyas yaşlı taban çakıltaşı ile başlar. Üste doğru kumlu marn ve iri taneli kumtaşları ile devam eder ve kumlu kireçtaşı ile geçiş gösterir. Geç Jurasik ve Erken Kretase'de ise alttaki kırıntılarla uyumlu olarak (Berrasiyen-Valanjiniyen) yaşlı "Bursa Bej Mermeri" olarak bilinen fosilli biyomikritik kireçtaşı olarak tanımlanan (Yalçınkaya, 1980) İnatlar Kireçtaşı çökelmiştir. (Şekil 2)'deki İnceleme alanı jeoloji haritasında birimlerin yayılımları; ayırtlanan litostratigrafi birimlerinin özellikleri ve birbiri ile olan dokanak ilişkileri Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti'nde sunulmuştur (Şekil 3).

3.1. Stratigrafi

Çalışma alanında Mesozoyik yaşlı kayastratigrafi birimleri yüzeyler. Bu birimlerin stratigrafi, sedimentolojik, petrografik, paleontolojik özellikleri ve birbirleri ile olan konumları sunulmuştur (Şekil 2, 3).

3.1.1. Mesozoyik

Çalışma alanında Mesozoyik'te üç adet litostratigrafi birim ayırtlanmış olup, bu birimler; Karakaya grubu, Dağakça formasyonu ve İnatlar kireçtaşıdır (Şekil 2, 3).



Şekil 2. Sincansarnıç Köyü (Bursa-Mustafakemalpaşa) dolayının jeolojik haritası

3.1.1.1. Triyas

3.1.1.1.(1) Karakaya grubu

Çalışma alanında geniş yayımlı olup (Şekil 2) Bingöl ve arkadaşları (1973) tarafından adlandırılmıştır. Karakaya formasyonu olarak adlanan Alt Triyas yaşlı bu birim Kazdağ güney ve güneydoğusunda, Uludağ kuzeyinde, Manisa ve Simav kuzeyinde, Bilecik, Eskişehir ve Ankara

dolaylarında, Amasya güneyinde mostra vermektedir (Bingöl, 1968, 1971, 1975; Bingöl ve arkadaşları 1973; Armağan ve arkadaşları, 1973). Karakaya grubu H21-d3 paftasında Küçükbelen ve Belen tepe civarları yüzlek verirken, İ21-a2 paftasının ise kuzeyinde yer almaktadır.

Rengi kırmızımsı-kahve olup çok az metamorfizmaya uğramış birimlerden oluşur. Bu birim kuvarşist ve mermer çakıllı aglomera, kumtaşı, mikali kumtaşı, grovak, siltaşı, kilitaşı aralanmasından oluşmuş olup, yer yer yaygın radyolarit, çört, split arakatmanlıdır (Uçaklı, 2006), (Şekil 3). Genelde eski temelle olan dokanakları faylıdır. Yanal ve düşey geçişli, yeşil renkte metaspilit, splitik bazalt, metabazalt, metatüf ve volkanitlerden oluşur.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	GRUP	FORMASYON	SİNGE	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK ÖZELLİKLER
MESOZOYİK	A.KRE.	INATLAR	Ji	30	30	Biyomikritik kireçtaşı bej-sarımsı-grimsi renktedir. Orta-kalın katmanlıdır. Alt seviyeleri pembemsi, kumlu kili ammonit fosillidir. Orta seviyelerde çörtlü kireçtaşı bulunur. Üst seviyeleri ise mikrofosilli, mikritik-psödo-oolitik kireçtaşından oluşur. Mermer şletilen üst seviye kireçtaşları kriptu, mikro-kristalen kalsit, pellet ve intraklastıdır.	
	TRİYAS	KARAKAYA	Ttk			Bazik volkanikler, az metamorfize olmuş kumtaşı, çakıltı, grovak, arkoz ve radyolaritten oluşur. İçinde yer yer Permo-karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları bulunur.	

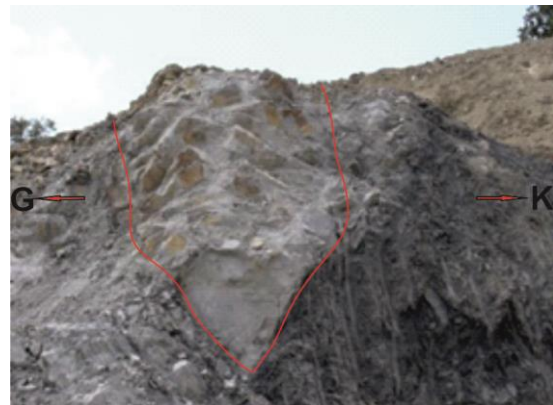
Şekil 3. Sincansarnıç Köyü (Bursa-Mustafakemalpaşa) dolayının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

Birimin içindeki dev kireçtaşı blokları siyah-grimsi siyah ve boz renklere olup Permo-Karbonifer yaşlıdır (Şekil 5). Karakaya grubu Triyas yaşlı olup, Dağakça formasyonu ile açılal diskordans göstermektedir.

