

## **BURSA – AKÇAPINAR – KAZANPINAR CİVARINDA KİREÇTAŞI KÖKENLİ MERMER OLUŞUMLARININ ETÜT VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Taşkın Deniz YILDIZ<sup>1\*</sup>, Bektaş UZ<sup>2</sup>, Selen ÜLGEN<sup>2</sup>, Veli UZ<sup>3</sup>, Nihal Derin COŞKUN<sup>4</sup>,  
Ali UÇAR<sup>3</sup>, Seda KAYIKÇI<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana, 01250, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 34469, Türkiye

<sup>3</sup>Dumlupınar Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya, 43000, Türkiye

<sup>4</sup>Ordu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Bölümü, Ordu, 52200, Türkiye

Geliş tarihi: 07.05.2020 Kabul tarihi: 27.08.2020

### **ÖZET**

Bu çalışmada, 16 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsayan Akçapınar-Kazanpınar civarı mermer yatakları araştırılmıştır. İnceleme alanı içinde blok mermer üretimi amaçlı dört farklı bölgede yer alan kireçtaşları, saha ve laboratuvar verileriyle değerlendirilmiştir. Bu bölgelerden alınan Numune 2 ve 3 üzerinde yapılan analizlere göre, yapı ve doku, sertlik, mineral büyüklükleri ve dağılımları, kesilebilirlik, cila kabul, ayrışma gibi özellikler olumlu bulunmuştur. Ayrıca albenisi açısından “Apolyont beji”ne benzemesi gibi özellikleri ocak oluşturmada etkili olan faktörler arasındadır. Bunun yanı sıra yine bu yöreden alınan örneklerle uygulanan fiziko-mekanik testlere göre elde edilen su emme, porozite, birim hacim ağırlığı ve tek eksenli basınç dayanım değerleri TS değerlerine göre oldukça uygun oldukları belirlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, yörede üretilen veya üretilecek mermerlerin çok dayanımlı, kompakt, masif kayaç grubuna dahil olduğu, ve blok üretimi, plaka üretimi ve cilalanmasına da uygunluk gösterdiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğaltaş, Jeoloji, Kireçtaşı, Mermer, Mineral

## **SURVEY AND EVALUATION OF LIMESTONE ORIGIN MARBLE FORMATIONS AROUND BURSA - AKÇAPINAR - KAZANPINAR**

### **ABSTRACT**

In this study, marble deposits around Akçapınar-Kazanpınar were investigated. Limestones in four different regions for block marble production within the study area were evaluated with field and laboratory data. According to the analysis made on Samples 2 and 3, properties such as structure and texture, hardness, mineral sizes and dispersions, cuttability, polishing acceptance and weathering were found positive. In addition, its features such as its similarity to “Apolyont beige” are among the factors that are effective in creating a quarry. In addition, it was determined that the water absorption, porosity, unit volume weight and uniaxial compressive strength values obtained according to the physico-mechanical tests applied to the samples taken from this region are quite suitable according to the TS values. Based on these results, it was concluded that the marbles in the region are included in very strong, compact, massive rock group, and are suitable for blockstone/plate production and polishing.

**Keywords:** Natural stone, Geology, Limestone, Marble, Mineral.

\* e-mail: [tdyildiz@atu.edu.tr](mailto:tdyildiz@atu.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4043-2257> (Sorumlu Yazar),

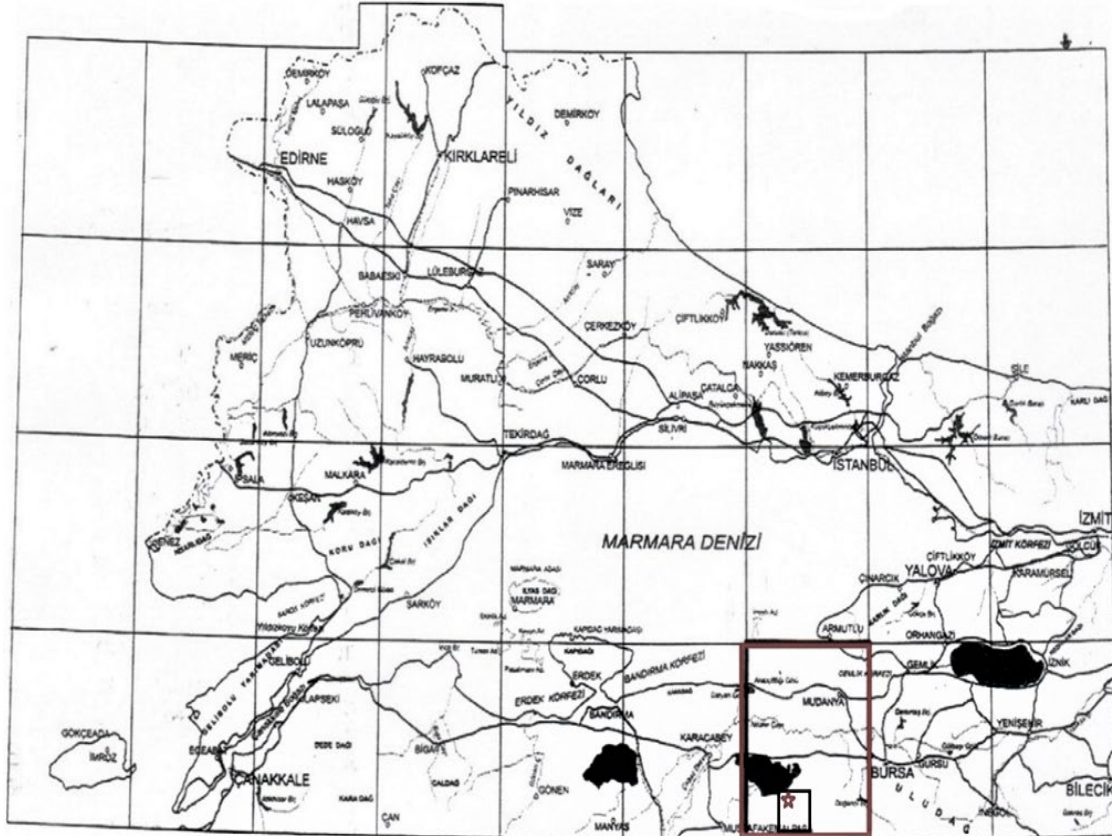
e-mail: [veli.uz@dpu.edu.tr](mailto:veli.uz@dpu.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2511-9326>,

e-mail: [nihaldcoskun@dpu.edu.tr](mailto:nihaldcoskun@dpu.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7112-1115>,

e-mail: [ali.ucar@dpu.edu.tr](mailto:ali.ucar@dpu.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5220-8829>

## 1. Giriş

1/100000 ölçekli Bursa H21 paftası, Balıkesir-Bursa il sınırları içerisinde Marmara Denizi – Ulubat Gölü ve Osmaniye arasında yer almaktadır [1]. Çalışma alanı ise bu pafta içerisinde 1/25000 ölçekli Bursa H21-d3 paftası içinde yer almaktadır. Çalışma alanı Doğuda Kazanpınar, batıda Akçapınar, güneyde Doğanalan Köyü ve kuzeyde Çobantaşı civarına yayılmış yaklaşık 16 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. H21 pafta alanı içerisinde inceleme alanı [1]

Şekilde kırmızı renkli çerçeve H21, siyah renkli çerçeve ise H21d3 pafta alanını göstermektedir. Bu çerçeve içerisinde çalışma yeri işaretlenmiştir. Çalışma alanı fazla yüksek olmayan tepeler ve hafif eğimli yamaçlardan oluşmaktadır. Bölgede Bekar Tepe (504 m), Asar Tepe (469 m), Düzpınar Tepe (437 m), Açma Tepe (480 m) ve Hanyeri Tepe (500 m) önemli tepeler arasında yer almaktadır. Bölgedeki dereler ise; Kömürocağı Deresi, Çınarlıçeşme Deresi, Karagöz Deresi, Burunlarla Deresi, İhlamurluk Deresi, Kaynak Deresi'dir. Çalışma alanının yüksek kesimlerinde genellikle kireçtaşları görülmektedir.

Çalışma alanı civarında daha önceden yapılmış araştırmalar aşağıda verilmiştir:

- [2] ve [3]: Bursa yöresinde yüzeylenen "Bilecik Kireçtaşı" adı ilk defa bu araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Çok sayıda araştırmacının çalıştığı Bilecik Kireçtaşının yaşı Geç Jura-Erken Kretase olarak belirlenmiştir.

- [4] Bu birim çalışma alanında Akçakoyun Formasyonu adı altında incelenmiştir.

