

## **AYVACIK (ÇANAKKALE) BENTONİTİNİN JEOLOJİSİ, MİNERALOGİSİ VE OLUŞUMU**

Fazlı ÇOBAN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Ayvacık (Çanakkale) bölgesindeki bentonit oluşumlarının jeolojisi, mineralojisi ve oluşumu incelenmiştir. İnceleme alanında, Miyosen yaşlı volkanik kayalar içindeki faylar ile ilişkili toplam dokuz adet bentonit yatağı bulunmaktadır. Bentonit yatakları, faylardan gelen hidrotermal sıvıların andezit, trakiandezit ve tüfleri (yerinde) ayrıştırması ve orijinal camsal malzemenin (camsal tüfler) devitrifikasyonu sonucu oluşmuşlardır.

XRD analizleri; bentonit oluşumlarının tümünde dioktaedral smektit'in esas bileşen olduğunu göstermiştir. Kristobalit, kaolinit, illit ve halloysit kil boyutundaki yaygın safsızlıkları oluşturur. Bentonitteki kil boyutu esas mineral parajenezleri; montmorillonit + silis mineralleri(kristobalit, opal-CT); montmorillonit + kaolinit + halloysit; montmorillonit + illit + kristobalit ve baydellit + illit + kaolinit + kristobalit + demiroksit şeklindedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Bentonit, Hidrotermal Alterasyon, Devitrifikasyon

## **GEOLOGY, MINERALOGY AND GENESIS OF THE AYVACIK (ÇANAKKALE) BENTONITE**

**ABSTRACT:** In this study, the geology, mineralogy and genesis of the bentonite occurrences have been examined, from Ayvacık(Çanakkale) region. There are nine bentonite deposits in this region which were within Miocene volcanic rocks. Bentonites have been formed as a result of alteration caused by hydrothermal solutions rising up through the faults and altering the andesite, thrachyandesite and tuffs and, devitrification of original glassy material (glassy tuffs).

XRD analyses revealed that dioctahedral smectite was the dominant phase in all of the bentonite occurrences. Kaolinite, illite, cristobalite and halloysite are the common impurities in the clay fraction. In the clay fraction, the main mineral paragenesis are; montmorillonite+silicaminerals(opalCT,cristobalite);montmorillonite+kaolinite+halloy-site; montmorillonite+illite+cristobalite; and beidellite+kaolinite +illite+ cristobalite + iron oxides.

**KEYWORDS:** Bentonite, Hydrothermal Alteration, Devitrification

<sup>1</sup> Fazlı ÇOBAN, İTÜ Maden Fakültesi, 80626 Maslak-İSTANBUL

## ***I.GİRİŞ***

İnceleme konusu bentonit oluşumları, Batı Anadolu'da Ayvacık (Çanakkale) ilçesinin yaklaşık 20 kilometre güneydoğusunda, Ahmetçe, Hüseyinfakı, Demirci ve Kayalar köyleri çevresinde bulunmaktadır. Yöredeki bentonitlerin jeolojik, mineralojik, kimyasal özellikleri incelenmiş ve oluşumu ortaya konmuştur.

## ***II.ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ***

İnceleme bölgesindeki volkanik kayalardan ve bentonitlerden toplanan örnekler üzerinde, optik mikroskop, X-Işınları Difraktometri (tüm kayaç ve kil boyutu), Diferansiyel Termal analiz (DTA) - Termo Gravimetri (TG) ve kimyasal analiz (tüm kayaç ve kil boyutu) incelemeleri yapılmıştır.

Optik mikroskop incelemeleri bentonitleşme ile ilişkili olarak, bentoniti oluşturan killerin türedikleri volkanik kayaların bileşimlerini ortaya koymak için, X-ışınları difraksiyonu (XRD) incelemeleri, bentonit ve bentonitin kil boyutunu oluşturan mineralleri tanımlamak; Diferansiyel Termal Analiz (DTA) ve Termo Gravimetri(TG) incelemeleri, bentoniti oluşturan esas kil boyutu mineralin termal davranışını incelemek; kimyasal analizler ise bentonitin kimyasal bileşimini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. XRD incelemeleri için, kil boyutunun elde edilmesi Jackson'a [1] göre yapılmış, baydellit mineralinin kesin tespiti için ise Greene-Kelly [2] yöntemi uygulanmıştır.

DTA, TG, XRD kayıtları ile tüm kayaç ve kil boyutu kimyasal analizler Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları Araştırma Merkezi'nde (İstanbul) yapılmıştır. DTA ve TG kayıtları; ısıtma hızı: 10°C /dakika, kağıt hızı: 10mm/dakika şartlarında Netzsch STA Model 429 cihazı ile elde edilmiştir. XRD kayıtlarında ise bilgisayarlı otomatik Rigaku Dmax-2200 kayıt cihazı kullanılmıştır.

## ***III.JEOLOJİ***

Çanakkale ili Ayvacık ilçesi güneydoğusunda bulunan inceleme bölgesinde; Triyas yaşlı birimler ile bentonit oluşumları ve eşyaşlı çökel kayalar içeren Miyosen yaşlı volkanitler bulunur (Şekil 1). Harita alanının güneyinde Kayalar köyü doğusunda dar bir alanda izlenen karbonat (kireçtaşı,kristalize kireçtaşı) blokları kapsayan split, ince