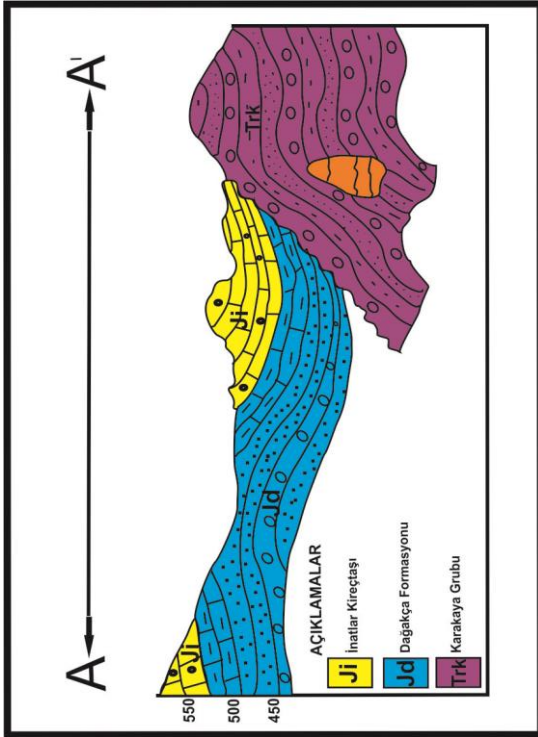
3.1.1.2. Jurasik

3.1.1.2.(1) Dağakça formasyonu

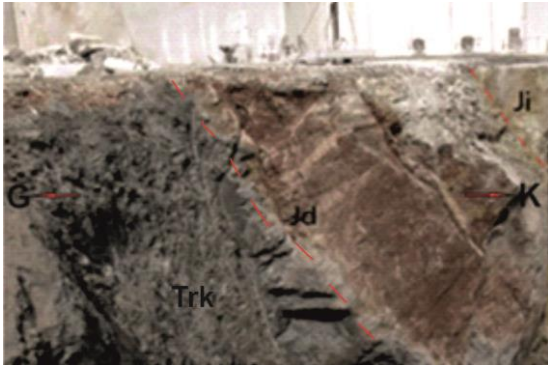
Dağakça formasyonu H21-d3 paftasında Vernişen tepesi ve Kızılaşlık tepesi arasında yüzlek verir. Çalışma sahasının kuzey bölümünde yer alır. Doğu-Batı uzantılı bir görünüm sunar (Şekil 2). Koyu sarı, yeşilimsi gri renklidir. Erken Triyas yaşlı taban çakıltası ile başlar. Üste doğru kumlu marn ve iri taneli kumtaşları ile devam eder ve kumlu kireçtaşı ile geçiş gösterir. Altında bulunan ve Karakaya grubu malzemesinden oluşmuş taban çakıltaları okside olması nedeniyle yer yer kırmızımsıdır. Genel olarak koyu sarı ve yeşilimsi gri renklerin hakim olduğu detritiklerin içerisindeki ince katmanlı marnlar gevşek tutturulmuş, çabuk ayrılabilir konumdadır ve bol lamellibranch fosili içerir (Uçaklı, 2006), Dağakça formasyonu, Karakaya grubu ve İnatlar kireçtaşı arasında yer yer genişleyen ve İnatlar Kireçtaşının uzanımına uygun olan bir yayılım gösterir. Altındaki Triyas yaşlı Karakaya Grubu ile açılal diskordanslıdır. İnatlar kireçtaşı Triyas kırıntılıları üzerine transgressif aşmalı olarak gelmektedir (Şekil 2., 3, 5) Bu birimin kalınlığı 90 metre kadardır ve Jurasik yaşlıdır.



Şekil 4. Karakaya formasyonu içerisinde bloklar halinde yabancı kireçtaşları bulunur



Şekil 5. Sincansarnıç Köyü (Bursa-Mustafakemalpaşa) dolayının enine kesiti

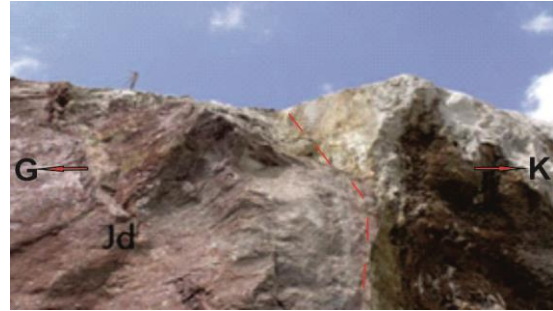


Şekil 6. Çakıltaşı ile başlayan, marn ve kumtaşı ile devam eden Dağakça formasyonun üstüne İnatlar kireçtaşı gelmektedir. Jd: Dağakça formasyonu, Ji: İnatlar kireçtaşı

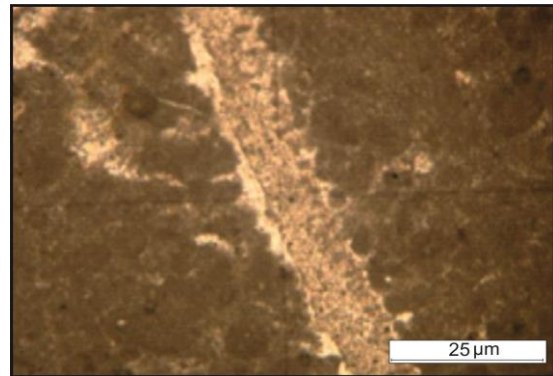
3.1.1.2.(2) İnatlar kireçtaşı

Bu kayalar Yalçınkaya (1980) tarafından İnatlar Kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. İnatlar kireçtaşı H21-d3 paftasında Kızıldaşlık tepesi ve

Kızılçıkliboğaz civarı yüzlek vermiştir. Bu birim KD-GB doğrultulu olup eğimi kuzeybatı ve güneydoğuya doğrudur. Ancak kıvrımlanma nedeniyle eğim değerleri çok değişkendir (Şekil 2). Bej, sarımsı-grimsi renklere olan birim ve ortamasif katmanlanma gösterir. Birimin alt seviyeleri pembemsi, çok kalın-masif katmanlı kumlu kili, ammonit fosilli kireçtaşından oluşur. Orta seviyeleri yer yer çörtlüdür. Üst seviyeleri ise bol mikrofosilli, kalın- çok kalın katmanlı mikritik-oolitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. **Fosilli intramikrit, Kızılçıkliboğaz'ın NE'si:** Ayrışmış yüzeyi bej, taze kırık yüzeyi koyu bej, mikritik dokulu, yüksek dayanımlı kireçtaşı. Kayaç %5 kadar textularia, miliolidae, algae, bilinmedik foraminifer ve bilinmedik kavkı kesiti (Şekil 8) kapsamaktadır. Fosiller mikritik zıhlı olup kimilerinin içleri ince sparikalsit dolguludur (Şekil 9). Kayaçta hâkim tane bileşeni mikritik yapıllı intraklastlar oluşturur (%50).

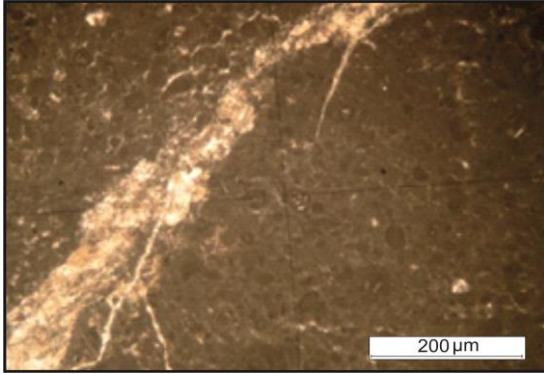


Şekil 7. Kumtaşı ve kumlu kireçtaşı. Jd: Dağakça formasyonu, Ji: İnatlar kireçtaşı

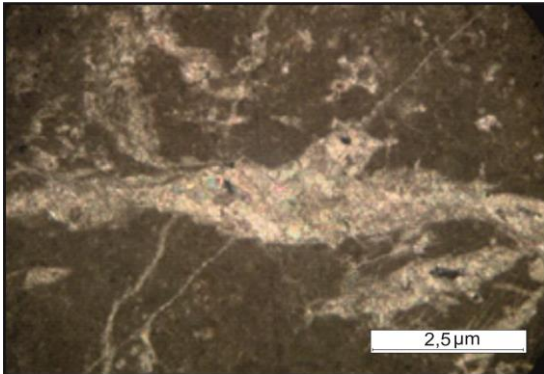


Şekil 8. Fosilli intramikrit %5 kadar textularia, miliolidae, algae, bilinmedik foraminifer bilinmedik kavkı kesiti kapsar, (T.N)

Allokemler mikritik zeminde tane desteklidir. Hâkim iki yönde gelişmiş ince kırıklar ince-orta; erime ile genişletilmiş kırık gözenek alanları düz, orta-kaba sparikalsit dolguludur (Şekil 10). İncelenen kesitte dolomit gözlenmemiştir.

