



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MENDERES MASİFİ'NİN GÜNEYBATI
KANADINDAKİ (AYDIN-MUĞLA) DİASPOR
OLUŞUMLARININ JEOLojİK, JEOKİMYASAL
VE GEMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Eyyüp Hikmet KINACI

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

ŞUBAT-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Eyyüp Hikmet KINACI tarafından hazırlanan “**Menderes Masifi’nin Güneybatı Kanadındaki (Aydın-Muğla) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması**” adlı tez çalışması 28/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

Danışman

Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK

Üye

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Üye

Doç. Dr. Arif DELİKAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan Yabgu HORASAN

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması KTÜN BAP koordinatörlüğü tarafından 201107007 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Eyyüp Hikmet KINACI

18.02.2022

ÖZET

DOKTORA TEZİ

MENDERES MASİFİ'NİN GÜNEYBATI KANADINDAKİ (AYDIN-MUĞLA) DİASPOR OLUŞUMLARININ JEOLojİK, JEOKİMYASAL VE GEMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Eyyüp Hikmet KINACI

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK

2022, 181 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK

Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Doç. Dr. Arif DELİKAN

Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan Yabgu HORASAN

Çalışma Muğla ilinin batısında bulunan Yatağan ilçesi ve Aydın ilinin güneyinde kalan alanları içeren yaklaşık 174 km²'lik bir bölgeyi kapsamaktadır. İnceleme alanını Menderes Masifi'nde bulunan boksit ocakları ve diaspor yatakları oluşturmaktadır. Bu tez çerçevesinde bölgedeki boksit madenlerinin içinde yer alan diaspor ve bunlara eşlik eden diğer minerallerin mineralojik ve kristalografik özelliklerinin belirlenmesi, oluşum koşullarının-biçiminin irdelenmesi, diasporun gemolojik özelliklerinin ve renklenmesinin saptanması amaçlanarak 10 farklı bölgeden toplam 45 farklı numune derlenmiştir. Çalışma alanındaki boksit yatakları Göktepe ve Yatağan formasyonu içerisinde beyaz renkli kristalize kireçtaşı (Alt/Geç Triyas) ile gri-boz renkli kristalize kireçtaşı (Üst/Jura-Kretase) contağındaki uyumsuzluk boyunca görülmektedir. Yataklar genellikle KB - GD yönünde uzanım göstermekte ve boksit numuneleri masif, pisolitik ve oolitik doku özellikleri göstermektedirler. Bafa gölünden başlayıp Yatağan'a doğru kesik kesik yay şeklinde ilerleyen boksit yatakları içerisinde farklı boy ve renklerde bulunan diaspor kristalleri ülkemize özgüdür. İnceleme alanında diaspor oluşumları makro olarak genellikle kalsit, muskovit ve kloritoid mineralleri ile birlikte kristalize kireçtaşları, boksit ve altere zonları içerisinde merceksi, breşik, çatlak ve cepler halinde gözlenmiştir. Diasporlar Milas civarında genellikle levha halinde Yatağan civarında ise genellikle küçük ve kıvrangıç kuyruğu yapısında gözlenmiştir.

Boksit oluşum süreçlerini ortaya çıkarmak için ana ve eser elementlerin özellikleri ve dağılımları incelenmiş ve Al₂O₃/SiO₂ oranına (1.0-61.3) göre Al içeriği fazla olan killi/kırıntılı metamorfik-magmatik kayaların boksit oluşumuna kaynaklık sağladığı ve zenginleşmenin birden fazla kez tekrarlandığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca inceleme alanındaki boksit ve diaspor numunelerinin Zr, Cr ve Ga içeriklerinin karşılaştırılmasında, boksit oluşumlarının ortaç magmatik veya killi bileşime sahip bir ana kayaya sahip olduğu ve diaspor oluşumlarının ise alanlar dışında ultrabazik-bazik özelliklere yakın veriler sunduğu gözlemlenmiştir.

İnceleme alanındaki numunelerin nadir toprak element (NTE) değerlendirmesine göre, boksit numunelerinde La/Y oranının 1'in üzerinde, diaspor numunelerinde La/Y oranının Pınarcık (PI) bölgesinde 1'in üzerinde; Soda (SO) ve Yatağan (YA) bölgelerinde ise 1'in altında olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre Boksit ve Pınarcık diaspor oluşumlarının alkali ortam şartlarında, Soda (SO) ve Yatağan (YA)

bölgelerindeki diaspor oluşumlarının ise asidik ortam şartlarında oluştuğu tespit edilmiştir. Boksit ve diaspor oluşumları üzerinde yapılan Ce/Ce* (NASC) değerlendirilmesine göre her iki oluşumun da oksijen bakımından fakir bir ortamda (anoksik) ve boksit oluşum süreçlerinin yavaş, diaspor oluşum süreçlerinin ise hızlı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca Eu/Eu* (PASS) değerlendirmesine göre ise oluşumların/çözeltilerin muhtemelen uzak bir volkanik kaynaktan türeyen rüzgarla/su (?) ile taşınan magmatik malzemenin bir karışımı/türetilen baskın kırıntılı malzeme ürünü (Menderes Masifi'ne ait magmatikler, şist-fillit ve mafik sokulumlar) olduğu düşünülmüştür.

Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu Alp-Himalaya orojenik kuşağında (Akdeniz bölgesi de dahil olmak üzere, Güneydoğu Fransa'dan İran'a kadar) Permo-Triyas ve Geç Kretase (Senomaniyen-Turonien) aralığında çeşitli jeolojik oluşumlar meydana gelmiştir. Menderes platformunun evrimi; Geç Kratese'de kuzeye doğru eğimli, okyanus içi bir yitim boyunca Neo-Tetis okyanusunun kapanmasının başlamasıyla ilişkin çökme ve ofiyolitik kayaçların bindirme süreci ilgili olaylar olarak ifade edilmektedir.

Bölgedeki boksitlerin ise tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5-10 kb basınç ve 500-620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gibsit ve böhmitlerin diaspor ve korunda dönüşürken demirli bileşiklerin manyetite, killerin de muskovit ve kloritoyid gibi minerallere dönüştüğü düşünülmüştür.

İnceleme alanındaki diasporlardaki renk değişimlerinde nadir toprak ($\Sigma\text{ANTE} > \Sigma\text{MNTE}$) ve kromofor özellikteki elementlerin (Cr^{3+} , V^{3+} ve Fe^{2+} - Ti^{4+} çiftleri) etken olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda ise Sodra, Yatağan ve Pınarcık bölgesi numunelerinin ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği görülmüş, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin varlığı da tespit edilmiştir.

Derlenen numunelerin süstaşı olarak değerlendirilebileceği görülerek şekillendirilmiş ve şekillendirme esnasında firenin sebepleri gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Boksit, diaspor, gemoloji, metamorfizma, süstaşı

ABSTRACT

PhD THESIS

INVESTIGATION OF THE GEOLOGICAL, GEOCHEMICAL AND GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIASPORES FORMATIONS OF THE MENDERES MASSIF IN THE SOUTHWEST SIDE (AYDIN-MUĞLA)

Eyyüp Hikmet KINACI

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Dr. Lecturer Alican ÖZTÜRK

2022, 181 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Alican ÖZTÜRK

Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Assoc. Prof. Dr. Arif DELİKAN

Dr. Lecturer Bilgehan Yabgu HORASAN

The study covers an area of approximately 174 km², which includes the Yatağan district in the west of Muğla province and the areas in the south of Aydın province. The study area consists of bauxite quarries and diaspora deposits in the Menderes Massif. Within the framework of this thesis, a total of 45 different diaspora samples were compiled from 10 different regions with the aim of determining the mineralogical and crystallographic properties of the diaspora and other accompanying minerals in the bauxite mines in the region, examining the formation conditions-form, and determining the gemological properties/characteristics and coloration of the diaspora. Bauxite deposits in the study area within Göktepe and Yatağan formations are observed along the unconformity in the contact of white crystallized limestone (Lower/Late Triassic) and gray-grey colored crystallized limestone (Upper/Jura-Cretaceous). The deposits generally extend in the NW - SE direction and the samples show massive, pisolithic and oolitic texture features. Diaspora crystals, which are found in different sizes and colors in bauxite deposits starting from Bafa Lake and progressing in the form of an intermittent arc towards Yatağan, are unique to our country. In the study area, diaspora formations were observed in macro scale, generally as lenticular, brecciated, cracked and pockets in crystallized limestones, bauxite and altered zones together with calcite, muscovite and chloritoid minerals. Diaspores are generally observed in the form of plates around Milas, and generally in small and swallow-tail structure around Yatağan.

In order to reveal the bauxite formation processes, the properties/characteristics and distributions of major and trace elements were examined and it was revealed that the clayey/clastic metamorphic-igneous rocks with higher Al content according to the Al₂O₃/SiO₂ ratio (1.0-61.3) were the source of bauxite formation and the enrichment was repeated more than once. In addition, the comparison of Zr, Cr and Ga contents of bauxite and diaspora samples in the study area showed that bauxite formations have a bedrock with medium magmatic or clayey composition, and diaspora formations provide data close to ultrabasic-basic properties outside the areas.

According to the rare earth element (NTE) evaluation of the samples in the study area, the La/Y ratio in bauxite samples is over 1, and the La/Y ratio in diaspora samples is over 1 in Pınarcık (PI) region; it was determined below 1 in Sodra (SO) and Yatağan (YA) regions. According to these data, it has been determined that bauxite and Pınarcık diaspora formations are formed in alkaline environment conditions,

and diasporite formations in Sodra (SO) and Yatağan (YA) regions are formed in acidic environment conditions. According to the Ce/Ce* (NASC) evaluation on bauxite and diasporite formations, it was determined that both formations occurred in an oxygen-poor environment (anoxic), and bauxite formation processes were slowly and diasporite formation processes were rapidly. In addition, according to the Eu/Eu* (PASS) assessment, the formations/solutions were thought to be a mixture/predominant clastic material product (magmatics, schist-phyllite and mafic intrusions of the Menderes massif) of wind/water (?) borne magmatic material, possibly derived from a distant volcanic source.