- [5]: Bilecik Kireçtaşı'nın “bej veya açık gri renkli kriptokristalin kalkerler” adı altında ve Bayırköy Formasyonu’nda bulunan fosilli serinin en üst kısmı olarak açıklanmıştır.
- [6]: Bursa – Bilecik yöresinde yapılan bir çalışmada Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı arasında paralel olarak bir uyumsuzluk bulunduğu bahsedilmiştir. Ancak bu formasyonların dokanakları tartışmalı bir konudur. [2], [7] ve [8] gibi bazı yazarlar bu iki dokanak arasında uyumsuzluk olduğunu kabul etmiştir.
- [9] ve [10]: Bu araştırmacılar ise Bilecik Kireçtaşı ve Bayırköy Formasyonları arasındaki dokanağın dereceli geçişten ibaret olduğunu belirtmişlerdir.
- [11]: Bayırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı arasındaki ilişkinin dereceli geçişli olduğunu ve Bilecik Kireçtaşı'nın yaşının Dogger – Malm – Alt Kretase olduğunu ileri sürmüştür.
- [12]: Batı ve Kuzeybatı Anadolu’da geniş alanlara yayılan Yolçatı Formasyonunda yapılan çalışmalar sonucu Orta Miyosen yaşı verilmiştir. Birimin üst kesimlerinde ise Piyosen fosillerine rastlanılmıştır.
- [13]: Bu araştırmacılar ise söz konusu olan Yolçatı Formasyonuna ait bu çökellerin yaş aralığını Orta Miyosen – Pliyosen kabul etmişlerdir.
- [14]: Bazı araştırmacılar ise Neojen yaşını daha uygun bulmuştur.
- [15]: MTA yaptığı çalışmalar sonucunda Bursa ve Civarının 1/500000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Bu haritayı MTA, internet sitesinde yayınlamaktadır.
- [1]: MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi projelerinden “Karakaya Kuşağı’nın jeolojisi jeodinamik evrimi” projesi kapsamında elde edilen yeni bilgiler ışığında H21 paftası revize edilmiştir.
- [16]: İnceleme alanı Bursa Mustafakemalpaşa – Sincansarnıç ve civarında yer alan mermer sahasının jeolojik ve mermer yönünden etüt ve incelemesi yapılarak, saha üretim potansiyeli açısından değerlendirilmiştir.
- [17]: Bursa – Doğanalan – Körekem civarında mermer oluşturan kireçtaşlarının etüt ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; Bu araştırmalar sonrasında Bursa – Doğanalan – Kazanpınar civarında mermer oluşturan kireçtaşlarının incelenmesinin gerekliliği ortaya çıkmış ve bu doğrultuda öncelikle inceleme alanının yerel jeolojisi belirlenmiştir. Ardından mermer ocağı açılabilmesi için ocaklardan alınan numunelerin makroskopik ve mikroskopik özellikleri belirlenmiştir. Devamında numunelerin fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen tüm bulgular ışığında kayaların kalite farklılıkları karşılaştırılmış, kalite farklılıklarının nedenlerinin neler olabileceği irdelenmiştir. Ayrıca bu sahaların, blok mermer üretimine, plaka üretimine ve cilalanmaya uygunluğu belirlenerek kalite farklılıkları ortaya konmaya çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Bu çalışma arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında ilk önce bölgenin ve çalışma sahasının jeolojisi ortaya konmuştur. Laboratuvar çalışmalarında ise arazi çalışması kapsamında uygun görülen lokasyonlardan alınan örneklerinde iki aşamalı çalışmalar yapılmıştır. İlk aşamada örneklerin makroskopik özellikleri ile ince kesitleri alınarak polarizan mikroskopta mineralojik ve petrografik incelemeleri yapılmıştır. İkinci aşamada ise, örneklerin mekanik testleri İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin–Kaya Mekanik Laboratuvarında bulunan cihazlar kullanılarak yapılmıştır.

Numunelerin makroskopik özelliklerden renk, yapı ve doku, ayrışma, sertlik, ayrışma özelliği, cila kabulü ve asitte çözünürlülük özellikleri belirlenmiştir. Mikroskopik özelliklerinden ise mineral içerikleri, yapı ve doku, tane dağılımları belirlenmiştir.

En sonunda da numunelerin fiziko-mekanik özelliklerinden yoğunluk–birim hacim ağırlıkları, görünür gözeneklilik (porozite) ve boşluk oranları (suya doyurma yöntemi), ağırlıkça ve hacimce su emme ve tek eksenli basınç dayanımları belirlenmiştir.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen tüm veri ve bilgiler birlikte değerlendirilerek yorumlanmış, mermer oluşumlarının değerlendirilebilme durumlarını özellikle mineralojik bileşim ve dokusal anlamda etkileyen nedenler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

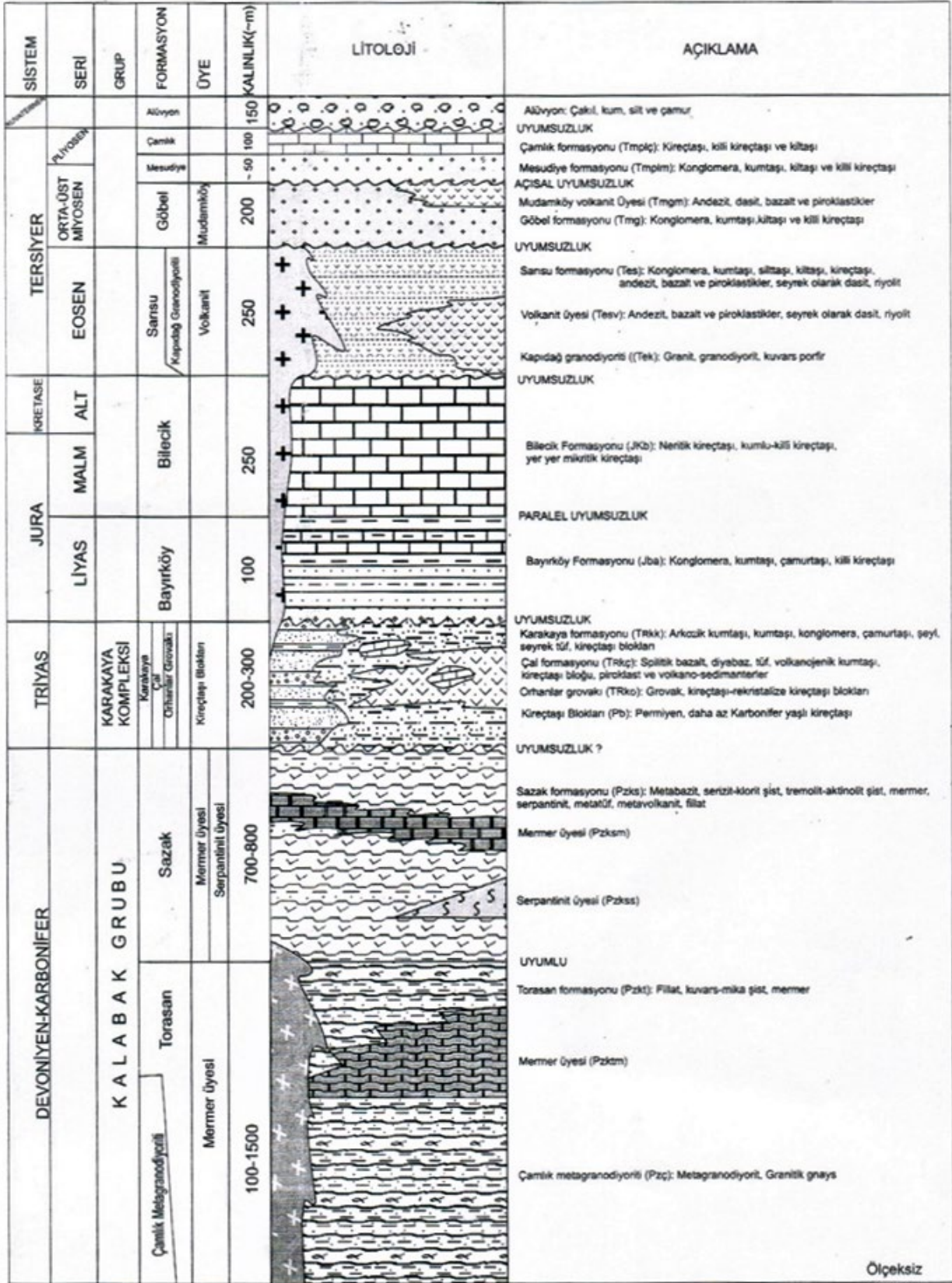
### 3. Bölgenin jeolojisi

H21 pafta alanı Kuzeybatı Anadolu’da, üç ayrı tektono-stratigrafik birimin bir araya geldiği bir alandır. İstanbul Zonu, Sakarya Zonu ve Tavşanlı Zonu’na ait birimler bu pafta alanında yer alır [1]. Bu tektonostratigrafik birimler kuzeyden güneye İstanbul Zonu [18], Sakarya Zonu [18] ve Tavşanlı Zonudur [19]. Bu birimler birbirleriyle tektonik ilişkilidirler. İstanbul Zonu ile Sakarya Zonu arasındaki ilişki, aralarında bulunan Marmara Denizi sebebiyle H21 paftasında gözlenmemektedir (Şekil 1). Tavşanlı Zonu’na ait birimler Sakarya Zonu birimleri üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Tersiyer birimleri tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Bölgede iki ayrı granitoyitin varlığı söz konusudur. Bunlardan birincisi Devoniyen-Karbonifer yaşlı Çamlık metagranodiyoriti, sadece Sakarya Zonu’nu kesmekteyken, Eosen yaşlı Kapıdağ granodiyoriti tüm zonları kesmektedir. Eosen döneminde Sarısu formasyonuna ait denizel birimler İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu birimlerini açısız uyumsuzlukla üzerlemektedir. Neojen’de karasal çökeller önceki tüm birimleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir [1].