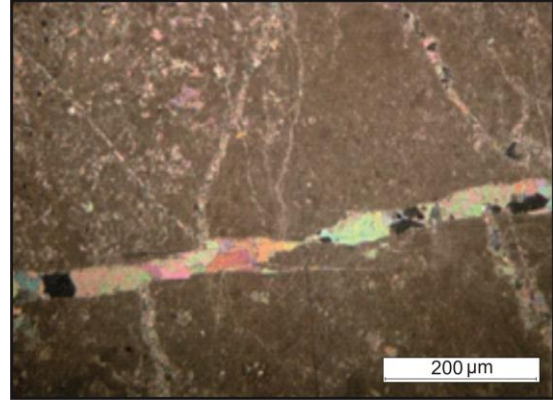


Şekil 9. Fosiller mikritik zıhlı olup, kimilerinin içleri sparikalsit dolguludur (T.N)



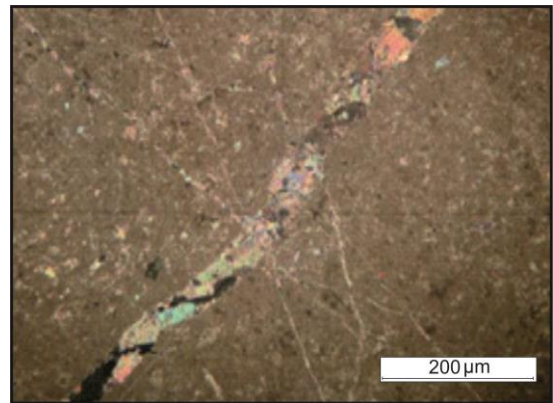
Şekil 10. İki yönde gelişmiş kırıklar ince-orta; erime ile genişletilmiş kırık gözenek alanları düz-orta-kaba sparikalsit dolguludur, (Ç.N)

Seyrek dolomitli fosilli mikrit, Kızılçıklıboğaz'ın NE'si: Ayrışmış yüzeyi bej, taze kırık yüzeyi koyu bej, mikritik dokulu, yüksek dayanımlı kireçtaşı. Mikritik yapıllı kayaçta seyrek ince kavkılı foraminiferler ve çok kıt (%1-2) ince dolomit kristalleri olağandır. İnce-orta-kalın kırıklar ile fosilleri ince-orta sparikalsit dolguludur (Şekil 12). Erime ile genişletilmiş koçuk gözenek alanları seyrek olup orta-iri sparikalsit dolguludur. Fosiller mikritik zıhlıdır (Şekil 13).

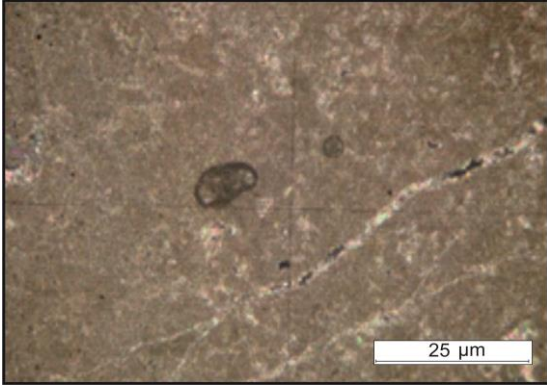


Şekil 11. Algli intramikritte I. evre ince kırıklar hâkim iki yönde gelişmiş olup II. evre daha kalın kırıklar boyunca mikro faylanmalıdır, (Ç.N)

Algli intramikrit, Kızılçıklıboğaz'ın NE'si: Ayrışmış yüzeyi bej, taze kırık yüzeyi koyu bej, mikritik dokulu kireçtaşı. Algae, bilinmedik foram ve iri kavkı kesitlerinden oluşmuş biyoklastlar (%8) ile mikritik yapıllı intraklastlar (%45) mikritik zeminde tane desteklidir. I. Evre ince kırıklar hâkim iki yönde gelişmiş olup II. evre daha kalın kırıklar boyunca belirgin mikro faylanmalıdır (Şekil 11). I. evre kırıklar ince; II. evre kırıklar orta sparikalsit dolguludur. Erime ile genişletilmiş kırık gözenek alanları ve kimi algae gözenek alanları orta-iri sparikalsit dolguludur. İnce kesitte dolomit ve opak mineral gözlenmemiştir.

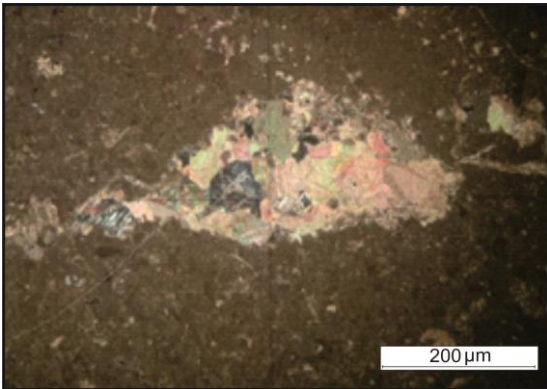


Şekil 12. İnce-orta kalın kırıklar ile fosiller ince-orta sparikalsit dolguludur, (Ç.N)



Şekil 13. Seyrek dolomitli fosilli mikritte fosiller mikritik zıhlıdır, (Ç.N)

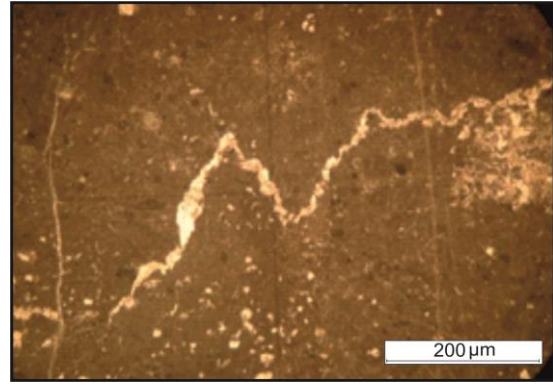
Seyrek dolomitli, fosilli intramikrit, Kızılçıklıboğaz'ın NE'si: Ayrışmış yüzeyi bej, taze kırık yüzeyi koyu bej, mikritik dokulu yüksek dayanımlı kireçtaşı. Mikritik yapılaşlı kayaçta çoğunluk bileşenini (%40) mikritik yapılaşlı intraklastlar oluşturur. Mikritik zıhlı, ince-iri kavkılı lamellibrans, gastropot, textularia, algae, bilinmedik foraminiferlerden oluşmuş biyoklastlar %10 kadardır. Biyoklastların içleri ince sparikalsit dolguludur.