Various geological formations occurred in the Permo-Triassic and Late Cretaceous (Cenomanian-Turonian) ranges in the Alpine-Himalayan orogenic belt (including the Mediterranean region, from Southeastern France to Iran), including the study area. The evolution of the Menderes platform; it is expressed as events related to the subduction and thrusting process of ophiolitic rocks related to the beginning of the closing of the Neo-Tethys ocean during a northward dipping, intraoceanic subduction in the Late Cretaceous.

It is thought that the bauxites in the region were buried due to tectonic movements and underwent metamorphism at a depth of approximately 10-25 km, pressure of 5-10 kb and temperature of 500-620 °C. It is thought that with this metamorphism, gibbsite and boehmite transformed into diasporite and corundum, ferrous compounds turned into magnetite, and clays into such as minerals muscovite and chloritoid.

It was determined that rare earth elements ($\Sigma\text{HREE} > \Sigma\text{REE}$) and chromophore elements (Cr^{3+} , V^{3+} and Fe^{2+} - Ti^{4+} pairs) were effective in color changes in diasporites in the study area.

As a result of SEM imaging and EDS analyzes, it was observed that the samples of Sodra, Yatağan and Pınarcık region mainly contain O, Al and Si, and in addition to these elements the presence of K, Na, Fe, Ca and Mg was detected in close-ups.

The collected specimens were identified as gemstones, for this reason the specimens were shaped and the causes of wastage were observed.

Keywords: Bauxite, diasporite, gemmology, gemstone, metamorphism

ÖNSÖZ

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2015-2022 akademik yılları arasında "Doktora Tezi" olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının tamamlanmasında bilgisi, zamanı, emeği ve sabrı ile yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK'e; değerli görüşleri ve eleştirileri ile bu tezin şekillenmesini sağlayan değerli jüri üyeleri Prof. Dr. Yaşar KIBİCİ ve Prof. Dr. Fetullah ARIK'a; doktora programına başlamamı teşvik edip doktora süresince de yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR, Jeoloji Yüksek Mühendisi Şükrü Yavuz PINARKARA, Dr. Öğr. Üyesi H. Alim BARAN ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Şükrü ARSLAN'a; petrografi çalışmalarında görüş ve desteklerini aldığımız Dr. Öğr. Üyesi Gürsel KANSUN'a; genel jeoloji çalışmalarında görüş ve desteklerini aldığımız Doç. Dr. Arif DELİKAN'a; tez yazımında çok büyük katkılarını gördüğüm Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan Yabgu HORASAN ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Evren SOLGUN'a; arazi çalışmalarında büyük yardımları dokunan Vejdi ZİYANSIZ, Merhum Veli ÖZTÜRK ve Murat YENEN'e, atölye çalışmalarına yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Erhan TURHAL'a teşekkürü borç bilirim.

Eyyüp Hikmet KINACI
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Çalışmanın Önemi	1
1.3. Coğrafi Konum	2
1.4. Boksit Hakkında Genel Bilgiler ve Boksitlerin Jenezi	3
1.4.1. Boksit Yataklarının Sınıflandırılması	7
1.5. Dünya Boksit Yataklarına Genel Bir Bakış	10
1.6. Türkiye Boksit Yatakları ve Özellikleri.....	16
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	18
2.1. Bölgesel-Yapısal Jeolojik, Petrografik, Petrolojik ve Hidrojeolojik Çalışmalar .	18
2.2. Boksit ve Diaspor ile İlgili Dünya’da Yapılan Yakın Zamanlı Çalışmalar	28
2.3. Boksit ve Diaspor İle İlgili Türkiye’de Yapılan Çalışmalar	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	39
3.1. Hazırlık Çalışmaları	39
3.2. Arazi Çalışmaları	39
3.3. Laboratuvar Çalışmaları	40
3.3.1. Mineralojik-Petrografik çalışmalar	41
3.3.2. Ana, iz ve nadir toprak element analizleri	41
3.3.3. Laboratuvar çalışmaları sırasında kullanılan makine ve ekipmanlar.....	42
3.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı	53
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE BULGULAR.....	54
4.1. Genel Jeoloji	54
4.2. Bölgesel Jeoloji.....	58
4.3. Yapısal Jeoloji.....	59
4.4. Jeolojik Evrim ve Magmatizma	60
4.5. Petrografi ve Metamorfizma	63
4.5.1. Düşük dereceli metamorfik zon	65
4.5.2. Orta dereceli metamorfik zon	66
4.5.3. Yüksek dereceli metamorfik zon	66
4.5.4. Yankayaç petrografisi	67

4.6. Jeokimya	69
4.6.1. Nadir Toprak Elementleri jeokimyası.....	77
4.6.2. Diaspor jeokimyası	86
4.7. Diaspor Yatakları	88
4.7.1. Kurudere bölgesi.....	89
4.7.2. Çırpı üst (Yatağan Kırmızı)/ Çırpı alt (Yatağan kırmızı)	90
4.7.3. Södra bölgesi.....	92
4.7.4. Pınarcık bölgesi.....	93
4.7.5. Kozagaç, Yatağan-Muğla	95
4.7.6. Gümüşlük, Milas/Muğla	95
4.7.7. Hisarcık, Milas/Muğla	96
4.7.8. Ovakışlacık, Milas/Muğla.....	97
4.7.9. Damlıboğaz.....	98
4.7.10. Savran	100
4.7.11. Çamlıca- Bencik	101
4.8. SEM-EDS Çalışmaları.....	102
4.8.1. Södra bölgesine ait SEM-EDS görüntüleri.....	103
4.8.2. Yatağan bölgesine ait SEM-EDS görüntüleri.....	105
4.8.3. Pınarcık bölgesine ait SEM-EDS görüntüleri.....	110
4.9. Raman Çalışmaları.....	112
4.9.1. Södra bölgesine ait Raman Spektroskopisi sonuçları.....	112
4.9.2. Yatağan bölgesine ait Raman Spektroskopisi sonuçları.....	113
4.9.3. Pınarcık bölgesine ait Raman Spektroskopisi sonuçları.....	117
5. GEMOLOJİ	120
5.1. Gemolojik Özellikler	120
5.2. Diasporun Renk Kökeni.....	122
5.3. Diaspor İle Karıştırılabilecek Süstaşları	132
5.3.1. Alexandrit	132
5.3.2. Granat (Pirop)	133
5.3.3. Safir.....	133
5.3.4. Brusit.....	134
5.3.5. Sentetik Diaspor.....	134
5.3.6. Alexit	135
5.3.7. Zandrit.....	135
5.3.8. Renk Değiştiren Cam.....	136
5.4. Süs Taşlarının Şekilendirilmesi Teknikleri (Lapidary)	136
5.4.1. Kabaşon Şekillendirme	138
5.4.2. Tamburlama	139
5.4.3. Fasetli Şekillendirme	139
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	143
6.1. Tartışma	143
6.2. Sonuçlar	154
KAYNAKLAR	158
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Dora, 2011).....	3
Şekil 1.2. Boksit yatağı ve boksit kayacı	5
Şekil 1.3. Port Loko bölgesindeki boksit yatağına ait görüntü (Sierra Leone). (MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 2020)	11
Şekil 1.4. Toplam tanımlanmış kaynaklara dayalı olarak Avustralya'nın başlıca boksit yatakları. (Britt, 2013)	11
Şekil 1.5. Guyana Kalkanı'nın (Guyana Kalkanı alt bölgesi) en önemli boksit yataklarına genel bakış. Monsels, D., 2016).....	12
Şekil 1.6. Jamaika'daki boksit cevherleşmeleri (Url.1).....	13
Şekil 1.7. Arkansas boksit yatağı (Bush ve Chandler, 2007)	13
Şekil 1.8. Çin'deki boksit yataklarının dağılım alanları (Lan ve ark., 2015)	14
Şekil 1.9. Dünyadaki boksit yataklarının dağılımı. (Url.2)	15
Şekil 1.10. Dünya çapında boksit madeni üretiminde ülkelerin karşılaştırılması./Ton (Url.4)	16
Şekil 1.11. Türkiye'deki boksit bölgeleri. (Hanilçi, 2019).....	17
Şekil 3.1. Saha çalışmaları sırasında numune alma işlemi	40
Şekil 3.2. Diaspor minerallerinin gemolojik özelliklerinin laboratuvar ortamında incelenmesi (Batman Üniversitesi TBMYO)	41
Şekil 3.3. Otomatik kesme makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO).....	42
Şekil 3.4. Manuel kesme makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO)	43
Şekil 3.5. Kabaşon makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO).....	43
Şekil 3.6. Yatay lap (Batman Üniversitesi TBMYO).....	44
Şekil 3.7. Bant zımpara (Batman Üniversitesi TBMYO).....	44
Şekil 3.8. Cila makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO)	45
Şekil 3.9. Vibro tambur.....	45
Şekil 3.10. Faset makinesi teknik yapıları (Url.5)	46
Şekil 3.11. Faset makineleri örnekleri. (Url.6)	47
Şekil 3.12. Yerli üretim faset makinesi.....	48
Şekil 3.13. Numunelerin fasetleme işlemi	49
Şekil 3.14. Raman mikroskobu (Url.7).....	51
Şekil 3.15. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (Url.8).....	52
Şekil 3.16. FTIR Spektrofotometre (Url.9).....	53
Şekil 4.1. Menderes Masifi'nin genelleştirilmiş jeoloji haritası (Okay, 2001'den değiştirilerek alınmıştır).....	56
Şekil 4.2. Menderes Masifi stratigrafisi (Okay, 2001)	57
Şekil 4.3. Muğla ve çevresinde yer alan birimler ve oluşum ortamları. (Aydoğan., 2001)	58
Şekil 4.4. Batı Anadolu'nun genelleştirilmiş tektonik haritası ve Menderes Masifi'ni çevreleyen tektonik zonlar (Okay ve ark., 1996'dan değiştirilmiştir).....	61
Şekil 4.5. Menderes Masifi'ndeki Alpin Metamorfizmanın tektonik ortamı, yaşı ve koşulları (Rimmelé ve ark., 2003'den değiştirilerek alınmıştır)	64
Şekil 4.6. SiO ₂ - Fe ₂ O ₃ - Al ₂ O ₃ diyagramı.....	76
Şekil 4.7. Soda bölgesi NTE'nin kondirite göre normalleştirilme grafiği	82
Şekil 4.8. Soda bölgesi diasporlarının kondirite göre normalleştirilme grafiği	83
Şekil 4.9. Yatağan bölgesindeki NTE'nin kondirite göre normalleştirilme grafiği.....	84
Şekil 4.10. Yatağan bölgesinden alınan diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirilme grafiği.....	84