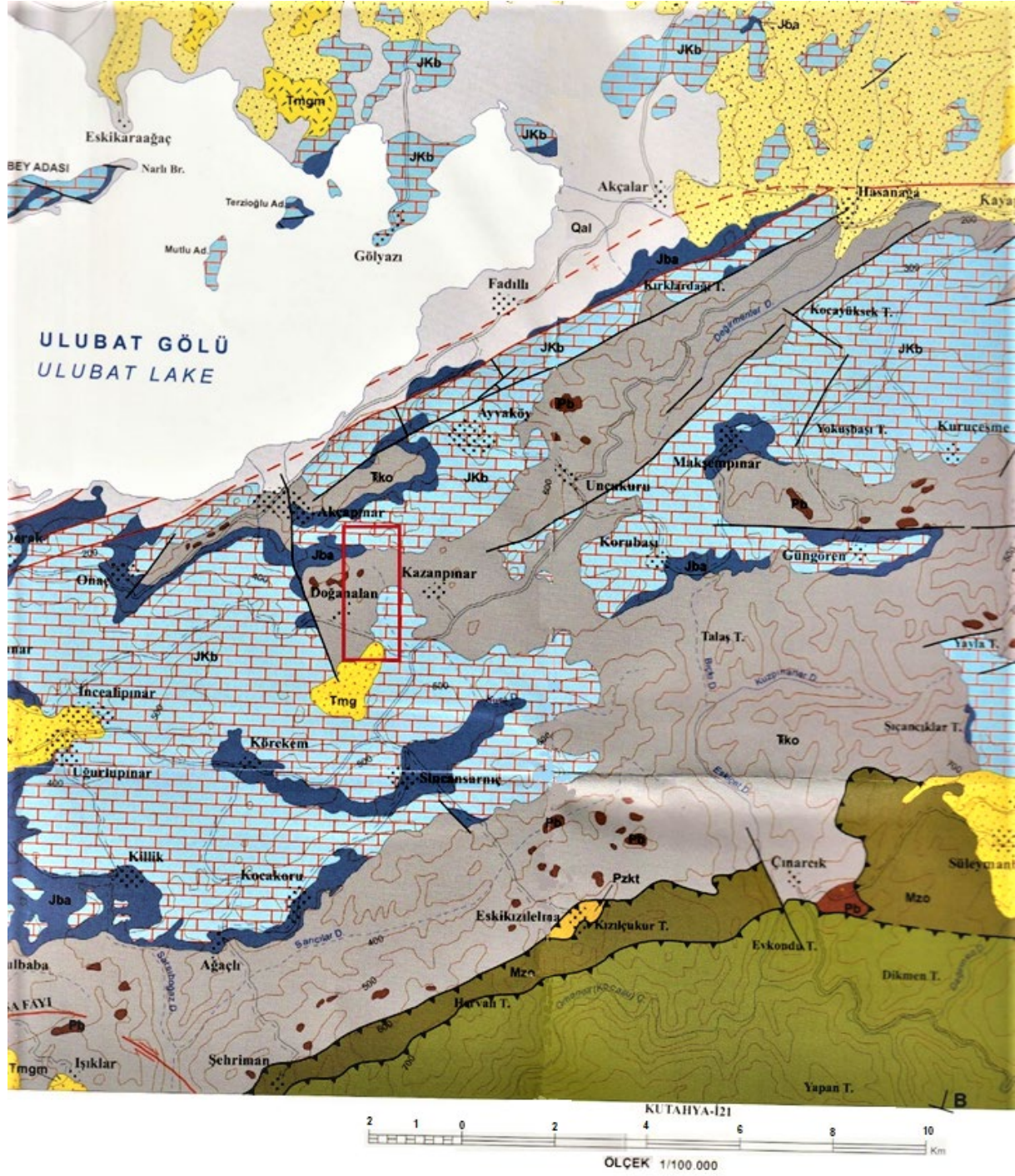
Sakarya Kıtası [20] ya da Sakarya Zonu [19] olarak isimlendirilen kuşak içinde bulunan bölgede birbiriyle tektonik ilişkili, genel olarak KD-GB uzantılı Geç Paleozoyik ve Triyas yaşındaki birimler temel kayalar olarak yüzeylemektedir [1] (Şekil 2).

Çalışma alanı Sakarya Zonu örtü birimlerini barındırmaktadır. Çalışma alanı 1/100000’lik jeoloji haritası içerisinde aşağıda görülmektedir (Şekil 3).

Şekilde inceleme alanı kırmızı renkli çerçeve içerisinde yaklaşık olarak işaretlenmiştir. Çalışma alanında Bilecik Formasyonu (JKb), Orhanlar Grovakı (Trko), Bayırköy Formasyonu (Jba) ve Göbel Formasyonu (Yolçatı Formasyonu) (Tmg) görülmektedir. Çalışma alanında yaşlıdan gence doğru, Triyas yaşlı Orhanlar Grovakı, Jura yaşlı Bayırköy Formasyonu ve Bilecik Kireçtaşı, Miyosen yaşlı Yolçatı Formasyonu bulunmakta olup aşağıdaki alt başlıklarda ayrı ayrı ele alınmıştır.



Şekil 2. Sakarya Zonu ve örtü birimlerinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti [1]



Şekil 3. Bandırma – H21 paftası jeoloji haritası [21]

### 3.1. Bayırköy Formasyonu

Bayırköy Formasyonu, kaba dokulu, sert, dayanımlı ve çoğunlukla kötü boylanmış kumtaşı görünümünde olup, rengi genellikle kirli sarı – kahve arasında değişmektedir. Yer yer kırmızı – yeşil renklere rastlanılmaktadır.

Bayırköy Formasyonunun alt düzeyleri karasal ortamı, üst düzeyleri ise kıyı-sığ denizel ve yer yer de şelf önü ortamını yansıtır. Böylece bu Formasyon üzerine, mostra veren sığ denizel kireçtaşları gelmektedir. Yaklaşık 50-100 metre olan birimin kalınlığı [1] yer yer 500 metreye kadar ulaşmaktadır.

Taban konglomerası kuvars ve granit çakıllardan oluşmakta olup bu birim tavanına doğru yeşilimsi, sarımsı, beyazımsı olan çakılların boyu küçülmektedir. Taban konglomerası üzerine ise dayanımlı ve kötü boylanmış kumtaşları gelmektedir. Yüzeyde bozuşmuş olan kumtaşlarının üst seviyelerinde ise ince bir şekilde çamurtaşı ve silttaşı düzeyleri yer almaktadır.

Konglomera ve kumtaşlı seviyeler kalın-orta tabakalı, silttaşı ve kilttaşlı seviyeler ile killi kireçtaşları orta-ince tabakalıdır. Kırmızı, beyaz, pembe renkli, yaygın olarak ammonit, belemnit, brakriyapod fosilleri içeren yumrulu kireçtaşları, kırıntılılar içinde merccekler halinde olup, Ammonitico Rosso fasiyesi özellikleri taşımaktadır [1].

Temel birimlerin üzerine transgresyonla yerleşen Bayırköy Formasyonuna ait kırıntılı çökelimden uyumlu olarak beyaz, krem, açık gri renkli, kırılğan özellikli, Orta Jura – Erken Kretase yaşlı Bilecik Kireçtaşına geçilmektedir [2] ve [11].

### **3.2. Bilecik Kireçtaşı**

Bilecik formasyonu şelf ortamında çökelmiş, platform tipi (neritik) kireçtaşlarından oluşmuştur [1]. Bu birim altta grimsi, beyaz renkli, kalın tabakalı, fosilli, yumrulu veya çakıllı kireçtaşı olarak başlayıp üste doğru beyaz pembe renkli, düzgün tabakalı, çok seyrek fosilli, ince kristalli ve kırılğandır [7]. Bilecik formasyonunun H21 paftasındaki kalınlığı 250-300 metre dolayındadır [1].

Birim; beyaz, krem, açık gri, ayrıışmış; oksitli yüzeyi ise sarı renkli, orta – kalın tabakalı ve yerel olarak masif görünümlüdür. Pürüzlü, kırıklı, çatlaklı, ikincil olarak gelişmiş kil ve kalsit dolgulu olan Bilecik Kireçtaşı, üst kesimlere doğru orta – kalın, seyrek olarak da ince katmanlıdır. Belirgin etmen ve çatlakların yer aldığı birimde, yüzeydeki kırık sistemlerine bağlı olarak yer yer mağaralar ve çukurluklar oluşmuştur. Genelde mikritik dokuda kireçtaşlarından oluşan kalsit dolgulu Bilecik Kireçtaşı homojen bir karbonat istifidir. Bakırköy Formasyonu ile Bilecik Kireçtaşı arasındaki dokanak uyumludur [9], [10] ve [11].

### **3.3. Yolçatı Formasyonu**

Bursa'nın doğusunda mostra veren (Orta Miyosen – Pliyosen) genç karasal çökeller Yolçatı Formasyonu olarak adlandırılmaktadır [22]. Jeoloji haritasında Göbel Formasyonu olarak adlandırılmıştır [1], [21]. Bu birim, az eğimli ya da yataya yakın bir tabakalanma gösterir.

Batı ve Kuzeybatı Anadolu'da geniş alanlara yayılan Yolçatı Formasyonu'nun üst kesimlerinde Pliyosen fosillerine rastlanılmıştır. Bu nedenlerle bu kırıntılı çökellerin yaş aralığı olarak Orta Miyosen – Pliyosen olarak kabul edilmiştir [12]. Bu Formasyon Görükle güneyi ile Ulubat Gölü güneyi ve güneydoğusunda yaygın olarak yüzeyler [1] (Şekil 3).

Çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, killi kireçtaşı gibi litoloji topluluklarının yanıl ve düşeyde birbirleri ile girik olduğu bir istiftir. Temel kayalar (Kalabak grubu, Bilecik Formasyonu gibi) üzerine açılal uyumsuzluk ile gelen birim temelden tüeyen çakılların yoğun olduğu ve kumlu ara seviyeler baskın litoloji topluluğunu oluşturur. Buraya kadar birimin rengi kırmızı, kahverengi, kirli sarı görünümlüdür. Kanal dolgusu ve çapraz tabakalanmalı sedimanter yapılar çokçadır. Birim daha üstte ve yanılal giderek ince-orta tabakalı, bej-sarımsı beyaz renkli killi kireçtaşları ve bunlarla ardalanmalı gri, yeşilimsi, kirli beyaz renkli kiltası ile silttaşlarına geçer. Menderesli akarsu ve gölsel ortama geçişe işaret eden bu seviyelerde arazi alanı haricinde (daha güneyde) kömür ve bor gelişimleri vardır [1].