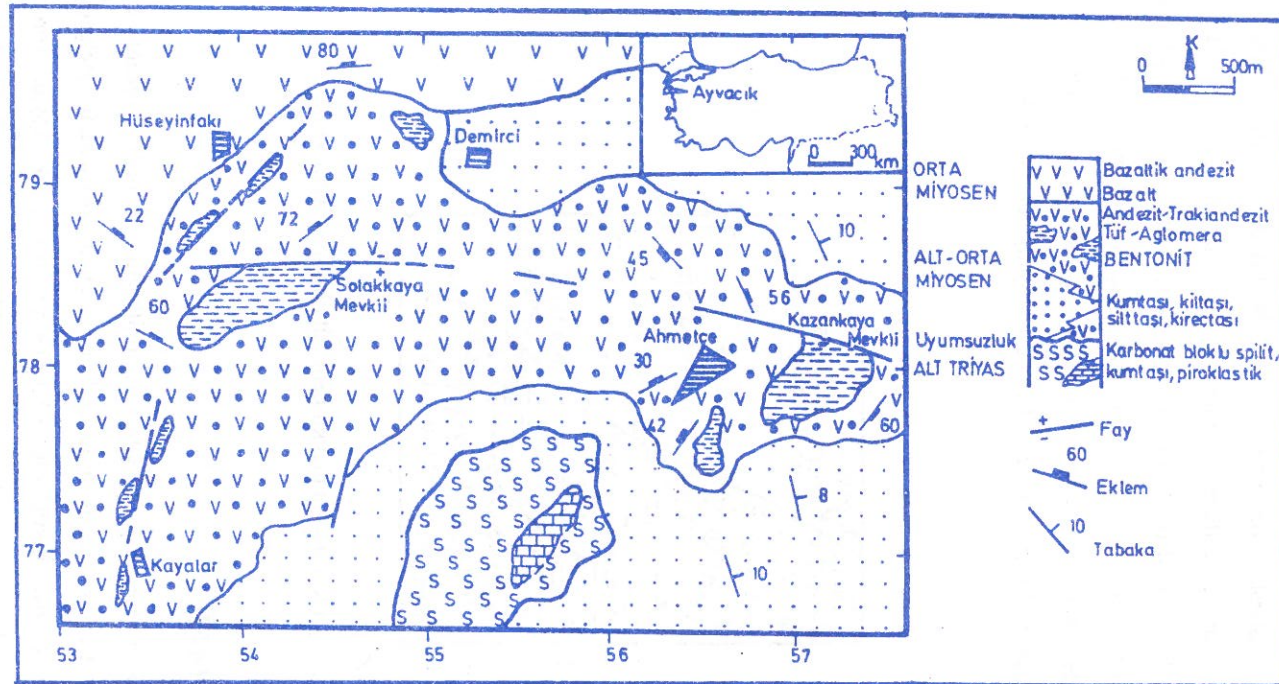


kumtaşı, çamurtaşı ve piroklastiklerden oluşan litolojik topluluk, inceleme alanındaki en yaşlı birimdir. Birim, Biga Yarımadası'nda Bingöl[3], Bingöl ve diğ. [4] tarafından tanımlanan Alt Triyas yaşlı "Karakaya Formasyonu" ile benzer özelliktedir.

Bentonit oluşumlarının bulunduğu Miyosen yaşlı volkanik topluluk, alt kesimlerinde başlıca gri-sarı, kırmızımsı kahverenkli, bol kırık ve çatlaklı, sert, yer yer ayrıışmış andezit, trakiandezit; sarı-açık kahverenkli, ileri derecede ayrıışmış tuf ve aglomeralardan meydana gelir ve gölsel çökeller(ince taneli karbonat çimentolu kumtaşı, silttaşı, kiltası ve killi kireçtaşı) ile girik-merceksel ilişkilidir. Volkanik topluluğun üst kesimleri ise, koyu siyah, sert bazalt, bazaltik andezit ve kısmen trakiandezit lavlarından oluşmuştur. Volkanik topluluğun alt kesimleri Biga Yarımadası'nda Siyako ve diğ. [5] tarafından tanımlanan "Ezine Volkanikleri", Ercan ve diğ.'nin [6]tanımladıkları Alt-Orta Miyosen yaşlı "Behram Volkanitleri" ile benzer özelliklidir. Volkanik topluluğun üst kesimleri ise Orta Miyosen yaşlı "Hüseyinfakı Volkanitleri" nin [6] eşdeğeridir.

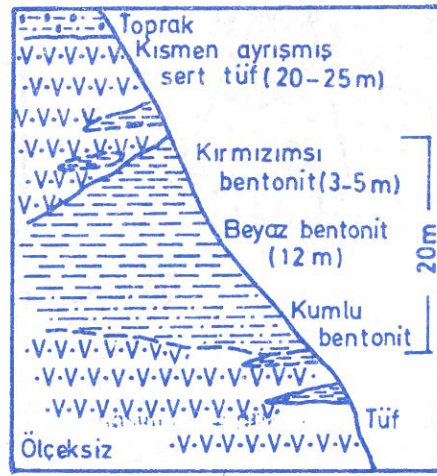
Stratigrafik olarak Miyosen yaşlı volkanik topluluğun orta kesimlerinde bulunan bentonit oluşumları, özellikle Hüseyinfakı köyü güneyinde Solakkaya bölgesinde ve Ahmetçe köyü doğusunda Kazankaya mevkiinde tüfler ile ilişkili oluşumlar şeklindedir. 500-750 metre uzunlukta, kuzeydoğu-güneybatı yönünde izlenen bu iki büyük oluşum dışında Kayalar köyü yöresinde yaklaşık kuzey-güney hattı boyunca, daha küçük (50-100 metre uzunlukta) bentonit oluşumları bulunmaktadır (Şekil 1). Ahmetçe köyü yöresinde kumlu (kristobalit), Hüseyinfakı köyü yöresinde bol demirli, Kayalar köyü yöresinde ise beyaz renkli özellik gösteren bentonit oluşumlarının tümü bölge genelinde çok düzensiz mercekler ve cepler şeklinde yataklanmış olup, farklı kalınlıklar (5-20 metre) gösterirler.

İnceleme bölgesi dahilindeki bentonit oluşumlarının büyük bir kısmı yapısal olarak faylar ile ilişkilidir. Genel olarak kuzeydoğu - güneybatı yönünde dizilim gösteren bentonit oluşumlarında, fay zonlarından uzaklaştıkça düzensiz bir biçimde bentonitleşme (süresiz küçük cepler, mercekler ve kamalar şeklinde) azalmakta ve belirgin bir renk ve mineral zonlanması izlenmektedir. Bölgedeki bentonitleşme ile ilişkili olarak gözenekli kristal tüflerin büyük çoğunluğu, camsal tüflerin de tümü bentonitleşmiştir. Hidrotermal sıvıların tüfler içinde rahatça dolaşabilmesinden dolayı



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası.