Şekil 4.11. Pınarcık bölgesindeki diaspor numunerinin kondirite göre normaleştirme grafiği.....	85
Şekil 4.12. Soda, Yatağan ve Pınarcık bölgesi diaspor numunelerinin ortalama konsantrasyonlarının kondirite göre normalleştirme grafiği	86
Şekil 4.13. Diaspor moleküler model (Fang, 2017).....	87
Şekil 4.14. Diaspor kristalleri (Url.11)	88
Şekil 4.15. Arazi çalışmalarında gezilen bölgeler	89
Şekil 4.16. Kurudere bölgesi A) Boksit yatağının genel görüntüsü B) Mercek şekilli boksit yatağı.....	90
Şekil 4.17. Çırpı üst bölgesine ait dolomitik kireçtaşlarının çatlak/boşluklarında gelişmiş diaspor.....	91
Şekil 4.18. Çırpı (alt) bölgesi küçük cep ve mercekler halinde kısmen diaspor oluşumlarının genel görüntüsü.....	92
Şekil 4.19. Soda bölgesi diaspor oluşumları	93
Şekil 4.20. Pınarcık bölgesi diaspor oluşumları A) Diaspor kristali B) Diaspor ile birlikte bulunan kloritoid minerali C) Kireçtaşı içerisinde diaspor içeren cep şekilli oluşum.....	94
Şekil 4.21. Kozagaç bölgesi Boksit içeriği tespit edilemeyen kalkışist oluşumlarının ... genel görüntüsü.....	95
Şekil 4.22. Gümüşlük, Milas/Muğla bölgesindeki; A) Boksit dokanağı B) Boksit depolama sahası C)Boksit içeren kireçtaşı sınırı D)Boksit taban kireçtaşı sınırı.	96
Şekil 4.23. Hisarcık, Milas/Muğla boksit yatağı genel görünümü.	97
Şekil 4.24. Ovacık bölgesi işletmeye açılmamış aktaş boksit yatağının genel görüntüsü	98
Şekil 4.25. Boksit –Kireçtaşı kantağında A) Bol çatlaklı boksit oluşumları B) Boksit ve diaspor oluşumları C) Boksit içerisinde belirlenen muskovit, kloritoid ve aragonit içeren damar olumları	99
Şekil 4.26. Savran bölgesindeki işletmeye açılmamış boksit yatağı ve boksit oluşumları	100
Şekil 4.27. Çamlıca-Bencik bölgesi boksit yatağı ve genel görüntüsü.....	102
Şekil 4.28. Soda 1. bölgeye ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	103
Şekil 4.29. Soda 2. bölgeye ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	104
Şekil 4.30. Soda 3. bölgeye ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	104
Şekil 4.31. Soda 4. bölgeye ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	105
Şekil 4.32. YB1 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	106
Şekil 4.33. YB2 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	106
Şekil 4.34. YB3 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	107
Şekil 4.35. YB5 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	107
Şekil 4.36. YL-1 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	108
Şekil 4.37. YL-2 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	108
Şekil 4.38. YL-4 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	109
Şekil 4.39. YL-5 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	109
Şekil 4.40. YL-6 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	110
Şekil 4.41. P-1 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	111
Şekil 4.42. P-2 numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri	111
Şekil 4.43. Soda bölgesine ait raman spektroskopik grafikleri	112
Şekil 4.43. Soda bölgesine ait raman spektroskopik grafikleri (devamı).....	113
Şekil 4.44. Yatağan bölgesine (beyaz diaspor) ait raman spektroskopik grafikleri	114
Şekil 4.44. Yatağan bölgesine (beyaz diaspor) ait raman spektroskopik grafikleri (devamı).....	115

Şekil 4.45. Yatağan bölgesine (lila-mor diaspor) ait raman spektroskopik grafikleri....	116
Şekil 4.45. Yatağan bölgesine (lila-mor diaspor) ait raman spektroskopik grafikleri (devamı)	117
Şekil 4.46. Pınarcık bölgesine ait raman spektroskopik grafikleri	118
Şekil 4.46. Pınarcık bölgesine ait raman spektroskopik grafikleri (devamı).....	119
Şekil 5.1. Numunelerin FTIR sonuçları.....	121
Şekil 5.2. (A) Renk Değiştiren diaspor (Url.12) (B) Toplanan Numune Örneği.	122
Şekil 5.3. Pleokroizma ilişkisi (Fritsch ve Rossman, 1988)	127
Şekil 5.4. Z eksenini boyunca bakıldığında diasporun yapısı. (Yeşil renk: Al-(O,OH) oktahedral; leylak rengi: hidrojen iyonları; kırık kırmızı çizgiler: hidrojen bağları) (Hill, 1979)	128
Şekil 5.5. Yeşil diasporun absorpsiyon spektrumu (Günther, 1988)	129
Şekil 5.6. Diaspor oluşumlarına ait bazı elementel haldeki oksit ve iz elementleri logaritmik dağılım grafikleri.....	131
Şekil 5.7. Diaspor oluşumlarına ait Σ NTE, Σ HNTE, Σ MNTE ve Σ ANTE değerlerinin logaritmik dağılım grafiği	132
Şekil 5.8. Alexandrit (Url.13)	132
Şekil 5.9. Granat (Url.14)	133
Şekil 5.10. Safir (Url.15)	133
Şekil 5.11. Brusit (Url.17)	134
Şekil 5.12. Alexit (Url.18)	135
Şekil 5.13. Zandrit (Url.20)	136
Şekil 5.14. Renk değiştiren cam (Yu ve ark., 2016)	136
Şekil 5.15. Diasporun kabaşon şekillendirme aşamaları	139
Şekil 5.16. Faset kesim tekniğinin süstaşlarına uygulanması. (Url.21)	140
Şekil 5.17. (A)Yuvarlak - Pırlanta kesim (Brilliant Cut) (Url.22) (B-C) Numunelerden Kesilmiş Örnekler	141
Şekil 5.18. (A) Zümrüt Kesim (Url.23) (B-C) Numunelerden Kesilmiş Örnekler.....	141
Şekil 5.19. (A) Kare Kesim(Url.24) (B-C) Numunelerden Kesilmiş Örnekler	141
Şekil 5.20. Gül kesimi (Rose Cut) (Url.25)	142
Şekil 6.1. İnceleme alanındaki Boksit-Diaspor oluşumlarının dağılımını gösteren Cr-Ni diyagramı (Schroll ve ark., 1968; Sinisi, 2018)	146
Şekil 6.2. İnceleme alanındaki boksit ve diaspor oluşumlarının ana kayaç(lar)ını gösteren Zr-Cr-Ga üçgen diyagramı (I-Ultramafik, II-Mafik, III-Ortaç magmatik (veya killi) ve IV-Asidik) (Özlü, 1983'ten)	147
Şekil 6.3. Oksik, yarı oksik, anoksik ile redoks koşulları gösteren diyagramı (Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994)	149
Şekil 6.4. Paleoredoks şartlarını gösteren V/(V + Ni) (Hatch ve Leventhal, 1992).ve Ni/Co; (Jones ve Manning ,1994) diyagramı (Rimmer, 2004).....	150
Şekil 6.5. Ortalama standart litolojiler arasındaki karşılaştırmayı hatlarını gösteren Sm/Nd'ye ve Eu/Eu* (a ve c) TiO ₂ /Al ₂ O ₃ ve Eu/Eu* (b) diyagramı (Viers, ve Wasserburg, 2004)	151

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Kimyasal içeriğine göre boksit cevherlerinin kullanım alanları. (Bhagat ve ark., 2006).....	6
Çizelge 4.1. Çalışma alanından derlenen numunelerin petrografik özellikleri (Q: Kuvars, Ms: Muskovit, Plj: Plajiyoklas, Se: Serisit, Bi: Biyotit, Om: Opak mineral) ...	67
Çizelge 4.1. Çalışma alanından derlenen numunelerin petrografik özellikleri (Q: Kuvars, Ms: Muskovit, Plj: Plajiyoklas, Se: Serisit, Bi: Biyotit, Om: Opak mineral) (devamı).....	68
Çizelge 4.1. Çalışma alanından derlenen numunelerin petrografik özellikleri (Q: Kuvars, Ms: Muskovit, Plj: Plajiyoklas, Se: Serisit, Bi: Biyotit, Om: Opak mineral) (devamı).....	69
Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan numunelerin Anaoksit (%) konsantrasyonu. (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit).....	70
Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan numunelerin Anaoksit (%) konsantrasyonu. (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit) (devamı).....	71
Çizelge 4.3. İnceleme alanı iz element konsantrasyonu (ppm). (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit).....	73
Çizelge 4.3. İnceleme alanı iz element konsantrasyonu (ppm) (devamı).....	74
Çizelge 4.4. İnceleme alanından alınan boksitlerden alınan numunelerin Anaoksit analiz sonuçları. (%) (Ort : Aritmetik ortalama, Strd Sap: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum)	75
Çizelge 4.5. İnceleme alanındaki boksitlere ait iz element değerleri (%) (Ort : Aritmetik ortalama, Std Sap: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum).....	76
Çizelge 4.6. İnceleme alanındaki boksitlere ait nadir toprak elementleri çizelgesi.....	77
Çizelge 4.7. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE kimyasal analiz sonuçları (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit).....	77
Çizelge 4.7. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE kimyasal analiz sonuçları (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit) (devamı).....	78
Çizelge 4.8. NTE'lerin $\sum NTE$, $\sum HNTE$, $\sum MNTE$ ve $\sum ANTE$ ile kondirite göre normalize edilmiş hali.....	78
Çizelge 4.8. NTE'lerin $\sum NTE$, $\sum HNTE$, $\sum MNTE$ ve $\sum ANTE$ ile kondirite göre normalize edilmiş hali (devamı)	79
Çizelge 4.9. Boksit ve Diaspor numunelerinin PASS, NASC ve Kondrite göre Normalize edilmiş NTE değerleri.....	80
Çizelge 4.10. Soda bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE'lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi. (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit).....	81
Çizelge 4.11. Yatağan bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE'lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi. (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)	83
Çizelge 4.12. Pınarcık bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE'lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi. (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)	85
Çizelge 4.13. Süstaşı diasporunun özellikleri (Url.10).....	86