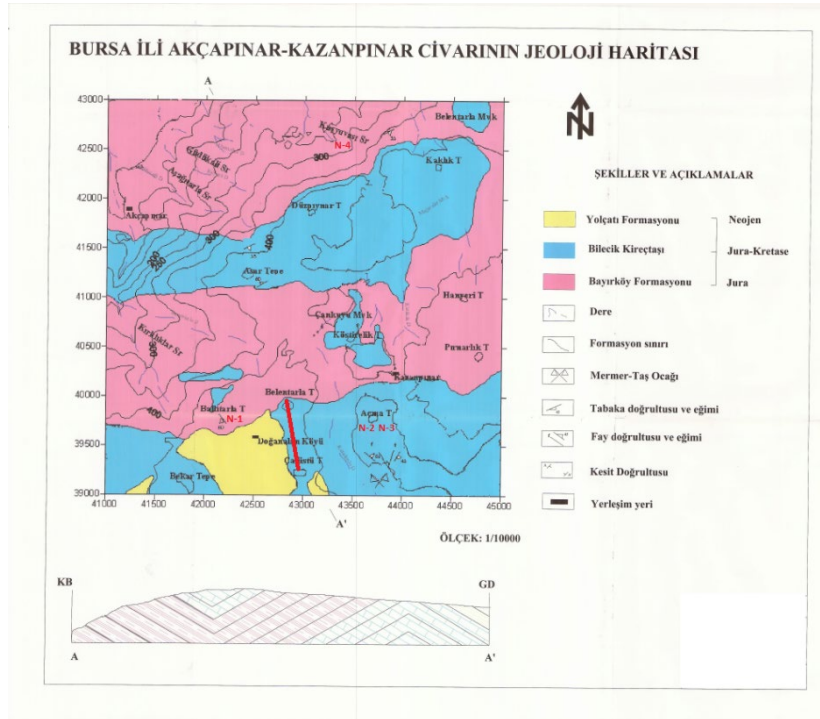
### **3.4. Orhanlar Grovaki (Trko)**

Bu birim Karakaya kompleksi içerisinde likid ara katkılı monoton grovaplardan oluşmaktadır. Orhanlar grovaki sarımsı kahve renkli, taze yüzeyi nefti renkli, çoğunlukla altere olmuş, yer yer küresel ayrıışmalı grovaplardan oluşmaktadır. Masif ya da kalın tabakalanmalı grovaplal ince-orta

taneli, kötü tane boyu dağılımlı olup derlenen örneklerin petrografik incelemesinde (Tanımlayan Fatma Yavaş) köşeli kuvars, feldspat, daha ince silt boylu kuvars taneleri ve metaformik kayaç parçalı tanelerin killi ve serizitli bir matriksle bağlandığı tespit edilmiştir. Taneler genelde köşelidir. Bazı alkali feldspatlarda grafik doku gözlenmektedir. Orhanlar Grovaki içinde permiyen yaşlı neritik kireçtaşı bloklarına (Pb) sıklıkla rastlanılmaktadır. Permiyen Yaşlı Kireçtaşı Blokları (Pb); Karakaya formasyonu, Çal formasyonu, Orhanlar Grovaki içinde Sakarya Zonu boyunca yoğun olarak görülen siyahımsı, gri, bej renkli, kalsit damarlı yer yer kristalize olmuş küçüklü-büyükü kireçtaşı bloklarıdır. Bu bloklar tektonik hareketlenmelere eşlik etmiş platform ya da deniz tepeleri tipi sedimanter kökenli olistolit ve olistostromlar olarak yorumlanabilir [1].

#### 4. İnceleme alanı jeolojisi

İnceleme alanı içinde yer alan kesimde üç farklı jeolojik birim yer almaktadır. Bunlar temelden itibaren stratigrafik olarak bölgesel ölçekli kumtaşı ve yer yer çakıllar içeren Bayırköy Formasyonu, bunun üzerine uyumlu olarak Bilecik Kireçtaşları, ve son olarak da açısız diskordansla Bilecik Kireçtaşlarının üzerine gelen Yolçatı formasyonu şeklinde sıralanmaktadır. Bursa Akçapınar-Kazanpınar civarının jeoloji haritası ve enine kesiti aşağıda görülmektedir (Şekil 4).



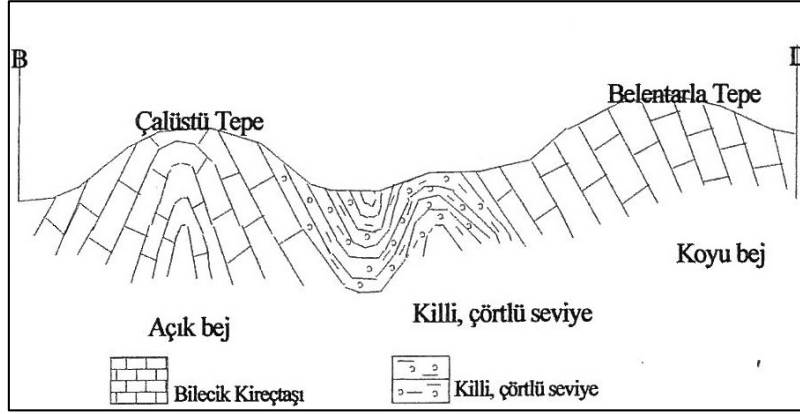
Şekil 4. Bursa Akçapınar-Kazanpınar civarının jeoloji haritası ve enine kesiti [23]

İnceleme alanında daha çok dere ve vadiler ile yamaçlarda yayılım gösteren Bayırköy Formasyonu; Burunlar Deresi, Kızılcıkdere, Kazanpınar ve Akçapınar Köylerinin kuzeydoğusunda ve civarında yüzeylenir. Bu birimi oluşturan kayaçlar, yüzeyde ince tabakalı, sarı-kahverengi, kötü bir şistoziteye sahip, yüzeyde kısmen ayrışma şekilleri gösterir. Şistozite genelde KD doğrultulu, güneydoğuya  $68-70^{\circ}$  eğimlidir. Ayrıca inceleme alanı kuzeyinde Kuşyuvası sırtı- Belentarla civarında formasyon KD doğrultulu ve  $35^{\circ}$  güneybatıya eğimlidir. Birimin bölgesel ölçekli oluşum sırası geçirmiş olduğu tektonik olaylara bağlı olarak özellikle Akçapınar – Belentarla arasında KB – GD yönelimli 40-50 metre atımlı, düşey yönde vadiler oluşturan düşey atımlı faylanmalar izler.



Temelde yer alan Bayırköy Formasyonu üzerine gelen esas inceleme konusunu oluşturan Bilecik Kireçtaşlarına geçişler genelde uyumlu olup, kireçtaşlarında ölçülen tabaka doğrultuları KD-GB yönündedir.

İnceleme alanında kireçtaşları genelde morfolojik olarak tepe ve sırtlarda, özellikle tabanda yer alan Bayırköy Formasyonu ile uyumlu konumdadır. Bilecik Kireçtaşları, Köstirelik Tepe, Ballıtarla Tepe, Belentarla Tepe, Açma Tepe gibi kesimlerde sırt ve tepeleri oluşturmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Çalüstü Tepe – Belentarla Tepe arasındaki çörtlü seviyeleri gösteren enine kesit

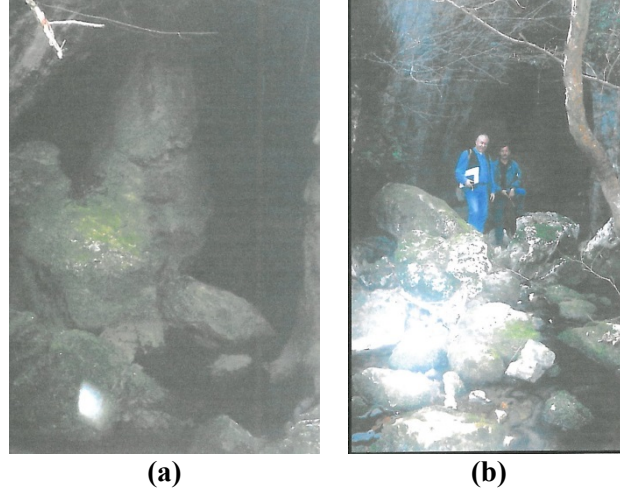
Çalüstü Tepe - Belentarla Tepe arası enine kesit bölgesi kırmızı renkle işaretli olarak Şekil 4 üzerinde de görülmektedir. Buralarda, farklı kalınlıkta, tabakalı ve yüzeyde çok kırıklı, ayrıca yüzeysel aşınımı yapraklanma göstermektedir. Tabakalaşma, Doğanalan Köyü kesiminde ayrıca ince kabukta 3-5 cm kalınlığında ve birkaç metre uzunluğunda, kahverengi çörtlü zonlar da içermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Çalüstü Tepe – Belentarla Tepe arasındaki çörtlü seviyeleri gösteren enine kesit-Foto

Benzer olarak, inceleme alanı içinde Köstirelik Tepe, Çankuyu mevkiinde kireçtaşlarının tabaka doğrultuları K-G yönünde olup 30-40° batıya eğilim gösterirler. Aynı mevkide KD-GB yönelimli tabaka doğrultusu, 30° güneydoğuya eğilimlidir. Aynı yörede, Mağaralar mevkiinde ve Kaklık mevkiinde kireçtaşları KD-GB doğrultulu, 30-50° eğim gösterir.

Kireçtaşları, yüzeyde Açma Tepe – Çalüstü Tepeleri arasında bol çatlaklı erime boşlukları içermektedir. Ayrıca Mağaralar mevkiinde ve Çankuyu mevkiinde mağara yapıları izlenmiştir (Şekil 7-b). Buradaki mağaralar su içerikli olup, yer altında uzun mesafelerde devam etmektedir (Şekil 7-a).



Şekil 7. Çankuyu Mağarası

Bu yöredeki mağaralar gerek turistik açıdan gerekse mağara bilimi açısından önem teşkil etmektedir. Mağara girişlerinde ve mağara boyunca, sarkıt- dikit gibi oluşumlara da rastlanmaktadır.

Çatlak sistemleri ikili veya üçlü sistemler halinde olup, Açma Tepe’de;

- 1) K25<sup>0</sup>D/45<sup>0</sup>GD eğimli
- 2) K30<sup>0</sup>B/60<sup>0</sup>KD eğimlidir.