özellikle gözenekliliğin fazla olduğu yerlerde tüfler, andezitik kayalara göre daha düzenli bir şekilde bentonitleşmiştir. Andezitler ise içerdikleri çatlak ve kırık sistemlerine bağlı olarak; hidrotermal sıvıların bu çatlak ve kırık sistemleri içinde dolaşabilme durumuna göre düzensiz biçimde bentonitleşme gösterirler. Bu düzensiz bentonitleşmiş alanlarda, dereceli olarak ana kayaca geçiş ve ana kayacın (andezit, trakiandezit) dokusunun çoğunlukla korunmuş olduğu gözlenir. Ayrıca, bentonit oluşumları içinde çeşitli boyutlarda (2-10cm) ayrılmış andezit, trakiandezit, andezitik tüf parçaları bulunur. Ahmetçe bölgesi bentonit oluşumunun taslak kesiti Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Ahmetçe köyü Kazankaya mevkiinde bentonit oluşumunun taslak kesiti.

#### IV. PETROGRAFİ

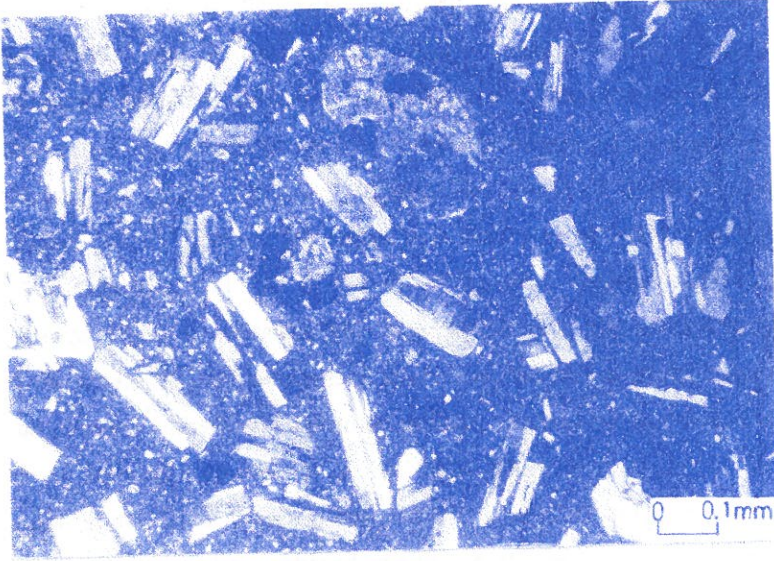
Yapılan mikroskop incelemelerine göre; bentonitleşme ile ilişkili volkanik kayalar andezit, daha az trakitik andezit ile camsal ve kristal tüf bileşimlidir. Bölgede geniş yayılım gösteren ve bazı kesimlerde (Ahmetçe ve Hüseyinfakı köyleri yöresi) ileri derecede ayrılmış olan andezitlerde doku çoğunlukla mikrolitik porfirik (Şekil 3), daha az camsal ve yer yer de trakitik özellik gösterir. İncelemelere göre andezitler;



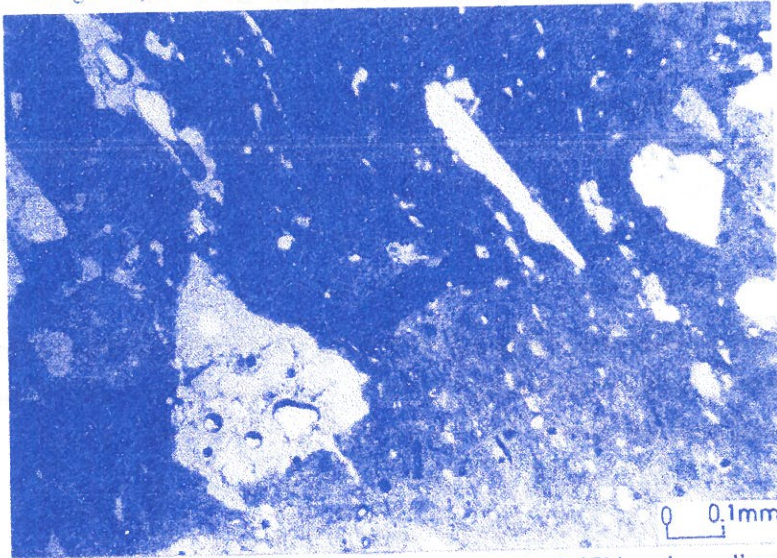
hornblend andezit ve biyotit andezit olarak adlandırılabilir özellikler göstermektedir. Andezitik kayalarda kayaç oluşturan esas mineraller (fenokristaller); plajiyoklas (%65-70), hornblend(%10-15), biyotit(%10) ve piroksen(%5) şeklindedir. Çoğunlukla ince plajiyoklas mikrolitlerinden oluşan hamur maddesi, bazı örneklerde yönlene kazanmış, bazı örneklerde ise büyük ölçüde volkanik camdan meydana gelmiştir. Gerek plajiyoklas mikrolitlerinden ve gerekse volkanik camdan oluşan hamur maddesi büyük oranda değişerek killeşmiş, silisleşmiştir. Yarı öz şekilli, çoğunlukla ayrılmış (killeşmiş) plajiyoklas kristalleri düzensiz dağılımlıdır. Normal zonlanma gösteren plajiyoklaslar andezin (% An:30-40) bileşimlidir. Bentonitleşmenin yoğun olduğu bölgelerdeki andezit ince kesitlerinde, plajiyoklasların tümüyle ayrılarak killeştiği gözlenir. Ortalama %10-15 oranlarında bileşime katılan, öz şekilli-yarı öz şekilli ve tipik kahverengi pleokroizma gösteren hornblend kristallerinin kenarları bazı kesitlerde opak bir zon ile çevrilmiştir. Tipik tek yönde dilinim gösteren öz şekilli biyotit kristalleri bazı kesitlerde koyu kırmızımsı kahverenkli oksibiyotit'e dönüşmüş olarak izlenir ve bazı kesitlerde de biyotitlerin kenarları opak bir zon ile çevrilidir. % 5 oranında bileşime katılan piroksen kristalleri ojit bileşimlidir. Camsal malzemenin hakim olduğu andezitlerde, volkanik cam malzemesi kısmen devitrifiye olarak(Şekil 4) kriptokristalin silis agregatlarına dönüşmüştür. Bu dönüşüm özellikle bentonitik alanlarda artış gösterir.