Çizelge 4.14 Arazi çalışmalarında gezilen bölgeler	89
Çizelge 5.1. Birden çok atomları içeren renk üretim süreçleri ve çeşitli süstaşlarında bunların neden olduğu renk numuneleri (Fritsch ve Rossman, 1988).....	124
Çizelge 5.2. Rengin kökeninin bir göstergesi ile renk merkezleri tarafından renklendirilen süstaşı numuneleri (Fritsch ve Rossman, 1988).....	124
Çizelge 5.2. Rengin kökeninin bir göstergesi ile renk merkezleri tarafından renklendirilen süstaşı numuneleri (Fritsch ve Rossman, 1988).....	125
(devamı)	125
Çizelge 5.3. Metal safsızlıkları geçişi ile allokromatik renklenme. (Nassau, 1978) ...	125
Çizelge 5.4. Çeşitli süstaşlarında Saçılmış/dağılmış iyonlar ve sebep oldukları renkler (Fritsch ve Rossman, 1987)	125
Çizelge 5.4. Çeşitli süstaşlarında Saçılmış/dağılmış iyonlar ve sebep oldukları renkler (Fritsch ve Rossman, 1987) (devamı).....	126
Çizelge 5.5. Korund, diaspor ve spinelin kristalografik parametreleri (Lewis ve ark., 1982; Hill, 1979; Peterson ve ark., 1991).....	129
Çizelge 5.6. LA-ICP-MS ile diasporun eser element bileşimi (ppm) (parantez içinde standart sapma) (Shen ve Lu, 2019)	129

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$^{\circ}\text{C}$: santigrad derece
cm : santimetre
km : kilometre
 km^2 : kilometrekare
m : metre
mm : milimetre
 m^3 : metreküp
% : yüzde değer

ppm : milyonda bir birim
ppb : milyarda bir birim
my : milyon yıl
pH : Hidrojenin gücü
vb. : ve benzerleri
 δ : döteryum
 μ : mikron
 Σ : toplam

Kısaltmalar

ANTE : Ağır Nadir Toprak Elementi
A.Ş. : Anonim Şirket
Bi : Biyotit
CL : CathodoLuminescence
Ct : Karat
DTA : Diferansiyel Termal Analiz
EC : Elektriksel İletkenlik
EDS : Energy Dispersive Spectrometry
EDX : Energy Dispersive X-ray
FTIR : Yakın Kızılötesi Spektroskopisi
GPS : Küresel Konumlandırma Sistemi
HNTE : Hafif Nadir Toprak Elementi
MM : Menderes Masifi
Ms : Muskovit
Mt : Milyon ton
MTA : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTB : Menderes-Toros Bloku
NTE : Nadir Toprak Elementi
Om : Opak mineral
Q : Kuvars
PI : Pınarcık
Plj : Plajiyoklas
Se : Serisit
SEM : Scanning Electron Microscope
SO : Soda
TBMYO : Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
XRD : X-ışınları Difraktodramı
XRF : X ışınları Floresans Spektrometresi
YA : Yatağan

1. GİRİŞ

Bu çalışma Muğla ilinin batısında bulunan Yatağan ilçesi ve Aydın ilinin güneyinde kalan alanları içeren yaklaşık 174 km² genişliğinde bir alanı kapsamaktadır. “Menderes Masifi’nin Güneybatı Kanadındaki (Aydın-Muğla) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda 2015-2022 yılları arasında doktora tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

İnceleme alanını Menderes Masifi’nde bulunan boksit ocakları ve diaspor yatakları oluşturmaktadır. Bu tez çerçevesinde bölgedeki boksit madenlerinin içinde yer alan diaspor ve bunlara eşlik eden diğer minerallerin mineralojik ve kristalografik özelliklerinin belirlenmesi, oluşum koşullarının-biçiminin irdelenmesi, diasporun gemolojik özelliklerinin ve renklenmesinin saptanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda ayrıca, sahada yapılacak gözlemler sonucunda diaspor mineralizasyonunun gözlemlendiği alanlar karşılaştırılmıştır. Öte yandan, bu doktora tezinde yapılan gemolojik çalışmaların, Türkiye’nin diğer yörelerindeki değişik süs taşlarının da aynı yöntem ve disiplin ile incelenmesi çalışmalarına bir örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Süs taşları son yıllarda artan ilgiyle birlikte ülkeler açısından da önemli bir yeraltı zenginliği sunmaya başlamıştır. Özellikle son 30 yıllık süreçte daha önce pek bilinmeyen diaspor mineraline yönelik ilginin artması ve sadece ülkemizde bulunması bu çalışma ile hak ettiği değeri kazanması açısından önemli olacaktır.

İncelenmesi planlanan Menderes Masifi’nde bulunan boksit ocakları ve diaspor yataklarında günümüze kadar çok az çalışma yapılmış ve bölgede sadece bir diaspor yatağına dikkat çekilmiştir. Yörede yeni diaspor yataklarının bulunması muhtemel görüldüğü için bu konuda daha detaylı çalışmaların yapılması düşünülmekte ve elde edilecek veriler yeni diaspor yataklarının tespitinde önem arz edecektir.

Yeni yatakların bulunması halinde yörenin ekonomik potansiyeli artacak ve çalışma esnasında kullanılan yöntemler benzer bölgelerde yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır. Bu bölgede daha önceden yapılmış detaylı bir çalışma bulunmadığından elde edilecek sonuçlar hem bilimsel literatürdeki eksikliği giderecek hem de istihdam ve

ekonomik açıdan yöreye katkı sağlayacaktır. Ayrıca çalışmadan elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası bilimsel toplantılarda sunulacak ve bilimsel dergilerde yayınlanacaktır.

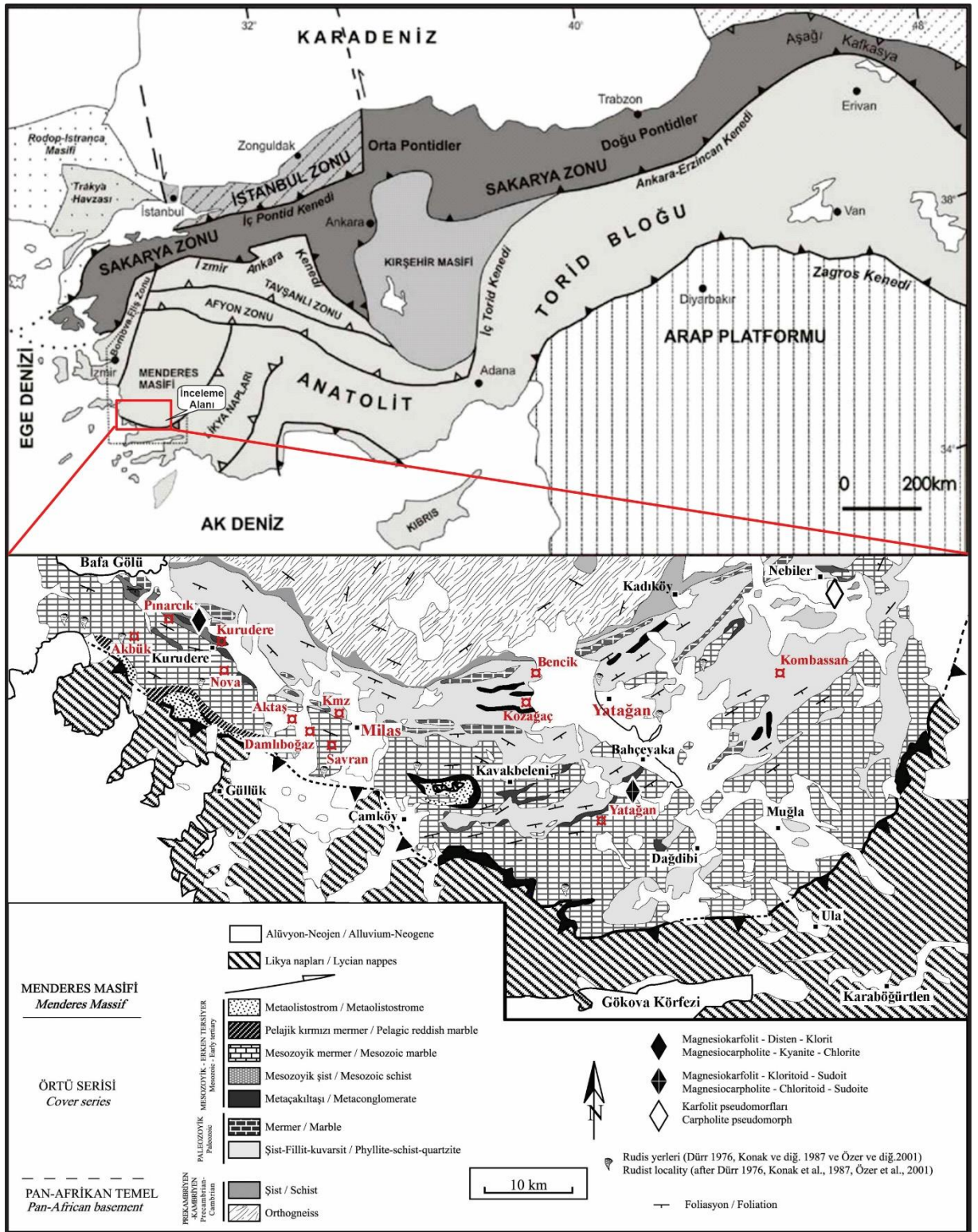
1.3. Coğrafi Konum

Araştırma bölgesi Muğla ilinin batısında ve Aydın ilinin güneyinde yer alan Yatağan, Bencik ilçeleri ile Savran ve Aktaş mahalleleri arasında 1/25.000 ölçekli N19-a1-a2-a3-a4-b1-b2-b3-b4-c1-c2-c3-c4-d2-d3-d4 paftaları arasında yer almaktadır (Şekil 1.1.).