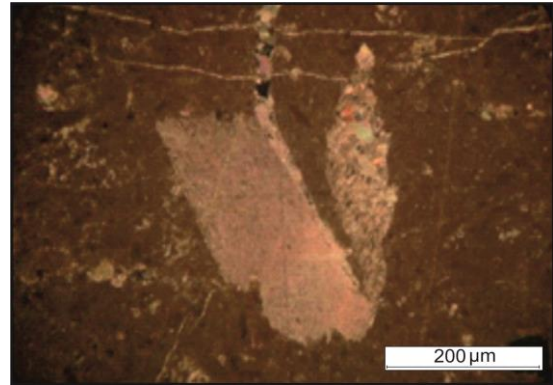
Şekil 14. Seyrek dolomitli fosilli intramikritte erime ile gelen genişletilmiş kırık gözenek alanları orta-kalın sparikalsit dolguludur, (Ç.N)

Erime ile genişletilmiş kırık gözenek alanları orta – kalın sparikalsit dolguludur (Şekil 14). Stilolitik yol boylarında ve yer yer kayanın içinde saçılmış halde ince dolomit kristalleri %4 kadardır (Şekil 15). Hâkim iki yönde, farklı iki evrede

oluşmuş ince – orta – kalın kırıklar ince – kalın sparikalsit dolguludur (Şekil 16). Yer yer iri saf kalsit taneleri, muhtemelen ekinit levhaları olmalıdır (Şekil 16). Kayaçta %1 opak mineral gözlenmiştir (Şekil 17).



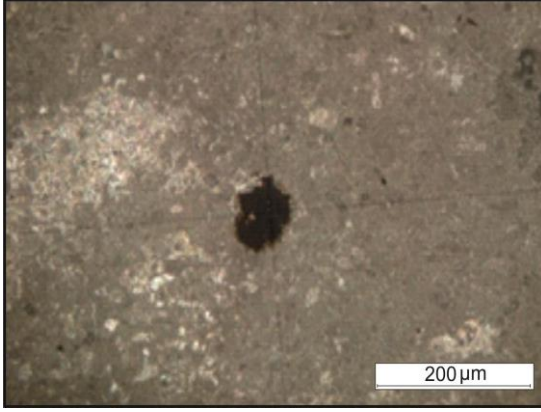
Şekil 15. Stilolitik yol boyları ve kayanın içinde saçılmış halde ince dolomit kristalleri %4 kadardır, (T.N)



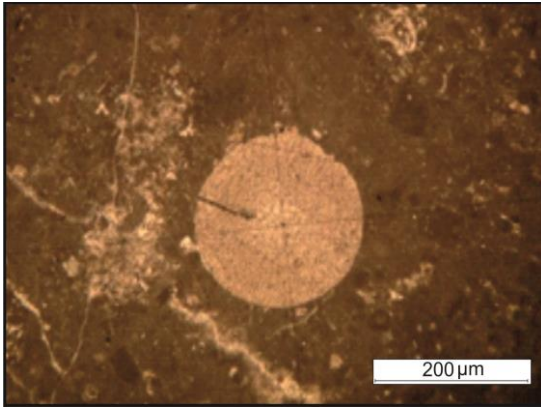
Şekil 16. İki yönde, farklı iki evrede oluşmuş ince-orta-kalın kırıklar ince-kalın sparikalsit dolguludur, şeklin ortasında kalsitik Ekinit kavkı kesiti, (Ç.N)

Algli intramikrit, Kızılçıklıboğaz'ın NE'si: Ayrışmış yüzeyi bej, taze kırık yüzeyi koyu bej, mikritik dokulu yüksek dayanımlı kireçtaşı. Mikritik zeminde textularia, iki kavkı kesiti, ekinit dikenini (Şekil 18), algae (Şekil 19), kavkı kesiti, bilinmedik foraminifer vb. den oluşma biyoklastlar %15 kadar olup, mikritik yapılaşlı intraklastlar %40 kadardır. Opak mineral %1'den azdır (Şekil 20). Dolomit çok seyrek. Hâkim iki yönde

gelişmiş birbirini kesen kırıklar ince-orta sparikalsit dolguludur (Şekil 20).

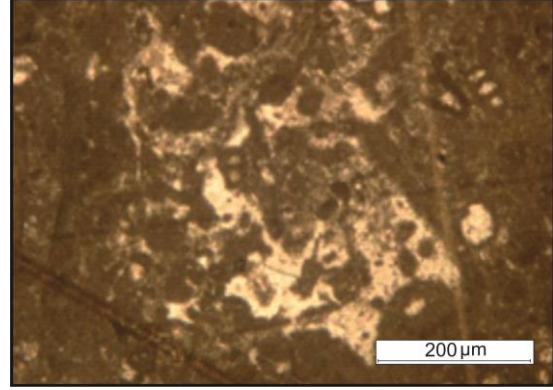


Şekil 17. Kayaçta opak mineral %1 kadardır, (Ç.N)

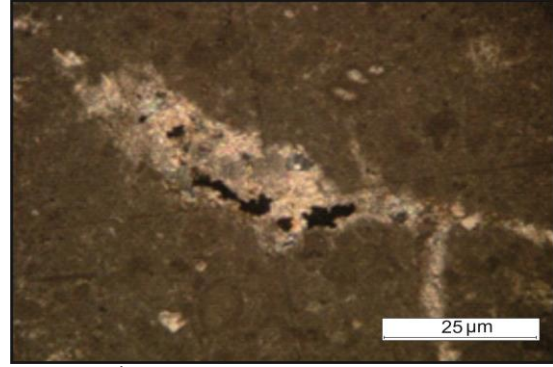


Şekil 18. Algli intramikritikte, ekinit diken kesiti, bilinmedik foraminifer vb. den oluşma biyoklastlar %15 kadardır, (T.N)

Jurasik'te başlayan birim çökelişini Erken Kretase'de tamamlar. Erken Kretase (Berriasiyen - Valanjiniyen) yaşlı "Bursa Bej Mermeri" litolojik olarak fosilli biyomikritik (kireçtaşı) olarak tanımlanır (Yalçınkaya, 1980). Mermer için işlenen üst seviye kireçtaşları kripto-mikro kristalen kalsit mineralleri ile mikrofossil kavkaları ve intraklast bileşenlerinden oluşur. Bu kireçtaşı istifi tabanda Triyas yaşlı Karakaya birimi üzerine gelirken üst seviyelerde Geç Kretase yaşlı kaya birimleri tarafından örtülmektedir (Uçaklı, 2006). Bu birim ortalama 30 metre kalınlıktadır.