Andezitik kayalar ile ardışıklı ve girik ilişkili olan tüfler, kristal ile camsal tuf özelliği gösterirler. Camsal tüflerin ince kesitlerinde, özellikle bentonitik alanlara yakın bölgelerdeki örneklerde, camsal malzemenin büyük oranda killeştiği ve bazen de kuvars ve feldspat bileşimli sferolitlere dönüştüğü gözlenmiştir. Bazı kesitlerde saptanan kalsedon minerali ise sıcak suların etkisi ile ikincil olarak oluşmuştur.

Kristal tüflerdeki feldspat kristalleri ve hamur malzemesi büyük oranda killeşmiş, bazen de karbonatlaşmıştır. Kristal tüflerdeki bu killeşme özellikle bentonitik alanlarda yoğun biçimde izlenmektedir.



Şekil 3. Andezin ve bol kapantılı ojit fenokristalleri kapsayan andezit'e ait mikroskop fotoğrafı. Çift Nikol. Örnek Ahmetçe köyü yöresine aittir.



Şekil 4. Hüseyinfakı köyü yöresi örneklerinde, kısmen devitrifiğe olan volkanik cam, biyotit ve plajiyoklas içeren andezitin mikroskop fotoğrafı. Tek Nikol.



## V. KİL BOYUTU İNCELEMELERİ

Bentonit; volkanik cam, kül, tuf gibi magmatik malzemenin yerinde, döterik veya hidrotermal sıvılar etkisiyle kimyasal olarak ayrışması, ayrışan malzemenin yeniden kristallenmesi ile oluşur ve esas olarak smektit grubu kil mineralleri kapsar [7]. Bölgedeki bentonitlerin esas kil boyutu bileşeninin tespit edilebilmesi amacıyla, bentonit örneklerinden kil boyutu elde edilmiş, elde edilen kil boyutu malzeme X-ışınları difraksiyonu (XRD) ile incelenmiştir. XRD ile yapılan incelemelerde bentonitlerdeki kil boyutu bileşeninin esas minerali dioktaedral smektit (montmorillonit)'tir. Bazı örneklerde ise baydellit minerali montmorillonit'e eşlik eden diğer dioktaedral smektit mineralini oluşturur. Kristobalit ve daha az oranda opal-CT mineralleri; kaolinit, illit ve halloysit ile birlikte kil boyutundaki başlıca safsızlıkları oluşturur. Halloysit ve kaolinit özellikle fay zonuna yakın yerlerdeki bentonit örneklerinde izlenir. İnceleme konusu örneklerin kil boyutu mineral bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bentonitlerin kil boyutu mineralojik bileşimleri

- 
- 1- Montmorillonit + Kristobalit + Opal -CT
  - 2- Montmorillonit + Kaolinit + Halloysit
  - 3- Montmorillonit + Kristobalit + İllit
  - 4- Baydellit + Kaolinit + İllit + Kristobalit + Demiroksit(Limonit-Hematit)
- 

İncelenen örneklere ait normal XRD kayıtlarında smektit'e ait (001) yansıması,  $12.61A^{\circ}$  değerindedir. Yönlendirilmiş ve etilen glikol ile doyurulmuş kayıtlarda ise (001) yansıması  $17.31A^{\circ}$  değerine kadar ulaşabilmektedir (Şekil 5). Bu özellikleri ile ilgili XRD kayıtları dioktaedral smektit'e (montmorillonit) aittir.

(001) yansımasına ait pik'in oldukça simetrik ve dar oluşu montmorillonitin iyi kristallendiğine işaret etmektedir. Diğer taraftan bazı örneklerde gözlenen ve yine dioktaedral smektit minerali olan baydellit ise, Greene-Kelly [2] yöntemi ile tespit