Çalışma alanı düz ve düze yakın bir topografya sunmaktadır. İnceleme bölgesinde Akdeniz iklimi görülür. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Kış mevsiminde akan sulardan oluşan küçük ve büyük dereler bulunmaktadır.

Muğla ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 15.3 °C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 1109 mm'dir. 7 mm yağışla Temmuz yılın en kurak ayıdır. Ortalama 257 mm yağış miktarıyla en fazla yağış Aralık ayında görülmektedir. 26.3 °C sıcaklıkla Temmuz yılın en sıcak ayıdır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 5.6 °C olup yılın en düşük ortalamasıdır. Yılın en kurak ve en yağışlı ayı arasındaki yağış miktarı farkı 250 mm'dir. Yıl boyunca ortalama sıcaklık 20.7 °C dolaylarında değişim göstermektedir. Aydın ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 17.8 °C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 647 mm'dir. 4 mm yağışla Temmuz yılın en kurak ayıdır. Ortalama 131 mm yağış miktarıyla en fazla yağış Aralık ayında görülmektedir. 27.9 °C sıcaklıkla Temmuz yılın en sıcak ayıdır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 8.5 °C olup yılın en düşük ortalamasıdır. Yılın en kurak ve en yağışlı ayı arasındaki yağış miktarı farkı 127 mm'dir. Yıl boyunca ortalama sıcaklık 19.4 °C dolaylarında değişim göstermektedir (Climate Data, 2020).

Muğla ilinin ekonomisi çok yönlü olup tarıma, turizme, sanayi ve ticarete dayanır. Türkiye'de en çok bal Muğla'da elde edilir. Türkiye'nin en zengin linyit yatakları Muğla'nın Yatağan ilçesindedir. Yatağan linyitlerinin küllerinde uranyum vardır. Aydın ili bir tarım ve turizm kenti olarak bilinmektedir. Ekonomik hayatın temelini oluşturan tarımın ağırlığı sanayi ve ticaret sektöründe yoğun olarak kendini hissettirmektedir. Aydın, ülkemizde üretilen bitkisel ürünlerden 29'unda Türkiye'de ilk 10'da yer alarak ülke tarımındaki önemini göstermektedir. Aydın ili incir, kestane, zeytin, kereviz, tiritikale (yeşil ot) üretiminde Türkiye'de 1. sırada, enginar, pamuk ve çilek üretiminde 2. sırada, yerfıstığı ve mandalina (king) üretiminde ise üçüncü sıradadır. Tarımdan sonraki ikinci önemli sektör turizmdir (Muğla İl ve Turizm Kültür Müdürlüğü, 2021).



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Dora, 2011)

1.4. Boksit Hakkında Genel Bilgiler ve Boksitlerin Jenezi

Alüminyum yerkabuğunda % 4.26 oranında bulunan, atom numarası 13, atom ağırlığı 26.98 olan parlak bir metaldir. Jeokimyasal olarak litofil bir element olan alüminyum, diğer metallere oranla atmosfer etkilerine, suya, florlu gazlara, sülfürlü

ortamlara karşı daha dayanıklıdır. Kimyasal aktivitesinden dolayı doğada nabit halde bulunmayan bu element kayaçları oluşturan birçok mineralin (silikatlar, feldispat, mika, kil) en önemli bileşenidir.

Metal alüminyum üretilen tek jeolojik malzeme boksit olarak adlandırılan ve bileşiminde önemli miktarlarda alüminyum mineralleri bulunan bir cevherdir. Dünya alüminyum ihtiyacının %90'ı boksitten sağlanmaktadır. Boksit bir mineral olmayıp, farklı mineralleri değişik miktarlarda içeren bir kayaçtır ve bileşiminde %45'ten daha fazla Al_2O_3 bulunmaktadır. Bu kayaç da alüminyum hidroksit minerallerinin yanı sıra demir oksit, hidroksit mineralleri, kil mineralleri, tali miktarlarda silis, titan ve diğer mineralleri içerir. Boksitlerdeki demir bileşikler; amorf demir hidroksit, götit, hematit, lepidokrosit, manyetit, maghemit, pirit, markasit, siderit ve lökoksen şeklindedir. Kil mineralleri olarak başlıca kaolinit, halloysit, klorit, dikit ve illit yer alır. Silis ise kuvars ve kalsedon şeklinde bulunur. Boksit bunların dışında %4'e kadar varan miktarlarda rutil ve anatas içerebilir. Jeokimyasal açıdan bakıldığında boksitler Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO vs. gibi ana element bileşenlerle beraber Mn, P, F, V, Ge, Ga, Ca, C, Ce, Cr, K, Mg, Th, U, Zn, Zr gibi elementleri iz miktarda içerirler (Temur, 2001).

Boksit, tropikal veya tropikal iklimden daha serin olan iklim kuşaklarında bulunan kırmızı kil topraklarında (kilermeni) silikanın konsantrasyon bakımından ileri seviyede liç olması sonucu meydana gelen bir kayaç formu olarak değerlendirilmektedir. Başka bir deyişle, alüminosilikat bakımından zengin olan kayaçların ayrışması/taşınması neticesinde gelişimini tamamlayan ve ekonomik anlamda ciddi bir önemi olan alüminyum konsantrasyonudur (Putzolu ve ark., 2018, Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Boksit yatağı ve boksit kayacı

Boksit cevheri tortul (sedimanter), metamorfik ve magmatik kayaçların ayrışması sonucunda meydana gelen kalıntı özellikteki kayaç formudur. Tropikal iklim kuşağındaki sahip bölgelerde meydana gelen boksit mineralleri çoğunlukla gibsitik özellikteki boksitlerdir. Bu kuşaktan daha serin olan iklim kuşaklarında ise genellikle böhmitik özellikteki boksit mineralleri oluşmaktadır. Bununla birlikte, birçok boksit tipinde böhmitik ve gibsitik minerallerinin yanı sıra minör bileşen olarak diasporitik boksit mineralleri mevcut haldedir. Dünya üzerinde bilinen ve çeşitli çalışmalara konu olan boksit yataklarının/kaynaklarının % 95 gibi büyük bir oranı tropikal iklim kuşaklarında bulunmaktadır (Leonard, 1984; Bárdossy ve Aleva, 1990; Schellmann, 1994; Kloprogge ve ark., 2006; Donoghue ve ark., 2014).

Boksit cevheri Fransız bir jeolog olan Pierre Berthier tarafından 1821 yılında Güney Fransa’da bulunan Les Baux köyü yakınlarında keşfedilmiştir. 1861 yılında ise bu cevhere Fransa’nın Baux kasabasından esinlenerek Fransız bir kimyager olan Henri Sainte-Claire Deville tarafından “bauxite” ismi verilmiştir (Vračar and Živković 1993; Bhagat ve ark., 2006).

Boksit cevheri tanımı; en az %45-50 oranında Al_2O_3 , en fazla %20-25 oranında Fe_2O_3 ve %3-5 oranında SiO_2 içeren ve ekonomik olarak değerlendirilebilen veya gelecekte değerlendirilebilme kapasitesine sahip olan cevher türüdür. Boksit cevherinin yaklaşık olarak %90’ı alüminyum metal üretimi için kullanılırken geri kalanı kimyasal, refrakter ve aşınma gibi uygulamalarda/işlemlerde kullanılmaktadır. Kimyasal içeriğine

bağlı olarak boksit cevherlerinin kullanım alanları Çizelge 1.1 de gösterilmiştir (Bhagat ve ark., 2006).

Çizelge 1.1. Kimyasal içeriğine göre boksit cevherlerinin kullanım alanları. (Bhagat ve ark., 2006)

Kullanım alanı	% Al_2O_3	% SiO_2	% Fe_2O_3	% TiO_2
Kimyasal	Min 55	5-18	Max 2	3
Metalurjik	40-60	0-15	3-25	0-6
Refrakter	84	7,5	2,5	4
Aşındırıcı	80-88	4-8	2-5	2-5
Çimento	45-55	Max 2	20-30	3

Boksitleri oluşturan alüminyum minerallerinin önemli özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Gibsit (Hidrarjilit) ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$): Monoklinik sistemde kristalleşir. Sferoidal kırıklar veya yapraklanmış kütleler ve toprağımsı yumrular karakteristik özellikleridir. Saf halde beyaz veya beyaza yakın, bileşimine göre pembe, kırmızı renklerde ortaya çıkar.

Böhmit ($\text{AlO}(\text{OH})$): Doğada genellikle dağılmış ve saçılmış taneler veya pizolitik agregatlar halinde bulunan böhmit ortorombik sistemde kristalleşir. Saf halde iken rengi beyazın tonlarındadır ve gibsitin dehidratasyonu sonucu oluşur.