Ayrıca, Karadonlu Dere’de gelişmiş, paralel çatlaklı yönleri K65<sup>0</sup>B/55<sup>0</sup>GB eğimlidir. Faylar, inceleme alanındaki kireçtaşlarının civarında gözlenmektedir. Açma Tepe’de izlenen faylar;

- 1) KD-GB yönelimli 45<sup>0</sup> GD eğimli,
- 2) KB-GD yönelimli 65<sup>0</sup> KD eğimlidir.

Diğer faylanmalar, Doğanalan Köyü-Ballıtarla mevkiinde yaklaşık D-B yönelimli, düşey atımlı faylar şeklindedir.

İnceleme alanı ve çevresinde açılacak ocaklardan blok mermer üretim potansiyeli bulunmaktadır. Açma Tepe’de yer alan mermer ocağı, blok üretim amaçlı olarak açılmış, fakat bugün için bir faaliyet göstermemektedir. Blok mermer ocağı, Açma Tepe sırtı altında açılmış olup ocak aynası güneye bakmaktadır. Burada kireçtaşları faylı-kırıklı bir sistem içinde sarkıt-dikit gibi mağara oluşumlarına rastlanmaktadır.

İnceleme alanında yer alan üçüncü birim Yolçatı Formasyonu olup Doğanalan Köyü’nün batısında ve Bekar Tepe’nin doğusunda yayılım göstermektedir. Birim blok ve çakıltaşlarının oluşturduğu taban konglomerası üzerinde kaba kum, kil ve silt ardalanmalı seviyeler şeklindedir.

## 5. Doğanalan Köyü Akçapınar-Kazanpınar civarı mermer oluşumları

İnceleme alanında jeolojik olarak %35 oranında kireçtaşları (Bilecik Formasyonu), %55 metamorfikler (Bayırköy Formasyonu) ve %10 oranında da Pilyosen oluşumlar (Doğanalan Köyü civarında) bulunmaktadır.

Mermer oluşturan Bilecik formasyonu kireçtaşları, jeolojik haritanın orta kesimleri Asar Tepe, Düzpınar Tepe, Mağaralar Mevkii, Köstirelik Tepe, Ballıtarla Tepe ve Doğanalan Köyü doğu kesiminde, Açma Tepe ve civarında yüzey verirler. Bu mermer oluşturan kireçtaşları; temelinde Bayırköy Formasyonu içinde yer alan kötü şistoziteli, çoğunlukla sarımsı-kahverengi tonlarında, oldukça ayrılmış olup, üstteki kireçtaşlarıyla uyumlu bir stratigrafiye sahiptir.

Mermer oluşturan kireçtaşları, tabandaki şistli seviye üzerinde farklı yüzeylere sahip, 4 farklı bölgede yer alır. Bunlar:

- 1) Asar Tepe-Kaklık Tepe-Mağaralar Mevkii
- 2) Köstirelik Tepe ve civarı
- 3) Ballıtarla Tepe ve civarı
- 4) Doğanalan Köyü-Açma Tepe Civarı

Bu bölgelerin jeolojik konumları ise şu şekilde sıralanabilir:

### 5.1 Asar Tepe-Kaklık Tepe-Mağaralar Mevkii

Bu bölgede tepe ve sırtlar halinde, inişli çıkışlı bir morfoloji hakimdir. Bölge yaklaşık 100-469 metre kotları arasındadır. Bu yörede karstik özelliklere dayalı olarak dolinler ve mağara oluşumları bulunmakta ve bunların çeşitli zonlar içermeleri nedeniyle blok mermer üretimi için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (Şekil 7). Bu kesimde *kireçtaşları* karstik özelliğe sahiptir.

### 5.2 Köstirelik Tepe ve civarı

Kireçtaşları; ince – kalın tabakalı, koyu bej renkli, çok boşluklu ve çörtlü ara mercekler içerirler. Bu çörtlü kireçtaşı zonu, Çalüstü Tepe – Köstirelik Tepe ve Kaklık Mevkii yönünde belirli bir genişlikte devam etmektedir (Şekil 4). Bu kesim, çörtlü ara mercekli seviyeler içermesi nedeniyle blok mermer üretimine uygun değildir.

### 5.3 Ballıtarla Tepe ve civarı

Burası, Doğanalan Köyü kuzeybatısında, Köyün yaklaşık 500 metre uzağında bulunan tepe ve sırt şeklinde iki ayrı mostradan oluşmaktadır. Buradaki *kireçtaşları* grimsi tonlarda ve bol ikincil kalsit damarlarıyla kesilmiştir.

Bu kesimde *kireçtaşları*; yüzeyde iri bloklu-çatlaklı, masif yapılarda olup, ayrıca belirgin bir fay zonu ile de çakışmaktadır. Morfolojik yönden ani yükselmeler, ayrıca bol kırıklı-parçalı blok yapılardan oluşmuştur.

### 5.4 Doğanalan Köyü- Açma Tepe ve civarı

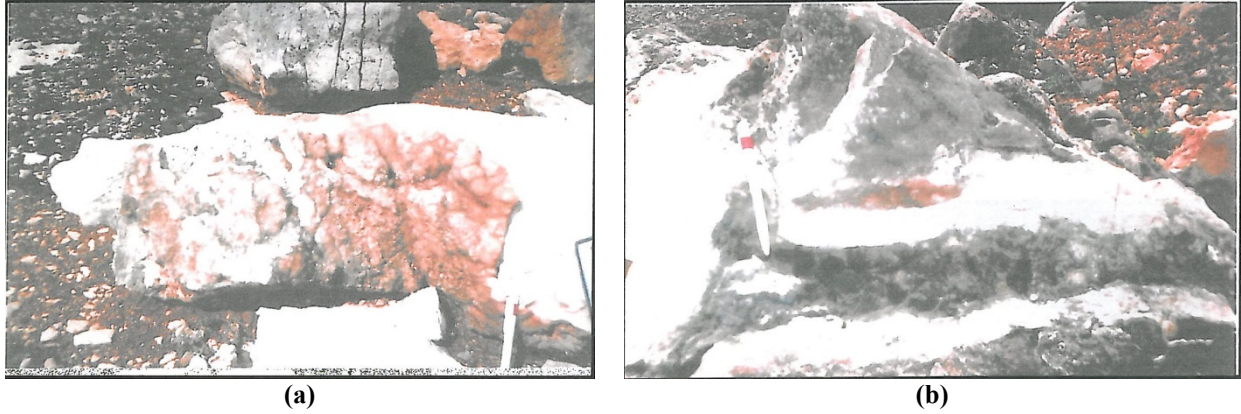
Doğanalan Köyü ve Açma Tepe civarında; özellikle Açma Tepe mermer ocağı civarında ve aynasında benzer özellikler izlenmiştir.

Doğanalan Köyü doğu kesiminde Alan Tepe - Çalüstü Tepe - Belentarla Tepe'leri arasında kuzey-güney yönünde alınan jeolojik kesitte izleneceği gibi, Çalüstü Tepe'de mermer oluşturan *kireçtaşları* düzgün, kalın ve ince tabakalı ve düzenli olup, kuzeye doğru devam eder. Çalüstü Tepe-Belentarla Tepe arası ara vadide *kireçtaşları*, ince plaketli, killi-çörtlü seviyeler içerir. Daha sonra Belentarla Tepe'ye doğru masif, kompakt, renk olarak da koyu bej veya kahverengi tonlarındadır. Belentarla Tepe civarı koyu bej mermer blok üretimi için çok uygun yapılara sahiptir.

### 5.5 Açma Tepe mermer ocağı

Çalışma alanında yer alan formasyonlar önceki bölümlerde de belirtildiği gibi Jura ve Neojen yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Mermer olarak işletilen birim Jura yaşlı Bilecik Kireçtaşlarıdır. Çalışma alanında aktif olarak Açma Tepe mermer ocağı bulunmaktadır. Açma Tepe ocağındaki

mermer blokları, renk açısından “Apolyont beji” [24] türündedir. Açma Tepe ocağında bulunan Apolyont beji renkli, bantlı oluşumlar gösteren mermer ocağı aşağıda görülmektedir (Şekil 8-a).



(a)

(b)

Şekil 8. Apolyont beji renkli mermer parçaları

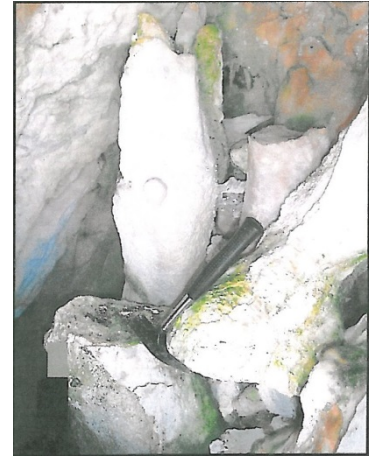
Çalışma alanında bulunan Açma Tepe mermer ocağında, kalsit ve aragonit oluşumlarının çok fazla olduğu görülmüştür (Şekil 8-b). Ocak üretiminin henüz başlangıç evresinde olması nedeniyle bazı blok yüzeylerinde çatlak zonlarına ve ayrıca ocak alanı doğu kesiminde mağara (karstik) oluşumları, sarkıt-dikit ve aragonit oluşumlarına rastlanmıştır. Bu sarkıt ve dikitlerin rengi kahverengisarı renkte olup, içleri iri kristalli, dış yüzeyleri ise mikritik yapıdadır. Bunlar oldukça boşluklu bir yapı göstermektedir. Şekil 9 (a) ve (b)’de Açma Tepe mermer ocağında yer alan sarkıtlar ve Şekil 9 (c)’de ise bu ocağıdaki Apolyont beji dikit görülmektedir.