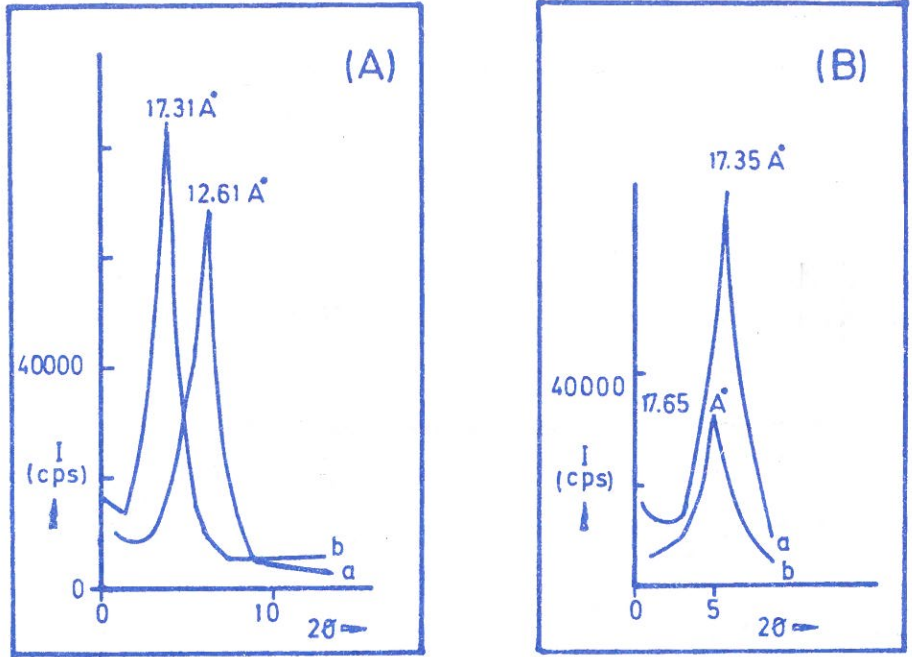


edilmiştir. Buna göre etilen glikol ile işlem görmüş baydellit'e ait XRD kaydında (001) yansıması  $17.35A^\circ$  olarak, Greene-Kelly [2] yöntemine göre hazırlanarak gliserol ile şişirilmiş XRD kayıtlarında ise bu değer  $17.65 A^\circ$  olarak tespit edilmiştir (Şekil 5). Bu özellikler baydellit mineralini tanımlamaktadır [2,8]. Özellikle camsal tüfler ile ilişkili olan bentonit oluşumları içinde en yaygın safsızlık kristobalit olduğu için, yönlenmemiş örneklerin kayıtlarındaki integral pik alanları hesaplanmış ve birbirlerine oranlanmak suretiyle yarı kantitatif mineral incelemesinde kristobalit oranı yaklaşık % 6 olarak hesaplanmıştır [9].

Bentonitin ana bileşeni olan montmorillonit mineralinin termal özellikleri Şekil 6 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'de görüleceği gibi, DTA eğrilerinde  $135^\circ C$  ve  $145^\circ C$ 'de görülen ilk endotermik pikler, montmorillonit mineraline ait dehidrasyonu (tabakalararası su çıkışı) belirtmektedir [10,11]. Montmorillonit'e ait kristal yapı suyunun (OH), yapıdan uzaklaşması ise  $400-700^\circ C$  arasındaki sıcaklıklarda meydana gelir. Bu sıcaklık aralığında oluşan endotermik pikler, montmorillonit bileşimine göre değişik yerlerde dir [12].

İncelenen bentonit örneklerinde kristal yapı suyunun (OH) çıkışı  $600^\circ C$  ve  $670^\circ C$ 'de meydana gelmektedir. DTA eğrilerinde  $800^\circ C$  ve  $880^\circ C$ 'de gözlenen diğer iki endotermik pik ise, montmorillonit'in yapı suyunu tümüyle kaybettiğini ve susuz yapının oluştuğunu belirtir [12]. Örneklerdeki  $918^\circ C$  ve  $920^\circ C$  ekzotermik pikleri yeni faz oluşumları ile ilgilidir (Çizelge 2, Şekil 6). Termogravimetri (TG) eğrilerinde  $185^\circ C$  civarında montmorillonit'in tabakalararası suyunun çıkışı ile beraber ilk ağırlık kaybı meydana gelmiştir. İncelenen örneklerde ikinci ağırlık kaybı ise yaklaşık olarak  $600^\circ C$  ile  $800^\circ C$  arasında gerçekleşmektedir (Şekil 6).

İnceleme alanında, Ahmetçe, Hüseyinfakı, Demirci ve Kayalar köyleri yöresindeki bentonit oluşumlarından alınan sekiz adet örneğin tüm kayaç ve kil boyutu kimyasal analizleri (Çizelge 3) yapılarak ikisi arasındaki ilişki araştırılmıştır (Şekil 7). Kimyasal analiz sonuçlarında (Çizelge 3) görüleceği gibi, %  $SiO_2$  değerleri tüm



Şekil 5. Bentonitin esas minerali olan montmorillonit ve baydellit'e ait X- ışınları (XRD)difraktogramı (örnekler Ahmetçe köyü yöresine aittir)A:montmorillonit, (a:normal, b: etilen glikollü çekim), B: baydellit (a: etilen glikollü, b: Greene-Kelly (2)yöntemi ile hazırlanarak gliserol ile işlem görmüş çekim).

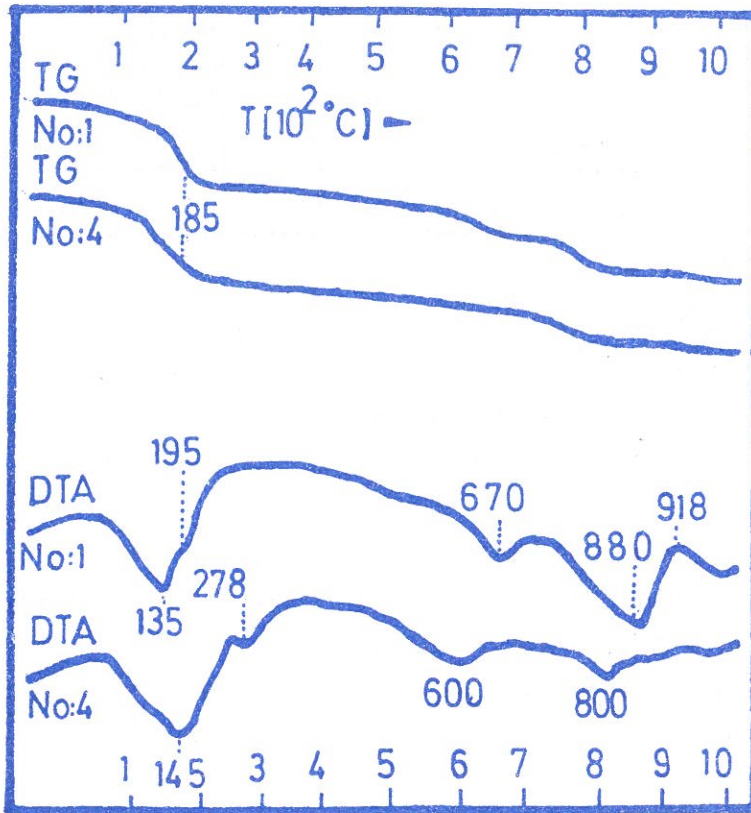
kayaç örneklerinde kil boyutundakinden daha yüksek değerler gösterir. Bentonit içindeki kuvars, kristobalit, feldspat gibi safsızlıklar tüm kayaçtaki % SiO<sub>2</sub> değerlerinin yüksek olmasına neden olmuştur. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> analizleri tüm kayaç ve kil boyutunda değişik değerler gösterir. Toplam demir (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) değerleri özellikle 3,5,7 no'lu örneklerde yüksektir. Toplam demirin yüksek oluşu bentonitleşme sırasındaki demirli hidrotermal sıvıların etkisiyle ilgili olmalıdır. Kil boyutundaki (3,5,8 no'lu örnekler) yüksek K<sub>2</sub>O değerleri illit etkisiyle açıklanabilir. CaO ve (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) değerleri ve değişim eğrileri dikkate alındığında, tüm kayaçtaki yüksek kalsiyum değerleri bentonitte değişik oranlarda bulunabilen feldspatlar (plajiyoklas) ile ilişkilidir.