Diaspor ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$): Ortorombik sistemde kristalleşen diaspor doğada düz veya tabuler kristaller halinde bulunurlar. Diaspor masif kütleler veya yapraklanmış formlarda ortaya çıkar. Rengi değişken olup içerdiği renklendirici elementlere göre beyaz, gri, kahverengi ya da pembe olabilir. Yüksek sıcaklıklarda oluştukları ileri sürülmektedir.

Korund (Al_2O_3): Hegzagonal sistemde kristalleşir. Çoğunlukla gri, kahverengi ve mavimsi; nadiren kırmızı (yakut), yeşil, mavi (safir), turuncu, mor renklerde, bazen renksiz özelliklerde bulunur. Nefelin siyenitlerde, nefelin siyenit pegmatitlerde; mermer, gnays ve şist gibi bölgesel metamorfik kayalarda bulunabilir (MTA, 2021).

Boksitler saf halde iken beyaz renklidir. Ancak içeriğinde bulundurduğu demir oksit ve kil minerallerine göre genellikle doğada farklı renklerde gözlenmektedir. Hematit içeriği fazla olan boksitler kırmızımsı kahverengimsi renklerde, limonit ve götit içeriği sarımsı renklerde görülürken, kil içeriğinin yüksek olması durumu ise boksite grimsi yeşilimsi bir renk kazandırmaktadır. Boksitler doğada masif yapılı, toprağımsı, kilsli, oolitik ya da pizolitik yapılı olabilirler. Oolitik ya da pizolitik yapılı boksitlerde mercimek şeklindeki alüminyum ve demirden oluşan boksit tanecikleri yine alüminyum ve demir içerikli hamur malzeme içerisinde dağılmış olarak bulunmaktadır (Bhagat ve ark., 2006).

1.4.1. Boksit Yataklarının Sınıflandırılması

Boksit yataklarının sınıflandırılması hakkında uzun bir süre fikir birliği oluşmadıysa da çeşitli araştırmacılar farklı tiplerde boksit yatağı sınıflandırması yapmıştır. Harrassowitz (1926) bu temelde boksitleri silikat boksitler ve kalkerli boksitler olmak üzere ikiye ayırmıştır.

Fox (1932), genetik temelde boksit yataklarını alt bölümlere ayırmıştır. Yazara göre, lateritik boksitler (alüminöz lateritler) silikat kayalarının lateritik ayrışmasının ürünleridir, oysa terra-rossa boksitleri kireçtaşlarının ayrışma kalıntısı olan terra-rossadan türemiştir.

Vadász (1951) 'silikat' ve 'kalkerli' boksit terimlerini yanlış anlamalara yol açtığı için reddetmiş ve bunun yerine '*lateritik boksit*' ve '*karstik boksit*' terimlerini tanımlamış ve ikincisinde bir karbonatın karstifikasyonunun bazı yatakların evriminde ana kaya olarak rol oynadığını belirtmiştir. Bu basit ve uygulaması kolay sınıflandırma, literatürde oldukça geniş kabul görmüştür (Zans 1954, Weisse 1964).

Aynı zamanda, başka bazı sınıflandırmalar da çeşitli araştırmacılar tarafından detaylandırılmıştır. Örneğin Harder (1952), ana kaya kompozisyonuna dayalı olarak şu sınıflandırmayı önermiştir: a) Alkali ve alüminyum açısından zengin silikat kayalardan elde edilen yataklar, b) Kireçtaşı ile bağlantılı yataklar, c) Sedimanter killere bağlantılı yataklar, d) damar ve derinlik kayalarına bağlantılı yataklar, e) Alüminyum içerikli kayaların kuvvetli ayrışmasından kaynaklanan yataklar. Literatürde ise bu şekilde tanımlanan grupların kesin olarak ayırt edilemeyeceği; belirli bir yatağın bu gruptaki yerinin genellikle tartışmalı olduğu kabul görmüştür.

Hose (1960)'ın sınıflandırması morfolojik bir temele dayanmaktadır; a) Peneplenlerde gelişmiş yataklar, b) Volkanik kubbeler ve platolarda oluşan yataklar, c) Karstik kireçtaşı platoları üzerindeki yataklar, d) Sedimanter yeniden işlenmiş yataklar. Bu sınıflandırma birinci grubu ikinciden ayırmanın belirsizliği nedeniyle geniş kabul görmemiştir.

Valeton (1972), bazı yatakların ne laterit ne de karstik boksit grubuna uymadığını belirtmiştir. Bu gerçeği göz önünde bulundurarak, ana kaya litolojisine dayalı olarak şu sınıflandırmayı geliştirmiştir: (a) Magmatik ve metamorfik kayaları örten boksit yatakları, (a.1) Eğim tipi, (a.2) Temel magmatik kayalarda plato tipi, (a.3) Değişken kaya türlerinde plato tipi; (b) Sedimanter kayalardaki boksit yatakları, (b.1) Kırıntılı tortular üzerindeki boksitler, (b.2) Karbonat kayalar üzerindeki boksitler, (b.3) Fosfat kayaları üzerindeki boksitler. Tutarlı olmasına rağmen, Valeton sınıflandırmasının tek

tarafı olduğu ve ne yatak türlerinin bolluğuna ne de yataklanma özelliklerine dikkat etmediği belirtilmiştir.

Yataklanma özelliklerine odaklanan Patterson (1967), sırayla şu sınıflandırmayı önermiştir: a) *Örtü yatakları*: değişken kalınlıkta düz uzanan tabakalar, b) *Katmanlı yataklar*: tortul ve / veya volkanik kayalarda ara katmanlara sahip süreksiz katmanlar ve mercekler. Bazıları kalıntı olarak; bazıları yeniden depolanmıştır, c) *Cep birikintileri*: Çoğunlukla dolomit ve kireçtaşı, ancak bazen diğer kayalarda da çöküntü dolguları. Bu grup, bir 'ara katmanlı cep çökeltileri' alt grubunu içerir (bir dizi tortul çökeltiyle arakatlı cepler). Patterson'un ayırt ettiği grupların, ne depolanma anlamında ne de genetik anlamda kesin bir ayırım sunmadığı ve sunduğu sınıflandırmanın kullanılmasının sayısız belirsizliğe yol açacağı kabul görmüştür.

Grubb (1973) tarafından önerilen sınıflandırma, boksitleşmenin meydana geldiği yüksekliğe dayanmaktadır: a) Yüksek seviyeli veya yüksek arazi yatakları, b) Düşük seviyeli veya peneplen tipi yataklar. Grubb; Gine, Gana, Hindistan ve Hawaii'nin lateritik boksit yatakları da dahil olmak üzere, uygun drenaj koşulları altında yer altı suyu tablasının üzerinde oluşan kalıntı birikintilerini ilk gruba yerleştirmiştir. İkinci gruba, Avustralya'daki Gove, Weipa, Guyana ve Surinam'daki tortulardan tipik örnekler olarak yer altı suyu tablasında tekrarlanan dalgalanmalarla karakterize edilen kalıntı, yeniden birikmiş ve allokon çökeltileri yerleştirmiştir.

Eski SSCB'de, boksit yataklarının sınıflandırılması, birçok açıdan yukarıdakilerden farklı bir seyir izlemiştir. Yataklar erken dönemlerde tamamen genetik bir temelde sınıflandırılmaktaydı. Örneğin Malyavkin (1937), boksit yataklarını lateritik, metasomatik, organojenik ve metamorfik yataklar olarak sınıflandırmıştır. Benzer şekilde, genetik temelde, lateritleşme ve lateritik boksit yataklarının varlığını reddeden Arkhangelsky (1937), boksit yataklarını (a) deniz, (b) göl ve / veya bataklık kökenli gruplar halinde sınıflandırmıştır. Akdeniz bölgesinin tüm yataklarının denizel kökenli olduğunu iddia etmiştir.

Vikulova (1946), birikim yerlerine göre beş tür yatağı ayırt etmiştir: a) plato oluşturan havzalardaki yataklar, b) vadi tabanı yatakları, c) karst çöküntülerini dolduran yataklar, d) göl yatakları, e) lagün ve deniz kıyısı türleri.

Jeotektonik konumun önemini ilk fark eden ve bu temelde iki tür yatağı ayırt eden Peive (1947); a) jeosenklinal bölgelere ait olanlar ve b) platform bölgelerine ait olanlar olmak üzere yatakları ikiye ayırmıştır. Ona göre, eski yatakların tamamı denizeldir ve tamamı karbonatlı kayaların üzerindedir; ikincisi kalıntı veya göl ya da bataklık

çökeltileridir. Urallar'ın ve Akdeniz bölgesinin tüm yataklarını birinci gruba yerleştirmiştir. Peive'in sınıflandırması Goretsky ve ark. (1949) tarafından benimsenmiştir. Sapozhnikov (1970, 1971), karstik boksitleri jeosenklinal bölgelerin birikintileriyle tanımlamıştır.

Mevcut çelişkileri ortadan kaldırmayı amaçlayan Goretsky (1960), yukarıda belirtilenlerden daha ayrıntılı olan aşağıdaki jeotektonik sınıflandırmayı geliştirmiştir: (a) Platformların sabit bölgelerindeki yataklar, (a.1) Antisenklinallerde, (a.2) Senklinallerde, (b) Platformların hareketli kısımlarındaki yataklar, (b.1) Senklinallerin sınır bölgelerinde, (b.2) İntramontan ve çıkıntı çöküntülerinde, (c) Jeosenklinal kuşak yatakları, (c.1) Platformlar ve jeosenklinaller arasındaki geçiş bölgelerinde, (c.2) Jeosenklinal bölgelerin dış kısmında, (c.3) Medyan/Orta kütlelerde.

Goretsky, bu grupların her birini ana kaya morfolojisi temelinde iki veya üç alt gruba ayırarak toplam 16 alt grup elde etmiştir. Goretsky'nin sınıflandırması hemen hemen her jeo-yapısal türü açıklamaktadır ve kendi içerisinde tutarlıdır, ancak pratikte uygulaması büyük ölçüde belirsizlikle ilerlemektedir.