Şekil 19. Algli intramikrite mikritik yapılaşlı textularia vb. biyoklastlar ve intraklastlar, (T.N)



Şekil 20. İki yönde gelişmiş birbirini kesen kırıklar ince-orta sparikalsit dolguludur. Opak mineral % 1 den azdır, (Ç.N)

3.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı Alp Orojenezinin etkisinde kalmış olup önemli blok faylanmalar ile ofiyolit oluşumu ve Pontid - Anatolid kenetlenmesi gibi önemli tektonik hareketlerin etkisinde kalmıştır. Yöre son tektonik dönemde Kuzey Anadolu Fayının etkisi altında şekillenmiştir. (Uçaklı, 2006; Selim ve arkadaşları, 2006). Çalışma alanında Karakaya Grubu Geç Triyas'ta çökelmiş olup, içinde volkanik kırıntılar ve Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları içerir (Şekil 3,4). Orta-Geç Triyas ve Erken Jurasik'te Karakaya kıvrımlanmış, üstüne Erken Jurasik kırıntılıları (Dağakça formasyonu) çökelmiştir (Şekil 3). Geç Jurasik ve Erken Kretase'de ise İnatlar Kireçtaşı çökelmiştir (Şekil 3).

3.3. İnatlar Kireçtaşının Temel Mühendislik Özellikleri

3.3.1. Fiziksel Özellikler

3.3.1.1. Birim Hacim Ağırlık

Birim hacim ağırlık, kayacın boşluklar ve öteki süreksizlikleri de içeren birim hacminin ağırlığı olarak tarif edilmiştir ve numune ağırlığının, toplam hacme bölünmesi ile bulunur. Erken Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşının birim hacim ağırlıkları Çizelge 1’de verilmiş olup alınan karotlar üzerinde yapılan deneyler sonucunda inceleme alanındaki ortalama birim hacim ağırlığı $2,68 \text{ g/cm}^3$ olarak hesaplanmıştır. Mermer birim hacim ağırlığının belirlenmesi için; hazırlanan küp numuneler, yıkandıktan sonra ilk önce $105 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de kurutulur. Kurutma işlemi bittikten sonra ayrı ayrı hassas terazide ($0,01 \text{ g}$) tartılır. Tartılmış numuneler bir kaba konur ve numunelerin %25’i su içinde kalacak şekilde su ilave edilir ve numunelerin tamamen üzerlerini örtecek miktarda su ilavesi yapıldıktan sonra iki gün su içinde bekletilmelidir.

Numuneler doygun hale geldikten sonra su içerisinde Arşimet terazisi ile tartılarak, ölçüm değerleri ($0,01 \text{ g}$ hassasiyetle) yapılır. Tartılma işlemi bittikten sonra deney numunesi üzerindeki su damlaları ıslak bezle alınır ve bekletmeksizin bu sefer havada $0,01 \text{ g}$ hassasiyetle tartılır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konularak her bir numune için teker teker birim hacim ağırlığı belirlenir (Eşitlik 1):

$$dh = \frac{Gk}{Gdh - Gds} \quad (1)$$

Burada;

dh=Mermerin hacim ağırlığı, g/cm^3

Gk= Sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş deney numunesi ağırlığı, g.

Gdh= Deney numunesinin (doygun haldeki) havadaki ağırlığı, g,

Gds= Deney numunesinin (doygun haldeki) su içindeki ağırlığı, g.

Aşağıdaki formüllerle mermerin suyu emme oranı, ağırlık olarak ve hacimsel olarak hesaplanabilir (Eşitlik 2-3);

$$Sk = \frac{Gdh - Gk}{Gk} \times 100 \quad (2)$$

$$Sh = \frac{Gdh - Gk}{Gdh - Gds} \times 100 \quad (3)$$

Burada;

Sk= Mermerin su emme oranı (ağırlık), %,

Sh= Mermerin su emme oranı (hacim), %.

3.3.1.2. Yoğunluk (Özgül Ağırlık)

Doğal yapı taşlarının gözeneklerinin meydana getirdiği boşluklar düştükten sonra geriye kalan kısmının hacimce eşdeğeri olan su ağırlığı olarak ifade edilir. Erken Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşının özgül ağırlıkları Çizelge 1’de verilmiş olup alınan karotlar üzerinde yapılan deneyler sonucunda inceleme alanındaki ortalama özgül ağırlığı $2,70 \text{ g/cm}^3$ olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanından özgül ağırlık tayini için alınan (2 kg ’lık) temsili numuneler açıklığı $0,2 \text{ mm}$ ’lik eleklerden öğütülür ve ilk olarak sabit aralığa gelene kadar $105 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta etüvde kurutulur daha sonra da oda sıcaklığına kadar kurutulur içerisindedir kurutulması gerçekleşir. $0,01 \text{ gr}$ hassasiyetle piknometre kullanılarak tartılıp ağırlık Gp olarak işlenir.

Piknometreye oda sıcaklığında su doldurarak kapağı kapatılır ve üstündeki su zerrecikleri kurutma kağıdı yardımıyla kurutularak kapaktaki kılcal borudaki su seviyesi tespit edilip tartılarak ($0,1 \text{ g}$ hassasiyetle) ağırlık Gps olarak işlenir. Kurutulduktan sonra soğutulup, öğütülen numuneden 250 g alınarak piknometreye koyulur ve tartılarak ($0,01 \text{ g}$ hassasiyetle) Gpn kütle değeri kaydedilir. İçindeki örnek ile piknometreye örnek seviyesini geçene kadar hacminin %25’i kadar su koyulur ve ısıtılıp ($10-15 \text{ dk.}$), su banyosunda oda sıcaklığına varana dek soğutulur su ilavesi ile birlikte kapağı kapatılır. Piknometre kurularak $0,01 \text{ g}$ hassasiyetle tartılarak $Gpns$ ağırlığı

belirlenir. Deney bulguları ile mermerin özgül ağırlığı şu formül hesaplanmaktadır (Eşitlik 4).

$$do = \frac{Gpn - Gp}{(Gpn - Gp) - (Gpns - Gps)} \quad (4)$$

Burada;

do = Özgül ağırlık,
Gp= Piknometrenin ağırlığı, g,
Gpn= Piknometre ve deney numunesinin ağırlığı, g
Gps= Su ile dolu piknometre ağırlığı, g
Gpns= (Piknometre+deney numunesi+su) ağırlığı, g

3.3.1.3. Görünür Porozite (Gözeneklilik)

Kayaç içindeki gözeneklilik, boşluk hacminin tüm kayaç hacmine oranının % cinsinden ifadesidir. İnceleme alanında İnatlar kireçtaşından alınan örneklerin görünür poroziteleri %0,5 olarak hesaplanmıştır. T.S. 1910'a göre doğal taşlarda gözeneklilik %2'yi aşmamalıdır. Mermerin görünür porozite değeri hacimce su emme ya da hacim kütle su emme oranı ile hesaplanabilir. Mermerin görünür porozite değeri; hacimce su emme oranı kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilmektedir (Eşitlik 5).