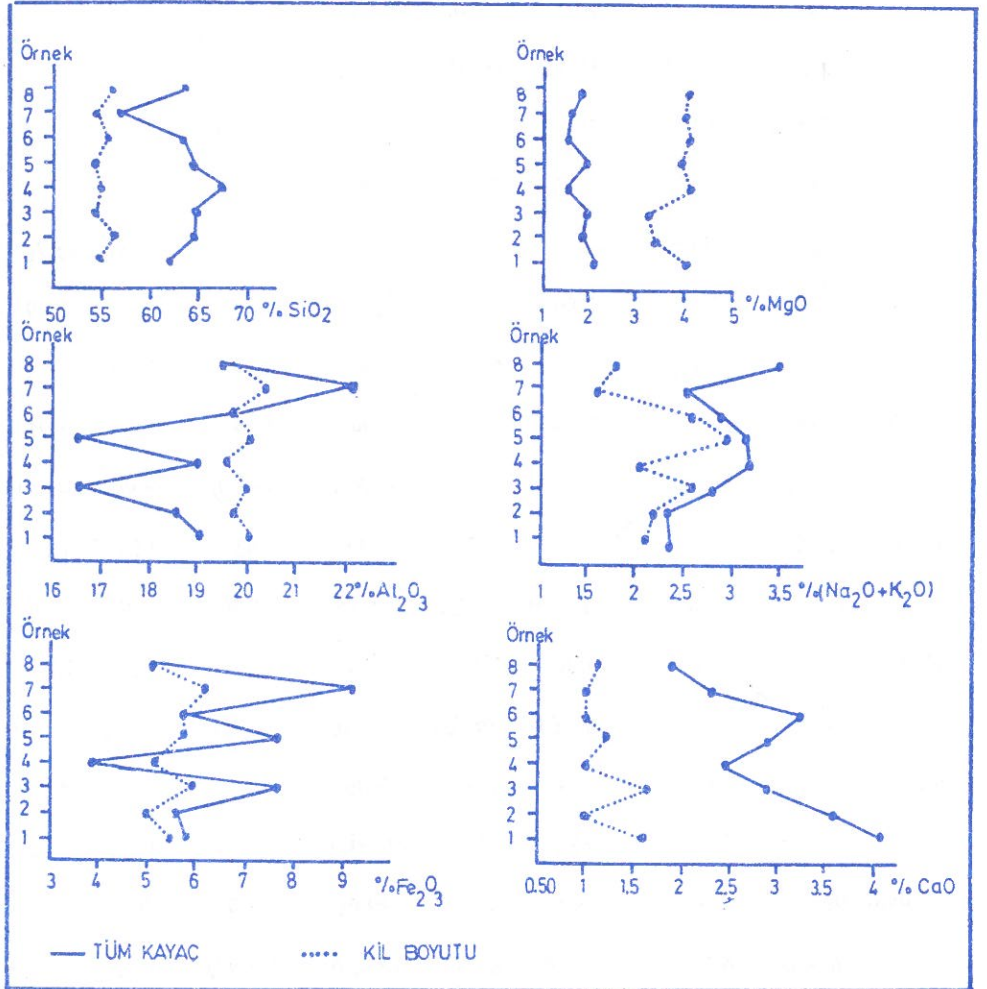
Çizelge 2. Montmorillonit DTA verileri ( $^{\circ}\text{C}$ )

Örnek No	Endotermik Reaksiyonlar		Ekzotermik Reaksiyon
	Dehidrasyon	(OH) kaybı	
1.....	135.....	670.....	920
	195.....	880	
4.....	145.....	600.....	918
	195.....	800	

No:1 Ahmetçe yöresi bentoniti; No:4 Hüseyinfakı yöresi bentonitine aittir.



Şekil 6. Montmorillonit'e ait DTA ve TG eğrileri (No:1 Ahmetçe yöresi; No:4 Hüseyinfakı yöresine aittir.).



Şekil 7. Kimyasal analiz, % oksit değerlerinin tüm kayac ve kil boyutundaki değişimi.



Çizelge 3. Bentonit örneklerinin tüm kayaç ve kil boyutu kimyasal analiz sonuçları

(% Ağırlık)

Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	62.01 (54.90)	64.76 (55.15)	64.33 (54.58)	67.60 (55.02)	64.3 (54.64)	33.28 (55.26)	56.21 (54.88)	63.80 (56.10)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.15 (20.10)	18.62 (19.85)	16.42 (20.05)	19.03 (19.56)	16.42 (20.08)	19.81 (19.75)	22.32 (20.45)	19.45 (19.65)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.71 (5.55)	5.57 (5.06)	7.73 (5.95)	3.82 (5.15)	7.83 (5.84)	5.84 (5.80)	9.34 (6.28)	5.10 (5.20)
CaO	4.07 (1.58)	3.62 (0.96)	2.89 (1.72)	2.39 (0.98)	2.89 (1.18)	3.33 (0.95)	2.28 (1.02)	1.89 (1.12)
MgO	2.06 (4.15)	1.91 (3.35)	1.94 (3.20)	1.48 (4.14)	1.94 (3.87)	1.48 (4.10)	1.53 (3.96)	1.91 (4.05)
K <sub>2</sub> O	1.26 (1.30)	1.25 (1.20)	1.96 (1.75)	1.73 (1.25)	1.96 (1.85)	1.65 (1.60)	0.55 (1.48)	1.68 (1.88)
Na <sub>2</sub> O	1.08 (0.85)	1.10 (1.02)	0.86 (0.85)	1.45 (0.78)	1.20 (1.10)	1.23 (0.98)	1.95 (1.15)	1.80 (0.92)
KK	3.90 (9.28)	3.07 (9.95)	3.45 (9.10)	2.45 (11.15)	3.09 (11.04)	3.15 (10.28)	5.54 (10.75)	4.09 (11.50)
Toplam	99.30 (88.43)	99.90 (86.59)	99.58 (88.10)	99.95 (86.88)	99.66 (88.56)	99.97 (88.44)	99.72 (89.22)	99.72 (88.92)