Kirpal (1972a), kalıntı ve sedimanter boksit yataklarını ayırt etmiştir. Her iki grubun diğer alt bölümleri, platform ve jeosenklinal bölgeleri ayırt eden tektonik konuma dayanmaktadır. Bu ana gruplar içinde, yatak ve ana kaya morfolojisi temelinde toplam 14 alt grubu ayırt etmiştir. Bununla birlikte, birincil sınıflandırma kriteri bile bir belirsizlik içerir, çünkü saf otokton ve saf allokton yataklara ek olarak, sistemin içinde konumuna kesin olarak karar verilemeyen karışık (allokton) yataklar vardır.

Bu zorluklardan kurtulmak amacıyla Kirpal (1977), tektonik konum durumunu bir kenara bırakarak, aşağıdaki dört grup ve 16 alt grup açısından yeni bir sınıflandırma önermiştir: (a) Laterik boksit (kalıntı) yatakları, (a.1) Doğrusal formdaki yataklar, (a.2) Merceksi formdaki yataklar, (a.3) Çanak tipi yataklar; (b) Poligenetik boksit yatakları (yerel yeniden işleme ile), (b.1) Merceksi karst yatakları, (b.2) Merceksi birikintiler, (b.3) Stratiform yatakları; (c) Karasal dizilerdeki sedimanter boksit yatakları, (c.1) Vadi tabanı çökeltileri, (c.2) Stratiform yatakları, (c.3) Karst yatakları, (c.4) Karst-temas yatakları, (c.5) Boşluk şeklindeki karst yatakları, (c.6) Karst teması olan çaydanlık/kazan şeklindeki yataklar; (d) Karbonat dizilerindeki sedimanter boksit yatakları, (d.1) Stratiform karst yatakları, (d.2) Boşluk şeklindeki karst yatakları, (d.3) Merceksi karst yatakları, (d.4) Huni şeklindeki karst yatakları.

Bushinsky (1971), tektonik konuma yapılan göndermeleri reddederek, genetik ve depolanma faktörlerine dayalı bir sınıflandırma geliştirmiştir: (a) Lateritik boksit

yatakları (alüminosilikat kayalar üzerinde kalıntı olanlar), (a.1) Ekstralateritik boksit yatakları (aşınmamış kayaların üzerinde), (a.2) Sublateritik yataklar (boksit ve ana kaya arasında killi bir 'litomarj/katı kil' ile); (b) Karmaşık yataklar (tek ve aynı yatak grubu içindeki lateritik ve tortul boksit yatakları); (c) Sedimanter (klastojenik) boksit yatakları, (c.1) Silikat kayaları örten yataklar, (c.2) Karbonat kayaları ('karstik yatakları') örten yataklar; (d) Sedimanter-kemojenik boksit yatakları, (d.1) Volkanojenik-sedimanter çökeltiler, (d.2) Sülfür içeren kayaların aşınmasından kaynaklanan yataklar; (e) Metamorfik yataklar.

Sapozhnikov (1975), kalıntı (lateritik), tortul, poligenetik, sızmış ve metamorfik boksitleri ayırt etmiş ve bunları ayrıca toplam 15 alt gruba ayırmıştır.

Boksit yataklarının sınıflandırılması konusundaki karışıklıkları/zorlukları önlemek amacıyla çeşitli araştırmacılar önceki çalışmalardan yola çıkarak genel bir sınıflandırma modeli önermişlerdir. Buna göre boksit yatakları genetik olarak üç ana gruba ayrılabilir: lateritik, tikhvin ve karstik türler (Bárdossy, 1982; Bárdossy ve Aleva, 1990). Lateritik tip boksitler, alttaki alüminosilikat kayalardan türetilen ve korunmuş dokuları ve bileşimleriyle doğrudan alttaki kaynak kayalarla ilişkilendirilebilen kalıntı birikintileridir. Tikhvin tipi boksitler, alüminosilikat kayaların aşınmış yüzeyini örten kırıntılı boksit birikintileridir ve karstik tip çökeltiler, karbonat kayalarının karstifiye yüzeylerinin üzerinde yer alırlar (Bárdossy ve Aleva, 1990). Karstik tipte boksitler, otokton, para otokton, allokton ve para-allokton alt tiplere bölünmüştür (Combes ve ark., 1973; Bárdossy, 1982; Laville, 1981). Ülkemizde, ana üç yatak türü arasında çoğunlukla karstik tip ve daha az laterit tipi boksit yatakları bulunmaktadır.

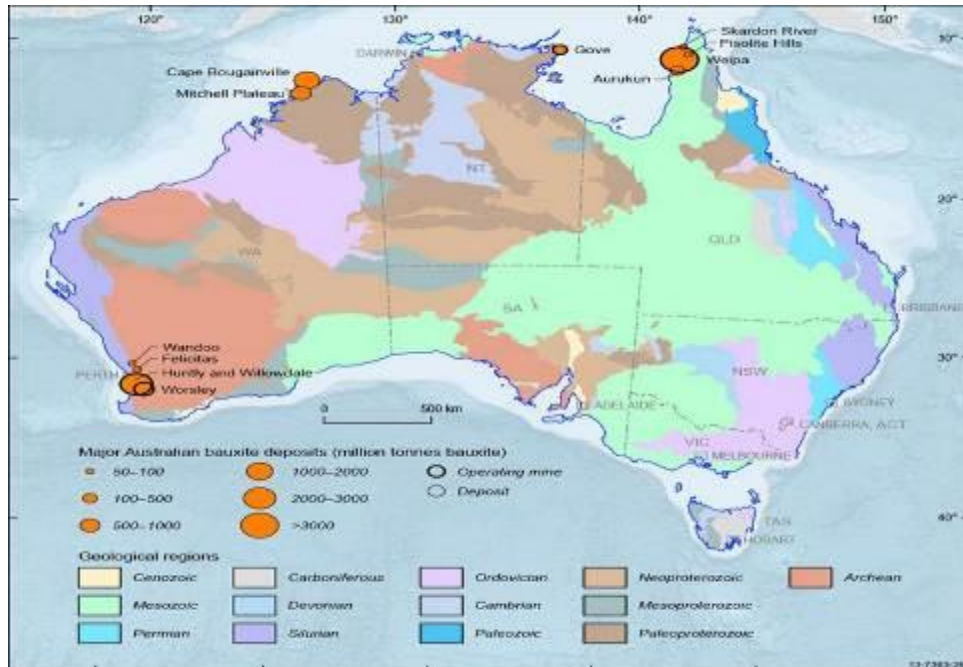
1.5. Dünya Boksit Yataklarına Genel Bir Bakış

Afrika: Savannah bölgesi, Afrika kıtasının uzun süredir düşük jeolojik aktivite yaşayan bir bölgesini kapsamaktadır. Fildişi Sahili'nden Madagaskar'a uzanan bu kuşakta çok büyük boksit yatakları tespit edilmiştir. Boksitin ana üretimi şu anda Gine ve Gana'da yoğunlaşmıştır. Kamerun, Sierra Leone, Mali ve Kongo bölgesi, diğer alanların yanı sıra önemli rezervlere sahiptir (MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 2020), (Şekil 1.3).



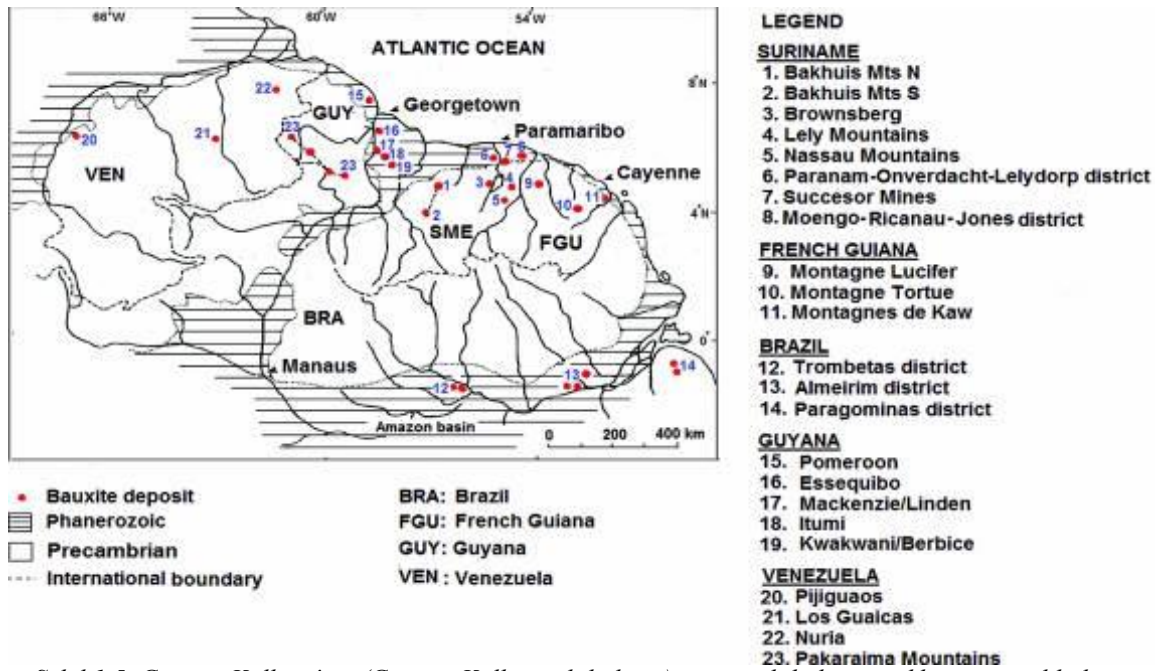
Şekil 1.3. Port Loko bölgesindeki boksit yatağına ait görüntü (Sierra Leone). (MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 2020)