(a)



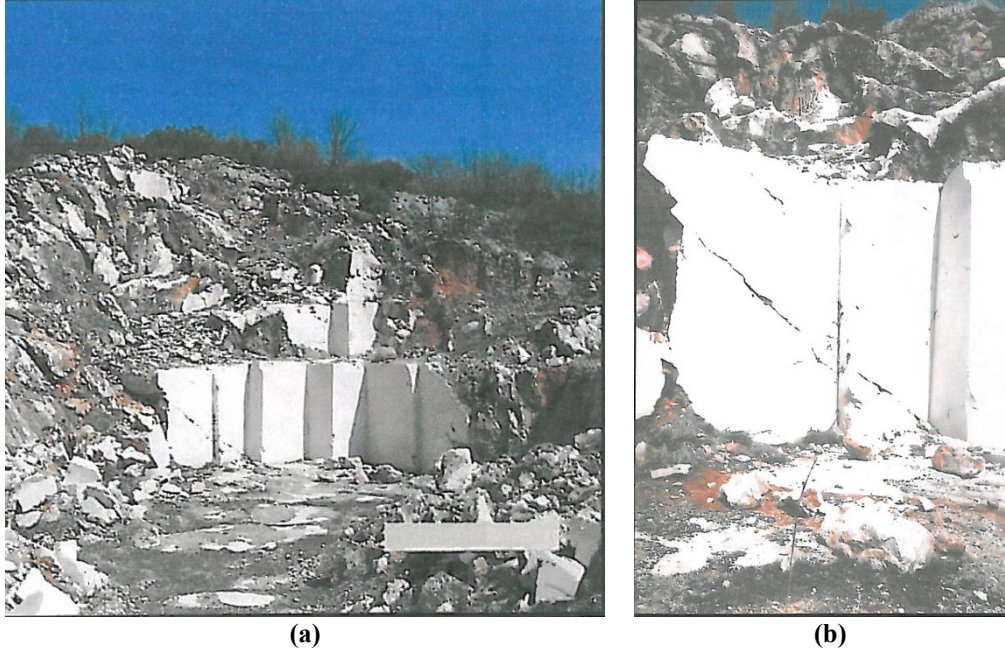
(b)



(c)

Şekil 9. Açma Tepe mermer ocağında yer alan sarkıtlar ve Apolyont beji dikit

Açma Tepe mermer blok üretim ocağı iki kademe halinde olup, düzgün yüzeyler oluşturularak bir miktar blok mermer üretimi yapılmıştır (Şekil 10-a). Açma Tepe mermer ocağındaki iki kademe (Şekil 10-a) ve kademelerin yakın görünümü (Şekil 10-b) aşağıda verilmiştir.



Şekil 10. Açma Tepe, iki kademe halindeki mermer ocağı

## 6. Deneysel bulgular ve tartışma

### 6.1. Mineralojik ve petrografik inceleme

#### 6.1.1 Makroskopik inceleme

Akçapınar – Kazanpınar civarı kireçtaşları oluşumlarının yüzeylendiği alanlardan sistematik olarak alınan dört farklı numunenin makroskopik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi numunelerin makroskopik incelemelerinde renk, yapı, doku, sertlik, ayrışma, cila kabul ve kesme, asitte reaksiyon gibi özellikleri belirlenmiştir.

Tablo 1. Numunelerin makroskopik özellikleri

	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
Alındığı yer	Ballıtarla Tepe	Açma Tepe	Açma Tepe	Kuşyuvası Sırtı
Renk	Bol kalsit (beyaz) damarlı, grimsi tonlarda	Krem-beyaz	Sarımsı kahverengi	Sarı-koyu kahverengi tonlarında
Yapı/doku	Masif, kompakt, herhangi bir yönelme ve yapraklanma yok.	Masif, kompakt	İri taneli, ara zonlarda ikincil oluşumlara rastlanır.	Masif, ezikli, az dayanımlı özelliktedir. İnce tabakalı ve kötü yapraklanma gösterir.
Ayrışma	Yüzeysel	İzlenmedi	İzlenmedi	Yüzeysel ayrışım gösterir.
Sertlik	3-3,5 Mohs	3-3,5 Mohs	3-3,5 Mohs	4-5 Mohs
Kesme özelliği	0,5 cm'lik plaka kesiminde kenar-köşe kopma izlenmez	0,5 cm'lik levha halinde kesmede kenar-köşe kopma izlenmez.	İyi-çok iyi	
Cila kabul	Çok iyi	İyi-çok iyi	İyi-çok iyi	

<b>Asitte reaksiyon</b>	%10'luk HCl asitte hızlı köpürmektedir. Kayaç bu özelliği ile karbonat grubuna ait olup; kalsit, dolomit, aragonit içerebilir.	Hızlı köpürme izlenir, karbonat grubuna aittir.	Hızlı köpürme izlenir.	%10'luk HCl ile reaksiyonda, çok az oranda köpürme izlenir.
-------------------------	--	---	------------------------	---

**Tablo 1 Devamı**

Genel olarak numunelerin makroskopik incelemelerine göre (Tablo 1);

- Numune 1 ve 2'nin renklerinin grimsi beyaz tonlarda, Numune 3 ve 4'ün ise sarı kahverengi tonlarında olduğu,
- Yapı ve doku açısından Numune 1 ve 2'nin masif, kompakt; Numune 4'ün de masif yapıda olduğu fakat ezikli ve az dayanımlı olduğu; Ancak Numune 3'ün iri taneli olduğu,
- Numune 1 ve 4'ün yüzeysel ayrışma, Numune 2 ve 3'ün ise ayrışma göstermediği,
- Numune 1, 2 ve 3'ün sertliğinin 3-3,5; Numune 4'ün ise 4-5 Mohs olduğu,
- Tüm numunelerde kesme özelliğinin iyi veya çok iyi olduğu,
- Cila kabulün iyi (numune 2 ve 3) veya çok iyi (Numune 1, 2 ve 3) olduğu,
- Asitte reaksiyon açısından Numune 1, 2 ve 3'ün %10'luk HCl'de hızlı köpürme gösterdiği, fakat Numune 4'ün çok az oranda köpürme gösterdiği belirlenmiştir.

### 6.1.2 Mikroskopik özellikler

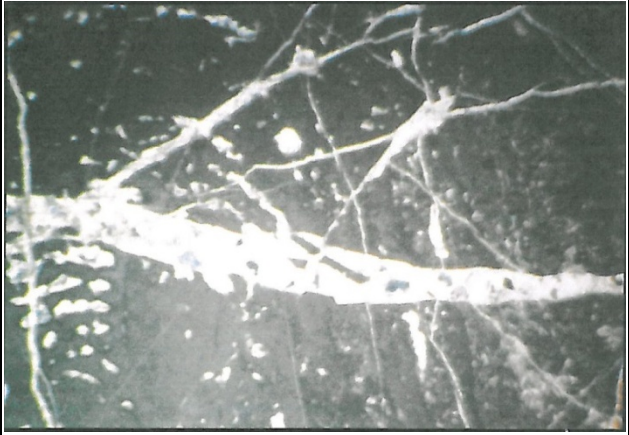
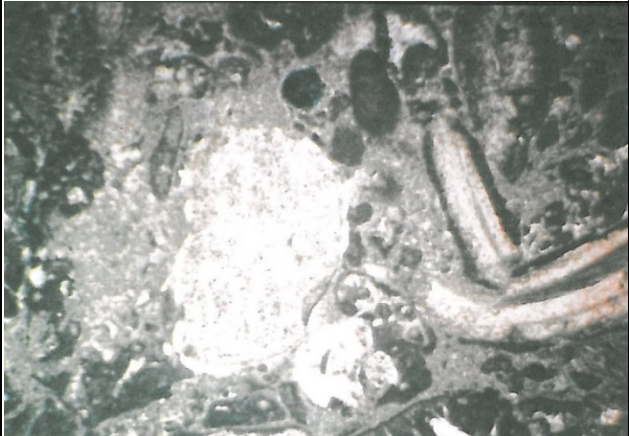
Sistematik olarak alınan söz konusu dört numunenin petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla kireçtaşı örneklerine ait ince kesitler İstanbul Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma laboratuvarında bulunan polarizan mikroskopta incelenmiş ve fotoğraflanarak farklı koşul ve zaman dilimi içinde oluşan kayaçların mineralojik bileşimleri ve petrografik olarak da dokusal özellikleri ortaya konmuştur. Numunelerin mineral bileşimleri ve modal oranları Tablo 2'de, doku özellikleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

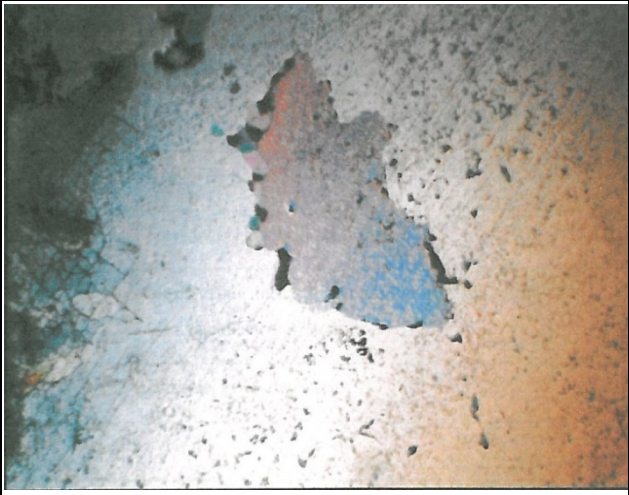
**Tablo 2.** Numunelerin mineral bileşimleri ve modal oranlar