KK: Kızdırma kaybı, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ise toplam demir'i ifade etmektedir. 1,2,3 No'lu örnekler Ahmetçe; 4,5 No'lu örnekler Hüseyinfakı; 6,7 No'lu örnekler Kayalar ve 8 No'lu örnek Demirci köyleri yöresindeki oluşumlara aittir. Parantez içindeki değerler "Kil Boyutu" analiz sonuçlarıdır.

## VI. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ayvacık (Çanakkale) yöresindeki bentonit oluşumları üzerinde yapılan jeolojik, mineralojik ve kimyasal incelemeler bentonitlerin; bölgede geniş yayılım gösteren Erken-Orta Miyosen yaşlı kalkalkalen volkanizma[6] ürünü andezitik kayalar ile tüflerin yerinde bozuşması sonucunda oluştuklarını belirtmektedir. İnceleme alanı ve yakın çevresinde doğu-batı doğrultulu faylara bağlı olarak gelişmiş çatlaklar içinde yükselen ve 150-225 °C sıcaklığa sahip[13] hidrotermal sıvılar, volkanik kayaları yerinde ayrıştırmıştır (hidrotermal neoformasyon). Hidrotermal neoformasyon; volkanik cam yönünden zengin malzemenin hidrotermal sıvılar etkisiyle devitrifiye olması ve hidratlaşarak smektit minerallerinin (montmorillonit-baydellit) kristallenmesi şeklinde meydana gelmiştir.

Bölgedeki killeşme (bentonitleşme) yaygınlığını esas olarak volkanik kayaların bileşimi, gözenekliliği ve hidrotermal sıvıların bileşimi (sıcak su ve buhar bileşimi) etkilemiş, buna bağlı olarak özellikle volkanik cam yönünden zengin camsal tüfler hidrotermal akışkanlar etkisiyle devitrifiye olarak smektit'e dönüşmüştür. Volkanik camın devitrifikasyonu sonucunda; sıcaklık, basınç, camın bileşimi ve camı etkileyen sıvı bileşimi gibi parametrelere bağlı olarak kristobalit, (nadiren) tridimit, kuvars ve alkali feldspat mineralleri oluşabilmektedir [14]. İnceleme konusu bentonitler içinde tespit edilen kristobalit (ortalama % 6 oranında) ve bazı oluşumlarda gözlenen kuvars, bölgedeki devitrifikasyon sonucunda açığa çıkan silisten itibaren oluşmuş olmalıdır. Benzer olarak kil boyutu kimyasal analiz sonuçlarında bazı örneklerdeki (3,5,8 No'lu örnekler) yüksek potasyum değerleri, devitrifikasyon ile ilişkili olarak alkali feldspat kristallenmesine işaret edebilir[14].

Camsal malzeme içermeyen diğer gözenekli kristal tüf ve andezitlerin bozularak killeşmesi(bentonitleşmesi)ise, bu kayaların gözeneklilik ve kırıklılığına bağlı olarak gelişmiştir. Gözenekli kristal tüfler içinde sersbestçe dolaşabilen hidrotermal sıvılar bu birimlerin büyük ölçüde bentonitleşmesine neden olmuştur. Andezitler ise çatlak ve kırık sistemlerine bağlı olarak; düzensiz olarak bentonitleşmiştir ve bentonit içinde yer yer görülen ayrışmamış feldspatlar, orijinal kayadaki feldspatların tümüyle killeşmediğini göstermektedir. Diğer yandan, gerek feldspatların (plajiyoklaslar)



bozuşması ve gerekse hidrotermal sıvılar ile ortama kalsiyum getirmiş olması, fazla Ca, ortamda kalsit oluşumuna neden olmuştur. X-ışınları difraksiyon (XRD) incelemelerine göre, bentonitlerin kil boyutu esas minerali dioktaedral smektit'tir (montmorillonit-baydellit). Montmorillonit bölgedeki tüm bentonit oluşumlarında görülürken, baydellit ise belirli yerlerde (Hüseyinfakı köyü yöresi bentonit oluşumları) izlenmektedir. Bunların dışında; kaolinit, illit ve halloysit diğer kil boyutu bileşenler olarak bileşime girmişlerdir. Kristobalit ve zaman zaman da opal-CT kil boyutundaki; feldspat, kalsit, kuvars gibi mineraller de tüm kayaçtaki başlıca safsızlıklar olarak bentonit bileşimine girmişlerdir.

Hidrotermal etkinin bulunduğu bentonitlerde smektit esas alterasyon ürünü kil minerali olarak oluşabilir. Buna kaolinit, halloysit, illit, serisit gibi mineraller eşlik eder ve tüm bu mineraller belirgin bir zonlanma gösterebilir [7,15,16]. İnceleme bölgesinde faylar ile ilişkisi bulunan bentonit oluşumlarından özellikle Hüseyinfakı köyü yöresindeki yataklarda, belirgin bir mineral zonlanması bulunmaktadır. Bu mineral zonlanması alttan üste doğru, 1)Kaolinit+ Dioktaedral Smektit (Montmorillonit) + Kuvars,2) Dioktaedral Smektit (Montmorillonit-Baydellit)+Kristobalit+Opal-CT,3Yoğun demiroksit+Feldspat+Kalsit şeklindedir. Bu zonlanmada Kaolinit yanında yer yer Halloysit bulunmaktadır. Ayrıca, bölgedeki bentonit oluşumlarının yapısal olarak faylar ile ilişkili bulunması; düzensiz merccekler, cepler halinde yataklanması, hidrotermal etkinin varlığını belirten diğer verilerdir.