$$Pg = \frac{Gd - Gk}{Gd - Gds} \times 100 \quad (5)$$

Burada;

Pg= Mermerin görünür porozitesi, %
Gd= Mermerin doygun haldeki kütlesi, g
Gk= Değişmez kütle kadar kurutulmuş kütle, g
Gds= Doygun halde su içindeki kütle, g

Ayrıca mermerin, hacim kütle ve hacimce su emme oranı yardımıyla da görünür porozite değeri hesaplanabilmektedir (Eşitlik 6).

$$Pg = dh \times Sk \quad (6)$$

Burada;

Pg= Mermerin görünür porozitesi, %
dh= Mermerin hacim kütlesi, gr/cm³
Sk= Mermerin kütleli su emme oranı, %

Gerçek porozite ise, mermerin ortalama hacim ağırlığı ve ortalama özgül ağırlığı kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Eşitlik 7-8).

$$P = \left(1 - \frac{dh}{do}\right) \times 100(\%) \quad (7)$$

yada

$$P = (1 - k) \times 100 \quad (8)$$

Burada;

P= Mermerin gerçek porozitesi oranı, %

k= dh/do (doluluk oranı)

dh= Mermerin ortalama hacim ağırlığı (gr/cm³)

do= Mermerin ortalama özgül ağırlığı (gr/cm³)

Doluluk oranı, değişmez kütle kadar kurutulmuş kayacın (105 °C), boşlukları hariç, hacminin (dolu hacim), boşlukları dahil hacmine (bütün hacim) oranıdır. Deney üç deney numunesi üzerinde yapılır. Deneyde kullanılan malzemelerin her birinin üzerinde birim hacim ağırlığı deneyi ve özgül ağırlık deneyi yapılır. Bunların birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlık deneyleri sonuçlarından doluluk oranı (Eşitlik 9):

$$k = \frac{dh}{do} \times 100(\%) \quad (9)$$

formülü ile ve tam sayıya yuvarlatılarak hesaplanır.

Burada;

k = Doluluk oranı (%)

dh= Birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

do= Özgül ağırlık

3.3.1.4. Su Emme Oranı

Ts 699'a göre ağırlıkça su emme oranı; değişmez kütle kadar kurutulmuş taşın absorbe edebildiği su kütlesinin, taşın kütlesine oranıdır. İnceleme alanındaki İnatlar kireçtaşından derlenen karot örneklerinin su emme oranı ağırlıkça %0,2 olarak hesaplanmıştır. T.S. 1910'a göre doğal taşların atmosfer basıncında ağırlıkça su emme yeteneği

%0,75'den çok olmamalıdır. Sürekli olarak toprak ile temas halindeki yerlerde ise bu özellik kayacın, toprağın nemini emebilirliğini gösterir. Mermerin su emme oranı aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir (ağırlıkça ve hacimce) (Eşitlik 10-11).

$$Sk = \frac{Gdh - Gk}{Gk} \times 100 \quad (10)$$

$$Sh = \frac{Gdh - Gk}{Gdh - Gds} \times 100 \quad (11)$$

Burada;

Sk= Mermerin ağırlıkça su emme oranı, %

Sh= Mermerin hacimce su emme oranı, %

Gdh= Suya doygun haldeki deney numunesinin havadaki ağırlığı, gr

Gds= Suya doygun haldeki deney numunesinin su içindeki ağırlığı, gr

Çizelge 1. İnatlar kireçtaşının fiziksel ve mekanik özellikleri

ÖZELLİKLER	BİRİMLER	SONUÇLAR	DEĞERLENDİRME
SERTLİK	Mohs	3-4	3-4 Mohs sertlik derecesi kesilebilme özelliği bakımından iyi nitelikli.
BİRİM HACİM AĞIRLIĞI	g/cm ³	2,68	TS,2513 ve TS,1910'a göre 2.55 g/cm ³ 'ten büyük olduğu için doğal yapı taşı ve kaplama taşı olarak kullanıma uygundur.
ÖZGÜL AĞIRLIĞI	g/cm ³	2,70	TS,2513 ve TS,1910'a göre 2.55 g/cm ³ 'ten büyük olduğu için doğal yapı taşı ve kaplama taşı olarak kullanıma uygundur.
SU EMME	%	0,2	TS,2513'e göre %1,8'ten küçük TS,1910'a göre %0,75'ten küçük olduğu için doğal yapı taşı ve kaplama taşı olarak kullanıma uygundur.
POROZİTE	%	0,5	TS,1910'a göre porozite değeri %2'yi geçmemelidir. %0,5 değeri iyi nitelikli mermer olduğunu gösterir.
SERBEST BASINÇ DİRENCİ	Kg/cm ²	1,665	Bu değer ile Bieniawski 1984'e göre yüksek dayanımlı, ISRM 1981'e göre çok sağlam kayac sınıflamasındadır.
DON SONRASI SERBEST BASINÇ DİRENCİ	Kg/cm ²	1,335	TS, 10449'a göre don sonrası basınç direnci 300 Kg/cm ² 'den küçük olmalıdır. Bu değer standardına uygundur.
AŞINMA DİRENCİ	cm ³ /50cm ²	14,49	Doğal yapı taşları için < 15 cm ³ /50 cm ² , kaplama taşı için <25 cm ³ /50 cm ² olmalıdır. TS, 10449 standardına uygundur.
ÇEKME DİRENCİ	Kg/cm ²	744	744 Kg/cm ² değeri ile çekme direnci standardına uygundur.

3.3.2. Mekanik Özellikler

3.3.2.1. Tek Eksenli Basma Dayanımı

Tek eksenli basma dayanımı; bu çalışmada incelenen kayaların belirli ve farklı doğrultuda etkileyen gerilimler karşısındaki davranışları ve

kırılmaya karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı için TS 699 ve ISRM standartları kullanılmaktadır. Boyu çapının 2 katı olan silindirik veya dikdörtgenler prizması şeklinde hazırlanmış deney numunelerinin tek eksenli preste yüklenmesi ile belirlenmektedir. Erken Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşından alınan numunelerle yapılan deneyler sonucunda tek eksenli basınç dayanımı 163,28 MPa olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2'de gösterildiği gibi Bieniawski 1984'e göre İnatlar kireçtaşı yüksek dayanımlı kayac olarak tanımlanabilir.