	Tane boyutu	Mineral türü	Modal oran (%)	Özellikler
Numune 1	0,45 – 1,2 mm. Daha iri taneler: 4,5 mm	Kalsit	80	Kristalin, ikizli, bazan opak imprute (kirlilik) içerir, farklı taneli, çoğunlukla iri kristalli, dilinim, ikizlenme gösterir.
		Kalsit (ikincil)	10	Damar dolgular halinde, kristalin, berrak.
		Opak mineral (imprute)	10	Muhtemelen, ikincil kalsitlerle beraber gelmiş olan opak limonit-hematit mineraller dağılımlı veya damarların kenarlarına yerleşmiş olarak bulunmaktadır.
	Kayaç adı: Demir içerikli kireçtaşıdır.			
Numune 2	0,15 – 0,75 mm	Kalsit (birincil)	25-30	İri-orta taneli, kristalin, ikiz ve dilinim gösterirler.
	0,03 – 0,09 mm. Daha iri taneler: 0,45 mm	Kalsit (ikincil)	20-25	Damar ve boşluk dolgular içinde ince-orta taneli kristalin yapıdadırlar.
	0,15-0,45 mm	Opak oolitler	45-50	Tüm kayaçta yaygın, şekiller altında; kalsitlerde farklı boyutlu
Kayaç adı: Opak (demir) oolitli, bol damarlı mermer.				
Numune 3		Kalsit		İnce taneli kapanım ve kristallerden oluşmuştur.
		Dolomit		Dilinimli ve sarımsı-gri-mavi tonlardadır.
		Opak mineral (imprute)		Opak mineraller kalsitler içerisinde bulunmaktadır.
	Kayaç adı: Aragonit'tir.			
mu ne		Kuvars	36-46	Çok ince taneli, klorit, serisitle beraber.
		Biotit	15-17	Mercek şekilli

	Muskovit + Serisit	20-22	Muskovitler, biotitlerle beraber
	Klorit	3-4	Az oran
	Kalsit	4-5	Az oran, ara boşluklarda
	Opak	15-16	Bol oran
Kayaç adı: Ayrışmış kuvars - biotit – muskovit – serisitli şist.			

**Tablo 2 Devamı****Table 3.** Numunelerin doku özellikleri

	Numunelerin doku özellikleri	Numunelerin mikroskop görüntüleri. Büyütme: x120
Numune 1	İri taneli, kristalin, granüler doku içinde, farklı boyutta, iri-orta taneli kalsit kristalleri, ikizlenme ve dilinimler gösterirler. Kalsit kristalleri çoğunlukla berrak, şeffaf, bazen klivajlar boyunca opak ince demirli mineraller (limonit, hematit) içerir. Doku, ikincil olarak kalsit damarları ile kesilmiştir. Bunlar, muhtemelen hidrotermal evre ürünü olup, beraberinde opak (demirli) mineral getirimleri sağlamıştır. İri kalsit kristalleri içinde, daha büyük boyutlu kalsit inklüzyonları (kapanımları) gözlenmektedir.	
Numune 2	Oolitik, farklı boyutlu, demir içerikli, oval-küresel taneler kristalin kalsitlerle çimentolanmıştır. Bazen oolitik demirli oluşumların iç kısımları (merkezleri) kalsitten oluşmuştur. Kayacın kalsitle oluşturduğu doku; (orta-ince) taneli ikincil kalsit damarlar ile sıkça kesilmiştir. Oolitik demirli oluşumlarda, oval, küresel, yarı köşeli, farklı boyutlu şekiller gösterir. Bunları bazan içte bir tek kalsit halesi çevreler. İnce taneli kalsit kristalleri yuvarlak ikincil damar dolgularında taneli, kristalin ve berraktır. Yani tek nikelde demirli oluşumlar görülmemektedir. Kayaç oluşturan esas kalsit kristalleri, iri-orta taneli, ikizli, dilinimleri çok belirgin olup, çift nikelde irizasyon renklerini – koyu yeşil – mavi tonları sunarlar. İkincil damarlar farklı kalınlıklarda olup, taneli, kristalin kalsitlerden oluşmuştur ve birbirlerini sıkça keserler. Yoğun bir biçimde, farklı şekiller altında kayaçta ağ oluşturmuşlardır.	

Numune 3	İri ve geniş yüzeyle, bazan de ince taneler kapanım halindedir. Mineral sınırlarında ince taneli kalsit kristalleri oluşmuştur. Kalsit oluşumlarına ince taneli kapanımlar halinde de rastlanmaktadır. Aragonit tek nikolde renksiz, çift nikolde sarımsı-gri-mavi tonlardadır. Ayrıca opak içerikli dikdörtgen şeklinde değişik mineral oluşumlarına rastlanır. Aragonitin dilinimi belirgindir. Kayacın içerisinde kalsitler opak minerallerle beraber bulunmaktadır.	
Numune 4	Çok ince taneli, ayrılmış yapraklar gösteren opak mineralleri belirli düzlemler boyunca yönelmiştir. Bunlar mercek yapıları altında ve muskovit, serisit mercekssel mineralleriyle beraber yönelmeler gösterir. Bu yapılaşma özellikleriyle yönelme, şistozite gösterir. Ayrıca ince taneli matriks içinde çok ince taneli iğnecikler şeklinde klorit, serisit ve beraberinde kuvars içermektedir. İz oranda da kalsit ve mika içermektedir.	

Tablo 3 Devamı

Tablo 2’den görüldüğü üzere Numune 1’in daha iri taneli, daha çok kalsit içerdiği, opak mineral oranının (%10) daha az olduğu ve ayrıca kalsitlerin iri kristalli granüler doku içinde ikizli ve dilinimli özelliklerde olduğu, ikincil olarak kalsit damarları ile kesilmiş olduğu (Tablo 3) gözlenmektedir. Bu özellikleri ile bu numunenin demir içerikli kireçtaşı olduğu belirlenmiştir.

Numune 2 daha ince taneli olup yarı yarıya birincil ve bunları kesen ikincil kalsitler ile oval, küresel, yarı köşeli opak (demirli) oolitlerden oluşmuş olup, damarlı kristalin, ikiz ve dilinimli ağsal dokuya sahip olduğu (Tablo 3) gözlenmektedir. Bu özellikleri ile bu numunenin Opak (demir) oolitli, bol damarlı mermer olduğu (Tablo 2) ortaya çıkartılmıştır.

Numune 3’ün ince taneli kapanım ve kristalli kalsit ile dilinimli ve sarımsı dolomit içeriği ile aragonit kayacı olduğu, ayrıca kayacın içerisinde kalsitlerin opak minerallerle beraber bulunduğu Tablo 2 ve 3’den görülmektedir.

Numune 4’ün çoğunlula çok ince taneli kuvars (%36-46) olmak üzere mercekssel yapıli diğer silikat minerallerinden (biotit, muskovit, klorit vb.) oluştuğu ve ayrıca çok daha az oranlarda kalsit ile çok oranlarda da (%15-19) opak mineral içeriği ile kayacın ayrılmış kuvars - biotit – muskovit – serisitli şist kayacı olduğu (Tablo 2 ve 3) belirlenmiştir.

Numune 1, 2 ve 3’ün büyük oranlarda kalsit ve dolomit içermesi ve sertliklerinin de 3 ila 3,5 civarında olması nedeniyle karbonat kökenli yumuşak mermer olduğu belirlenmiştir. Bu özellikleri bu mermerlerin kesilebilirlikleri, işlenebilirlikleri ve cila alma kapasitelerinin de iyi veya çok iyi olmasını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca bu kayaçların opak mineral içeriği, değişik renkler almasını sağladığı gibi, dilinimler, ikizlenmeler, kristal şekilleri ve boyutları, ikincil minerallerin birincil mineralleri kesmesi, iç içe büyümeler vb. yapı ve doku özellikleri de mermerlere değişik desenler katmaktadır. Ancak, Numune 4’ün daha fazla silikat minerali içermesi nedeniyle bunun orta sertliğe (4-5) sahip silikat kayacı olduğu belirlenmiştir. Bu kayacın diğer özellikleri uygun olmadığından mermer olarak değerlendirilmesi mümkün olmayacaktır.



## 6.2. Fiziko - mekanik testler

Fiziko - mekanik testler için kullanılan numuneler, mineralojik-petrografik özellikler açısından blok mermer potansiyeli en yüksek olan Açma Tepe mermer sahasının farklı kesimlerinden alınmıştır. A1 ve A2 olarak isimlendirilen numuneler, rengi krem-beyaz olan demir oolitle, bol damarlı mermer olarak tanımlanan Numune 2'nin alındığı saha üst seviyelerinden, K1 ve K2 olarak adlandırılan numuneler ise sarı-kahverengi tonlarında aragonit olarak tanımlanan Numune 3'ün alındığı ocak alt seviyesinden alınmıştır.

İnceleme sahasındaki ocaklardan alınan örnekler 6 x 8 x 6 cm ebadına getirilmiş ve fiziko-mekanik deneyler için hazırlanmıştır. Her numuneye birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, su emme, basınç dayanımı gibi özellikleri belirlemek amacıyla çeşitli testler yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları Tablo 4'de verilmiştir:

**Tablo 4.** Fiziko mekanik test sonuçları

Testler	A1	A2	K1	K2	TS 10449 [25] Sınır değerleri
Havada ağırlık (gr)	787,9	772,4	769,1	794,4	
Kuru ağırlık (gr)	787,7	772,1	769,4	794,2	
Yaş ağırlık (gr)	788,8	773,8	770,0	794,8	
Su emme (%)	0,14	0,22	0,10	0,07	< 0,40
Birim hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	2,67	2,66	2,65	2,68	< 2,55
Özgül ağırlık	2,7	2,7	2,7	2,7	
Porozite (P) (%)	1,1	1,5	1,7	0,7	< 2,0
Basınç dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	870	845	890	>1000	>500

Yapılan deneysel çalışmalara göre, bütün numunelerin birim hacim ağırlık değerleri TS değerinin biraz üzerinde bulunmuştur. Fakat su emme ve porozite değerleri ise TS değerinin altında kalmıştır (Tablo 4).

Mermerlerde porozite (boşluk) istenmeyen bir durumdur ve genellikle su emme kapasitesi ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Porozite değeri en az (%0,7) olan K2 numunesinin su emme değerinin de (%0,07) en az olduğu Tablodan görülmektedir.