## **KAYNAKLAR**

- [1] M.L.Jackson, *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1958.
- [2] R.Greene-Kelly, " The Identification of Montmorillonoids In Clays". *J.Soil Science*,4,p:233-237,1953.
- [3] E.Bingöl. "*Contribution a L'etude geologique de la Partie Centrale et sud-est du massif de Kazdağ(Turquei)*". Doktora tezi, Nancy Uni.,190s.(yayınlanmamış), Fransa,1968.
- [4] E.Bingöl, B.Akyürek ve B. Korkmazer, "Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri", *Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri Kitabı*, Ankara,ss:70-76,1973.

bozuşması ve gerekse hidrotermal sıvılar ile ortama kalsiyum getirmiş olması, fazla Ca, ortamda kalsit oluşumuna neden olmuştur. X-ışınları difraksiyon (XRD) incelemelerine göre, bentonitlerin kil boyutu esas minerali dioktaedral smektit'tir (montmorillonit-baydellit). Montmorillonit bölgedeki tüm bentonit oluşumlarında görülürken, baydellit ise belirli yerlerde (Hüseyinfakı köyü yöresi bentonit oluşumları) izlenmektedir. Bunların dışında; kaolinit, illit ve halloysit diğer kil boyutu bileşenler olarak bileşime girmişlerdir. Kristobalit ve zaman zaman da opal-CT kil boyutundaki; feldspat, kalsit, kuvars gibi mineraller de tüm kayadaki başlıca safsızlıklar olarak bentonit bileşimine girmişlerdir.

Hidrotermal etkinin bulunduğu bentonitlerde smektit esas alterasyon ürünü kil minerali olarak oluşabilir. Buna kaolinit, halloysit, illit, serisit gibi mineraller eşlik eder ve tüm bu mineraller belirgin bir zonlanma gösterebilir [7,15,16]. İnceleme bölgesinde faylar ile ilişkisi bulunan bentonit oluşumlarından özellikle Hüseyinfakı köyü yöresindeki yataklarda, belirgin bir mineral zonlanması bulunmaktadır. Bu mineral zonlanması alttan üste doğru, 1)Kaolinit+ Dioktaedral Smektit (Montmorillonit) + Kuvars,2) Dioktaedral Smektit (Montmorillonit-Baydellit)+Kristobalit+Opal-CT,3Yoğun demiroksit+Feldspat+Kalsit şeklindedir. Bu zonlanmada Kaolinit yanında yer yer Halloysit bulunmaktadır. Ayrıca, bölgedeki bentonit oluşumlarının yapısal olarak faylar ile ilişkili bulunması; düzensiz mercerler, cepler halinde yataklanması, hidrotermal etkinin varlığını belirten diğer verilerdir.

## **KAYNAKLAR**

- [1] M.L.Jackson, *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1958.
- [2] R.Greene-Kelly, " The Identification of Montmorillonoids In Clays". *J.Soil Science*,4,p:233-237,1953.
- [3] E.Bingöl. "*Contribution a L'etude geologique de la Partie Centrale et sud-est du massif de Kazdağ(Turquei)*". Doktora tezi, Nancy Uni.,190s.(yayınlanmamış), Fransa,1968.
- [4] E.Bingöl, B.Akyürek ve B. Korkmazer, "Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri", *Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri Kitabı*, Ankara,ss:70-76,1973.

- [5] M.Siyako, A.K.Bürkan ve A.İ.Okay, "Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon olanakları". *TPJD Bülteni*, Ankara, Cilt:1/3, ss:183-199, 1989.
- [6] T.Ercan, M.Satır, G.Steinitz, A.Dora, E.Sarıfakıoğlu, C.Adıs, H.J.Walter ve T.Yıldırım, "Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri". *MTA Dergisi*, Ankara, cilt:117, ss:55-86, 1995.
- [7] R.E.Grim and N.Güven, *Bentonites: Geology, Mineralogy, Properties and Uses. Developments in Sedimentology*, 24, Elsevier, 1978.
- [8] H.Yamada, H.Nakazawa, K.Yoshioka and T.Fujita, "Smectites in the Montmorillonite-Beidellite Series". *Clay Minerals*, vol.:26, p:359-369, 1991.
- [9] D.R.Peaver and F.Mumpton, *Quantitative Mineral Analysis of Clays*. Published by The Clay Minerals Society, USA, 1989.
- [10] R.E.Grim, *Clay Mineralogy*. Mc Graw Hill, New York, 1953.
- [11] O.Özkan ve H.Erkalfa, *Türkiye'deki Ticari Bentonit Kollarının Özellikleri ve Kullanılış Alanlarının Tespiti*. TÜBİTAK Yayını, Gebze, Kocaeli, 1977.
- [12] R.E.Grim, *Applied Clay Mineralogy*. Mc Graw Hill, New York, 1962.
- [13] A.İ.Gevrek, M.Şener ve T.Ercan, "Çanakkale-Tuzla Jeotermal Alanının Hidrotermal Alterasyon Etüdü ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi". *MTA Dergisi*, Ankara, Sayı :103-104, ss:55-81, 1984.
- [14] R.A.F.Cas and J.V.Wright, *Volcanic Successions*. Chapman-Hall, London, 1992.
- [15] G.M.Schwartz, "Hydrothermal Alteration". *Econ.Geol.*, V:54, pp:161-183, 1959.
- [16] B.Velde, *Clay Minerals. A Physico-Chemical Explanation of Their Occurrence. Developments in Sedimentology*, 40, Elsevier, 1985.