3.3.2.2. Don Sonrası Basınç Dayanımı

Dış mekanlarda kullanılacak mermerlerin don etkisine dayanıklı olmaları istenmektedir. Don ve donma özelliği kayaları yıpratır bir nedendir. Önceden kayacın gözeneklerine yerleşen su hacmini arttırarak donar. Bu da kayacın içerisinde basınç oluşmasına neden olur ve parçalanma olayı başlar. Don sonrası basınç dayanımını belirlemek için; numuneler değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutularak 0,1 gram hassasiyetle tartılır.

Daha sonra suya doygun hale getirilerek soğuk hava dolabına konur. -20 derece de 2 saat bekledikten sonra çıkarılır ve 20 °C ± 50 °C sıcaklıkta su bulunan kaba daldırılır. Buzların erimesi için en az iki saat beklenir. Eridikten sonra tekrar buzdolabına konulur ve bu işlem 25 kez tekrarlanır. Bu işlemler sonunda örnekler değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulur ve 0,1 gram hassasiyetle tartılır. Araştırma bölgesinden (Şekil 21) alınan numunelerle yapılan deneyler sonucu 1,335 kg/cm² çıkan değer TS, 10449 standardına uygundur.

3.3.2.3. Aşınma Dayanımı

Aşınma dayanımı, mermerlerin yüzeyinde aşındırıcı maddeler ile oluşturulan aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. Aşınma dayanımının belirlenmesi için TS 699'a uygun 71 mm ebadında numuneler hazırlanmalıdır. Bu numuneler ilk olarak 105 °C'de kurutulup tartılır. Daha sonra tartım sonuçları kaydedilir. Bu işlem bittikten sonra numuneler yüzey aşındırma deneyine tabi

tutulur. Aşınma dayanımı $14,49 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}$ çıkan İnatlar kireçtaşı TS 1044 standartlarına göre hem doğal yapıtaşı hem de kaplama taşı olarak kullanılabilirliği kanıtlamıştır.



Şekil 21. Araştırma bölgesinde diğer bir mermer ocağı görüntüsü

Çizelge 2. Bieniawski 1984'e göre kayaçların tanımlaması

Tanımlama	TEBD (Mpa)
Çok düşük dayanımlı	1-25
Düşük dayanımlı	25-50
Orta dayanımlı	50-100
Yüksek dayanımlı	100-250
Çok yüksek dayanımlı	>250

Çizelge 3. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli basma dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM, 1981)

Simge	Tanım	Saha Tanımlaması	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Mpa)
R0	Aşırı derecede zayıf kayaç	Kayaçın yüzeyinde çentik ile tırmak oluşturulabilir.	0.25-1.10
R1	Çok zayıf kayaç	Jeolog çekiciyle sert bir darbeye uflanan kayaç, çakı ile doğranabilir.	1.0-5.0
R2	Zayıf kayaç	Kayaç, çakı ile güçlükle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayaçın üzerinde iz bırakır.	5.0-25
R3	Orta derecede sağlam kayaç	Kayaç, çakı ile doğranamaz. Kayaç örneği, jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbeye kırılabilir.	25-50
R4	Sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılması için, jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50-100
R5	Çok sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılması için jeolog çekici ile çok sayıda darbe gerekir.	100-250
R6	Aşırı derecede sağlam kayaç	Kayaç örneği, jeolog çekici ile sadece yontulabilir.	> 250

3.4. İnatlar Kireçtaşının Kullanılabilirliği

3.4.1. Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanımı

TS 2513' e göre doğal yapı taşı; petrografik ve teknolojik yönlerden yapılarda kullanılmaya elverişli olan, ya tek cins bir mineralin çok sayıda birleşmesinden yada çeşitli minerallerin bir araya gelmesinden, tabii olarak meydana gelen mineral topluluğudur. Yapılarda genellikle yüzeyleri düzleştirilerek parlatılmış doğaltaş ürünleri kullanılır. Yapıların düşey yüzeylerinde (iç-dış), taban döşemesinde, merdiven basamaklarında ve dekoratif amaçlarda gerçekleştirilen her türlü kaplamalarda kullanılan taşlar ticari alanda mermer adıyla anılır. Doğaltaş türleri bazı kireçtaşı örneklerinde olduğu gibi amorf, mermer, granit ve diğer kayaçlardaki gibi kristalin dokuludur. Malzemenin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli şartlar uygulanacağı projeye göre değişmekte olup Erken Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşının, ağırlıkça su emme, birim hacim ağırlık ve tek eksenli basma dayanımı deney sonuçları Çizelge 4'de TS 2513'e göre değerlendirilmiştir ve TS 2513'te tek eksenli basma dayanımı, birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme parametrelerinin standart değerlere uygun olduğu görülmüştür (Çizelge 6). Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için standartlarda verilen bütün şartlara uygun olması gerekmektedir.

Çizelge 4. Doğal yapı taşları standardı (TS, 2513)

Deney Adı	Deney Sonucu	TS 2513'e göre	Malzeme Niteliği
Birim hacim ağırlık (gr/cm^3)	2,68	> 2,55	Uygun
Ağırlıkça Su emme (%)	0,2	< 1,8	Uygun
Tek eksenli basma dayanımı (kg/cm^2)	1,665	> 500	Uygun

3.4.2. Kaplama Taşı Olarak Kullanımı

Çalışma alanındaki Erken Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşının kaplama taşı olarak kullanılabilmesi için TS 1910 standartlarına uygun olması gerekmektedir (Çizelge 5). Yapılan deneyler sonucu kireçtaşının bu şartları sağladığı görülmektedir.

Çizelge 5. Kaplama taşı kullanım standartları (TS, 1910)

Deney Adı	Deney Sonucu	Sınır Değer	Malzeme Niteliği
Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	2,68	> 2,55	Uygun
Ağırlıkça Su emme (%)	0,2	< 0,75	Uygun
Porozite (%)	0,5	< 2	Uygun
Tek eksenli basma dayanımı (kg/cm ²)	1,665	> 500	Uygun

3.4.3. Blok Verimi

Çok kalın – masif katmanlı İnatlar kireçtaşı halen işleyen ocaklara ilişkin fotoğrafta görüldüğü üzere düzenli oldukça yüksek blok verimini işaret etmektedir. Kırık ve koçuk gözenek alanları oldukça düşüktür.