Kayacın yapısı ve dokusu, çeşidi, mineral tane büyüklüğü ve bağı, yeri ve çevresi, litoloji, süreksizlikler, su içeriği, çimentolanma ve kristallenme derecesi, homojenite, izotropluk ve ayrışma derecesi kayaların basınç dayanımına etki eden özelliklerdir. Numunelerin basınç dayanımlarının TS değerinin üzerinde kaldığı Tablodan görülmektedir. En yüksek değerler ise K1 (890 kg/cm<sup>2</sup>) ve K2 (>1000 kg/cm<sup>2</sup>) numunelerinden elde edilmiştir.

Bu sonuçlara göre yörede üretilen veya üretilecek olan bu mermerlerin çok dayanımlı, kompakt, masif kayaç grubuna ait olduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışma alanına yakın yerde bulunan Bursa – Doğanalan - Körekem Civarında yapılan Fiziko - mekanik test çalışmalarında [17] da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

## 7. Sonuç ve öneriler

Yapılan tüm çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, kayaların dayanım özelliklerinin mineralojik, petrografik ve fiziksel özellikleri ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

İnceleme alanı içinde blok mermer üretimi amaçlı 4 farklı bölgede yer alan kireçtaşları, saha ve laboratuvar verileriyle değerlendirilmiştir. Buna göre:

İnceleme alanı içerisinde; Asar Tepe – Kaklık Tepe arası alandaki kireçtaşları çok yaygın olarak karstik mağara – dolin oluşumları bulundukları için blok mermer üretimi için uygun değildir.

Köstirelik Tepe, çok boşluklu kireçtaşı zonu çörtlü ara merceksel seviyeler içermesi nedeniyle blok mermer üretimine uygun değildir.

Ballıtarla Tepe’de aşırı çatlakların olması ve fay zonu içinde bulunmasının yanında, mikroskop altında bol demirli minerallerin (%10) varlığı, kesme, cila kabul ve albenisi açısından mermer ocağı açısından negatif değerlendirmeleri beraberinde getirmiştir.

Mermer blok üretim potansiyeli olan Açma Tepe, Belentarla Tepe ile Çalüstü Tepe’si bölgesinden alınan Numune 2 ve 3 üzerinde yapılan makroskopik ve mikroskopik analizlere göre;

- Numunelerin masif kompakt yapılı ve ayrışmasız olduğu belirlenmiştir.
- Büyük oranlarda kalsit ve dolomit içermeleri ve sertliklerinin düşük olması (3-3,5 Mohs) karbonat kökenli yumuşak mermer olduğu belirlenmiş ve böylece bu durum kesilebilmeleri ve cila kabullerinin iyi veya çok iyi olmasını sağlamıştır.
- Ayrıca bu kayaların opak mineral içeriği, değişik renkler almasını sağladığı gibi, dilinimler, ikizlenmeler, kristal şekilleri ve boyutları, ikincil minerallerin birincil mineralleri kesmesi, iç içe büyümeler vb. yapı ve doku özellikleri de mermerlere değişik desenler katmıştır.

Yörede üretim yapan mermer ocaklarından alınan 4 adet örneğe (A1, A2, K1 ve K2) fiziko-mekanik testler uygulanarak; özgül ağırlık, porozite, su emme ve tek eksenli basınç dayanımı gibi elde edilen değerlerin TS değerlerine göre oldukça uygun özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra %0,07 su emme, %0,7 porozite ve 1000 kg/cm<sup>2</sup> üzerinde tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile en iyi değerleri K2 numunesi ile elde edilmiştir.

Bu sonuçlara ve saha çalışmalarına dayanarak, yörede üretilen mermerlerin çok dayanımlı, kompakt, masif kayaç grubuna dahil olduğu ve blok üretimi, plaka üretimi ve cilalanmasına uygunluk gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Öneriler;

Blok mermer üretimi yapılan Açma Tepe mermer ocağı ve kuzeye doğru devamında, hali hazır mermer üretim aynalarında izlenen bazı kırık zonlarının, ocağın ilerlemesi halinde (hem kuzeye hem de tabana doğru inilmesi halinde) ortadan kalkacağı beklenmektedir. Ayrıca aynanın doğu kesiminde yer alan mağara oluşumları, işletme süresince dikkate alınarak bu oluşumun devamının izlenmesi gerekir.

Açma Tepe – Belentarla Tepe ve Çalüstü Tepe civarında blok mermer üretimi için uygun ocak oluşturulmasında;

- Karstik boşluk ve yapılarla dikkat edilmeli veya bu yapılardan uzak durulmalı,
- İşletme ve üretimi negatif yönde etkilememesi açısından çörtlü zonların bulunduğu yerlere dikkat edilmeli,
- Mermer blok verimi yüksektir. Ayrıca albenisi açısından “Apoliyont beji”ne benzemesi gibi özellikler ocak oluşturmada etkili olan faktörlerdir.
- Ocak yerinden kuzeye, doğuya, batıya doğru genişletme olanaklarının bulunmasına dikkat edilmelidir.

**NOT :** “Bu çalışma, Prof. Dr. Bektaş Uz’un danışmanlığında, Selen Ülgen’in İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü lisans bitirme tezinden geliştirilerek üretilmiştir.”

## Kaynaklar

- [1] Kandemir Ö, Pehlivan Ş, Kanar F, Tok T. 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No. 191: Bandırma – H21 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 22 s., 2013.
- [2] Granit T, Tintant H. Observation Preliminaries Sur le Jurasique de la Region Bilecik (Turque). C.R. Acad. Scien. Paris, 1960; 251: 1801-1803.
- [3] Altınlı İE. Bilecik Jurasığı. 50. Yıl Yerbilimleri Kongresi., Tebliğler Dergisi, MTA yayımı, 1973; 112-113. [1]'den alıntılanmıştır.
- [4] Ergül E, Gözler Z., Akçören F, Öztürk Z. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Balıkesir F-6 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1986. [1]'den alıntılanmıştır.
- [5] Akkuş MF. Dağakçaköy (GB Bursa) ve Fındıklı (GB Gönen) Mıntıklarındaki Üst Jura. TJK Bülteni 1963; 8 (1-2): 1-9.
- [6] Altıner D, Koçyiğit A, Frinacci U, Nicosia U, Conti MA. Kuzeybatı Anadolu'nun Kuzey Anadolu Fay Zonu Güneyindeki Rosso Ammonitiko'lu Jura – Alt Kretase Stratigrafisi, Bölgenin Paleocografik ve Tektonik Evrimi. TÜBİTAK Raporu, 270 s., 1989.
- [7] Eroskay SO. Paşalar Boğazı – Gölpazarı Sahasının Jeolojisi. İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası, Seri: B, 1965; 30 (3-4): 135-170.
- [8] Altınlı İE. Yenişehir Havzasının Jeoloji ve Hidrojeolojisi. İstanbul Üniversitesi (İ.Ü.) Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, 1965; 30: 40-42.
- [9] Saner S. Mudurnu – Göynük Havzasının Jura ve Sonrası Çökelim Nitelikleriyle Paleografik Yorumlanması. TJK Bülteni 1980; 23: 39-52.
- [10] Yılmaz Y. Sakarya Kıtası Güney Kenarının Tektonik Evrimi. İstanbul Üniversitesi Yer bilimleri dergisi 1981; 1: 33-52.
- [11] Genç Ş. Geology of The Region Between Uludağ and The İznik Lake. MTA Enstitüsü yayımı, 1986; 19-25.
- [12] Ercan T, Ergül E, Akçören F, Çetin A, Granit S, Asutay J. Balıkesir – Bandırma Arasının Jeolojisi, Tersiyer Volkanizmasının Petrojeolojisi ve Bölgesel Yayışımı. MTA Dergisi, 1990; 110: 113-130.
- [13] Lisenbee AI. Structural Setting of Orhaneli Ultramafic Term Masif Near Bursa, Northwestern Turkey. Tez, Pennsylvania State University, 157 s., 1972.
- [14] Emre H. Orhaneli Ofiyolitinin Jeolojisi ve Petrojeolojisi. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1986.
- [15] <http://www.mta.gov.tr/v3.0/>
- [16] Uz B. Marmosan Mustafakemalpaşa Sincansarnıç Sahasının Etüd ve Değerlendirilmesi. İTÜ Maden Fakültesi YBYK Raporu, 1991; 55-96.
- [17] Uz B, Yıldız TD. Bursa – Doğanalan – Körekeş Civarında Mermer Oluşturan Kireçtaşlarının Etüt ve Değerlendirilmesi. Türkiye 9. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi, Antalya, 2017; 557-569.
- [18] Okay Aİ. Alpine-Himalayan blueschists. Annual Reviews of the Earth and Planetary Sciences, 1989; 17: 55-87. [1]'den alıntılanmıştır.
- [19] Okay Aİ, Siyako M, Bürkan KA. Biga ve Gelibolu Yarımadaalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 1990; 1 (3): 183-199. [1]'den alıntılanmıştır.
- [20] Şengör AMC, Yılmaz Y. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics. 1981; 75: 181-241. [1]'den alıntılanmıştır.
- [21] Kandemir Ö, Duru M, Pehlivan Ş, Kanar F, Tok T. Bandırma – H21 Paftası Jeoloji Haritası – 2013. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [22] Dar Mühendislik, Bursa Çevreyolu Kesimi Kesin Proje Jeoteknik Raporu. Kısım II, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, 1998.
- [23] Kayıkçı S. Bursa İli Akçapınar – Kazanpınar civarının jeolojik haritası (1/10000) ve enine kesiti. İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2005.
- [24] Tahir Dörtünar ile kişisel görüşme, 2005.
- [25] T.S.E. TS 10449 Mermer- Kalsiyum Karbonata Esaslı - Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Kasım 1992, Ankara.