Çizelge 6. Standartlar ile karşılaştırma (TS 10449, TS 1910, TS 2513, ISRM 1981)

STANDARTLAR VE ÖZELLİKLER	TS 10449	TS 1910	TS 2513	ISRM 1981	SONUÇLAR	MALZEME NİTELİĞİ
BİRİM HACİM AĞIRLIĞI g/cm ³		>2,55	>2,55		2,68	UYGUN
ÖZGÜL AĞIRLIĞI g/cm ³		>2,55	>2,55		2,70	UYGUN
POROZİTE %		<2			0,5	UYGUN
SU EMME %	<0,4	<0,75	<1,8		0,2	UYGUN
TEK EKSENLİ BASMA DAYANIMI Kg/cm ²	Döşeme >500 Kaplama >300	>500	>500	0,25-1,10 Ağın derece zayıf kayış >250 Ağın derece sağlam kayış	1,665 (163,28MPa)	UYGUN
DON SONRASI SERBEST BASINÇ DAYANIMI Kg/cm ²	>300				1,335	UYGUN
AŞINMA DİRENCİ cm ³ /50cm ²	Döşeme <15 Kaplama <25	<15	<15		14,49	UYGUN
ÇEKME DİRENCİ Kg/cm ²					744	UYGUN

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Bursa İli, Mustafakemalpaşa İlçesi Sincansarnıç Köyü civarı stratigrafik açıdan incelenmiş, bölgede yer alan İnatlar kireçtaşının blok verimi ile fiziksel, mekanik özellikleri ve

mermer olarak kullanılabilirliği ortaya koyulmuştur.

Bu çalışmada başlıca aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Çalışma alanında 3 adet kaya stratigrafi birimi ayırt edilmiş ve haritalanmıştır. Bu birimler sırasıyla Triyas yaşlı başlıca az metamorfik kumtaşıltaşı - kıltaşı aralanmasından oluşan Karakaya grubu, üzerine açılal diskordansla gelen Jurasik yaşlı kumtaşı ve marn aralanmalı Dağakça formasyonu ve onun üzerine gelen Erken Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşıdır.

2. İnatlar kireçtaşına ait fiziksel özelliklerden Birim Hacim Ağırlık, Yoğunluk, Ağırlıkça Su Emme, Görünür Porozite, Özgül Ağırlık TSE standartlarında değerlendirilmiştir. Buna göre; TS 2513'e göre kayacın ağırlıkça su emmesi %1,8'den büyük olmamalıdır. Ortalama ağırlıkça su emmesi %0,2 olan İnatlar kireçtaşı TS 2513 standardına uygunluk göstermektedir; TS 1910'a göre gözeneklilik %2'yi geçmemelidir. İyi nitelikli mermerlerde %0,0002 ile %0,5 arasında olmalıdır.

İnatlar kireçtaşı %0,5 porozite değeriyle hem TS 1910 standardına uyduğunu hem de iyi nitelikli bir mermer olduğunu göstermektedir. Doğal yapı taşı ve kaplama taşı olarak kullanılabilmesi için özgül ağırlığın 2,55 g/cm³ ten küçük olmaması gerekmektedir. İnatlar kireçtaşı 2,70 g/cm³ yoğunluk değeriyle TSE standardına uyduğunu göstermektedir.

3. Mekanik özelliklerinden Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı 163,28 MPa belirlenmiş olup buna göre İnatlar kireçtaşı yüksek dayanımlı kayış grubuna girmektedir.

4. Jurasik-Erken Kretase yaşlı, homojen pembe-bej-gri renkli, kalın-masif katmanlı İnatlar kireçtaşı yüksek blok verimi yan sıra tüm fiziksel ve mekanik özellikleri ile kesilip parlatılarak veya parlatılmadan, yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir niteliktedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu makale yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Ayrıca makalenin son haline gelmesinde emeği geçen Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi editör ve hakemlerine teşekkürlerimizi sunarız.

6. KAYNAKLAR

1. Afşar, Ö.P., Yalçinkaya, S., 2001. M. Kemalpaşa (Bursa) ve Dolayının Jeolojisi. MTA Arşiv No: 517, Ankara.
2. Armağan, F., Çatal, E., Dökmeci, L., Ercan, T., Kavacıklı, Ö., Keskin, A., Keskin, E., Kırıl, K., Oral, A., Bozcan, A., Özer, S., Sirel E., Sümengen, M., Tekeli, O., 1973. Lâdik-Akdağmadeni Arası Temel Jeolojik Sorunları ve Muhtemel Çözümleri. Cumhuriyetin 50'nci Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğ Özü, Ankara.
3. Bieniawski, Z.T., 1984. Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling. A.A. Balkema, Rotterdam, 9, 97-133.
4. Bingöl, E., 1968. Contribution à L'etude Geologique de la Partie Centrale et Sud- Est du Massif de Kazdağ (Turquie). These du Doctorat, Fac. Sci. Univ. Nancy, Fransa, 191.
5. Bingöl, E., 1971. Fiziksel Yaş Tayini Metotlarını Sınıflama Denemesi ve Rb-Sr ve K-A Metotlarının Kazdağ'da Bir Uygulaması. T.J.K. Bült., Ankara, XIV(1), 1-16.
6. Bingöl, E., 1975. 1:2 500 000 ölçekli Türkiye Metamorfizma Haritası ve Bazı Metamorfik Kuşakların Jeotektonik Evrimi Üzerinde Tartışmalar. M.T.A. Derg., no. 83, Ankara.
7. Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B., 1973. Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri. Cumhuriyetin 50'nci yılı Yerbilimleri Kong. Tebliğleri, Ankara, 70.
8. ISRM., 1981. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E.T. Brown(ed), Pergamon Press, London, 211.
9. Kaya, O., Özkoçak, O., Lisenbee, A., 1989. Jura Öncesi Bloklulu Tortul Kayaların Stratigrafisi, Bursa Güneyi). Maden Tetkik ve Arama Dergisi, Ankara, 109, 22-32.
10. Kaya, O., Özkoçak, O., Lisenbee, A., 1989. Stratigraphy of the Pre-Jurassic Olistostromal Sedimentary Rocks South of Bursa, NW Turkey, MTA Bull., 109(109), 15-24.
11. Selim, H.H., Tüysüz, O., Barka, A.A., 2006. Güney Marmara Bölümünün Neotektoniği, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 151-160.
12. T.S.E., 1977. TS 1910 Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, Ankara. T.S.E., 1977. TS 2513 Doğal Yapı Taşları, Ankara.
13. T.S.E., 1987. TS 699 Doğal Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları. Ankara.
14. T.S.E., 1992. TS 10449 Mermer – Kalsiyum Karbonata Esaslı – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan, Ankara.
15. Uçaklı, B., 2006. Sincansarnıç (Bursa–Mustafakemalpaşa) Dolayının Arama Faaliyet Raporu ve Çevresinin Jeolojik Harita ve Kesitleri, Bursa (Yayınlanmamış).
16. Uz, B., Bacak, G., 2008. Beyceköy (Bilecik) Kireçtaşlarının Jeolojisi, Petrografisi ve Mermer Olarak Değerlendirilmesi. Türkiye VI. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, Bildiriler, Afyon, 249-255.
17. Yılmaz, M., Koral, H., 2007. Yenişehir Havzasının (Bursa) Neotektonik Özellikleri ve Jeolojik Gelişimi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, İstanbul, 20(1), 21-32.