Avustralya: Büyük yataklar Batı Avustralya'daki Darling Range'de, Kuzey Bölgesi'ndeki Gove Yarımadası'nda ve Queensland'daki Cape York Yarımadası'nda bulunmaktadır. Boksit ayrıca Yeni Güney Galler'de, Victoria'da ve Tazmanya adasında da mevcuttur. Avustralya çökelleri, Prekambriyen kumtaşlarından Tersiyer bazaltlara kadar değişen substratlar üzerinde Eosen ve Pliyosen dönemleri arasında gelişmiştir. Batı Avustralya yatakları dışındaki yatakların hepsinde bir miktar böhmit bulunmasına rağmen gipsit baskın alüminyum mineralidir (Rogers, 2020), (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Toplam tanımlanmış kaynaklara dayalı olarak Avustralya'nın başlıca boksit yatakları. (Britt, 2013)

Güney Amerika: Eski Guyana Kalkanı'nın dış yamaçlarında, ekonomik açıdan önemli birçok yatak tespit edilmiştir. Boksitler Brezilya'nın Amazon Havzasında, Kolombiya, Venezuela, Surinam, Guyana ve Fransız Guyanasında bulunurlar. Surinam ve Guyana'da 60 yıldan fazla bir süredir üretim yapılmaktadır, Brezilya Amazon yatakları ise yakın zamanda çıkarılmaya başlanmıştır. Boksit ayrıca Minas Gerais eyaleti Güney Brezilya'daki Pocos de Caldas bölgesinde de üretilmektedir. Güney Amerika boksitleri genellikle jeolojik olarak genç, gibsitik cevherlerdir (Bárdossy ve Aleva, 1990), (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Guyana Kalkanı'nın (Guyana Kalkanı alt bölgesi) en önemli boksit yataklarına genel bakış. Monsels, D., 2016).

Karayipler: Jamaika ve Dominik Cumhuriyeti, Tersiyer kireçtaşları üzerinde genellikle çok ince aşırı yük altında oluşan büyük karstik boksit rezervlerine sahiptir. Gibsit ana alüminyum minerali olmasına rağmen, bir miktar böhmit de mevcuttur. Jamaika, son 20 yıldır dünyanın önde gelen boksit üreticilerinden biri olmuştur (Jamaica Bauxite Institute, 2020), (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Jamaika'daki boksit cevherleşmeleri (Url.1)

Kuzey Amerika: Ekonomik açıdan önemli olan tek yatak, Eosen sırasında nefelin siyenit üzerinde gibsitik boksitin geliştiği Arkansas'ta bulunmaktadır (Bush ve Chandler, 2007).

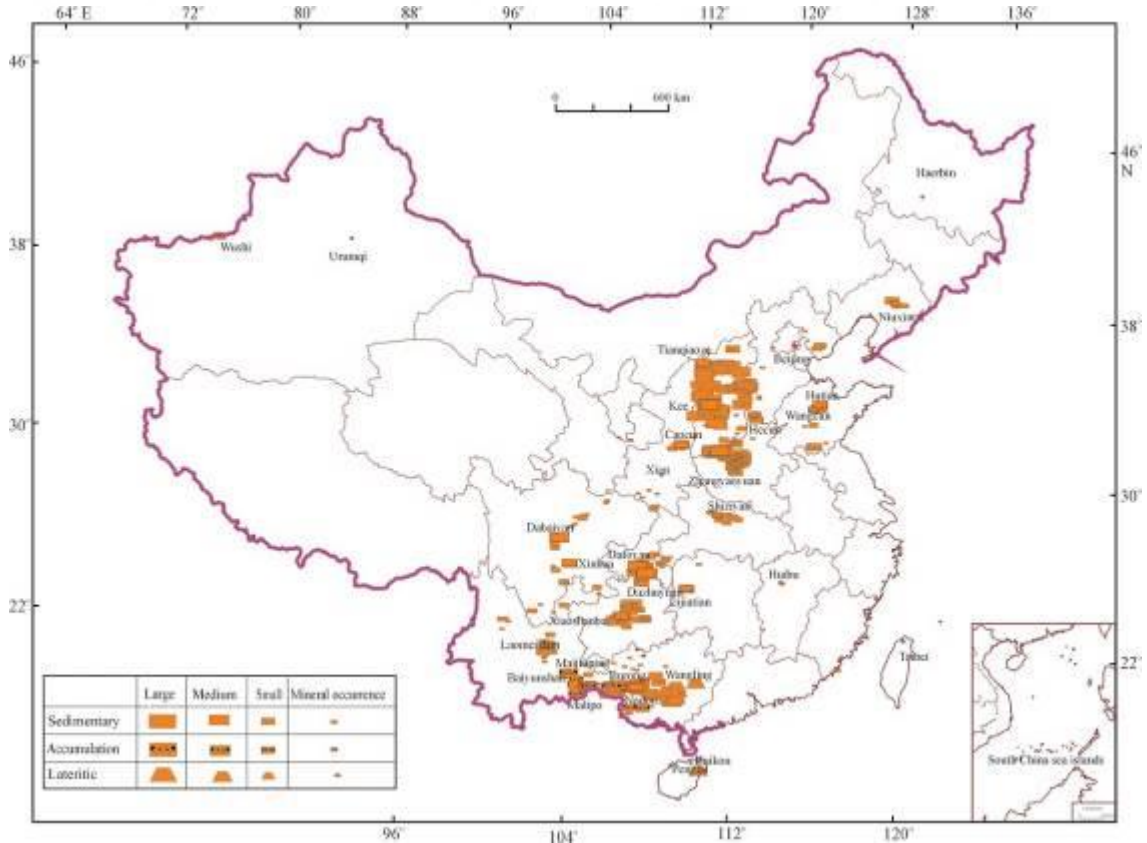


Şekil 1.7. Arkansas boksit yatağı (Bush ve Chandler, 2007)

Avrupa: Ticari olarak önemsiz birkaç olay dışında, tüm Avrupa boksitleri karst tipindedir. En eski yataklar (Devoniyen / Missisipiyen), eski Sovyetler Birliği'ndeki

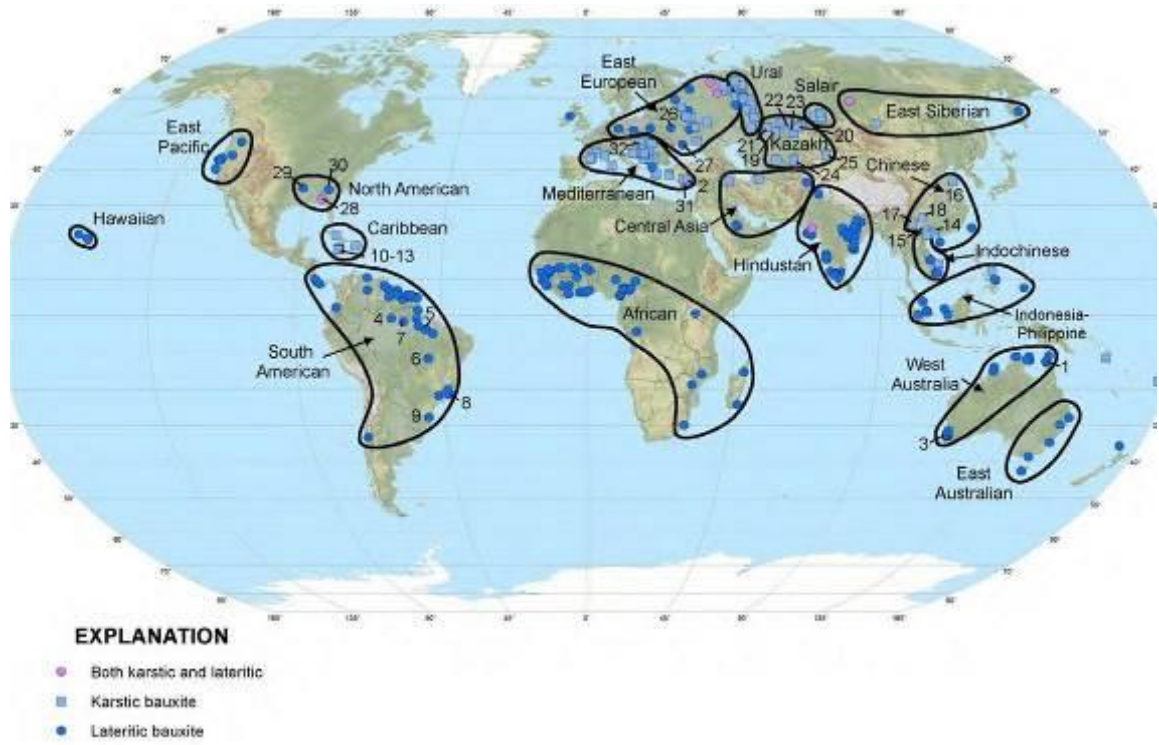
Tikhvin bölgesindekilerdir; en küçüğü eski Yugoslavya'nın Eosen boksitleridir. Çoğu Avrupa yatakları, Erken ve Geç Kretase döneminde gelişmiştir. Örneğin Fransa, Yunanistan ve Romanya'nın diaspor ve böhmit boksitleri ve Macaristan, eski Yugoslavya ve İtalya'da bulunan gibsit ve böhmit boksitleri bunlara örneklerdir. Bugün, tüm Avrupa madenleri birleşik olarak dünya üretiminin yalnızca yaklaşık %15'ine katkıda bulunmaktadır (Hudson ve ark., 2000).

Asya: Hindistan'da büyük gibsitik boksit yatakları meydana gelmiştir. Kalimantan adası (Endonezya) büyük potansiyel rezervlere sahiptir. Çin'de, çoğu jeolojik olarak eski, diaspor bakımından zengin cevher içeren çok sayıda boksit yatağı bulunmuştur. Önemli yataklar da Batı Sibirya'da bulunmaktadır (Hudson ve ark., 2000; Lan ve ark., 2015), (Şekil 1.8).



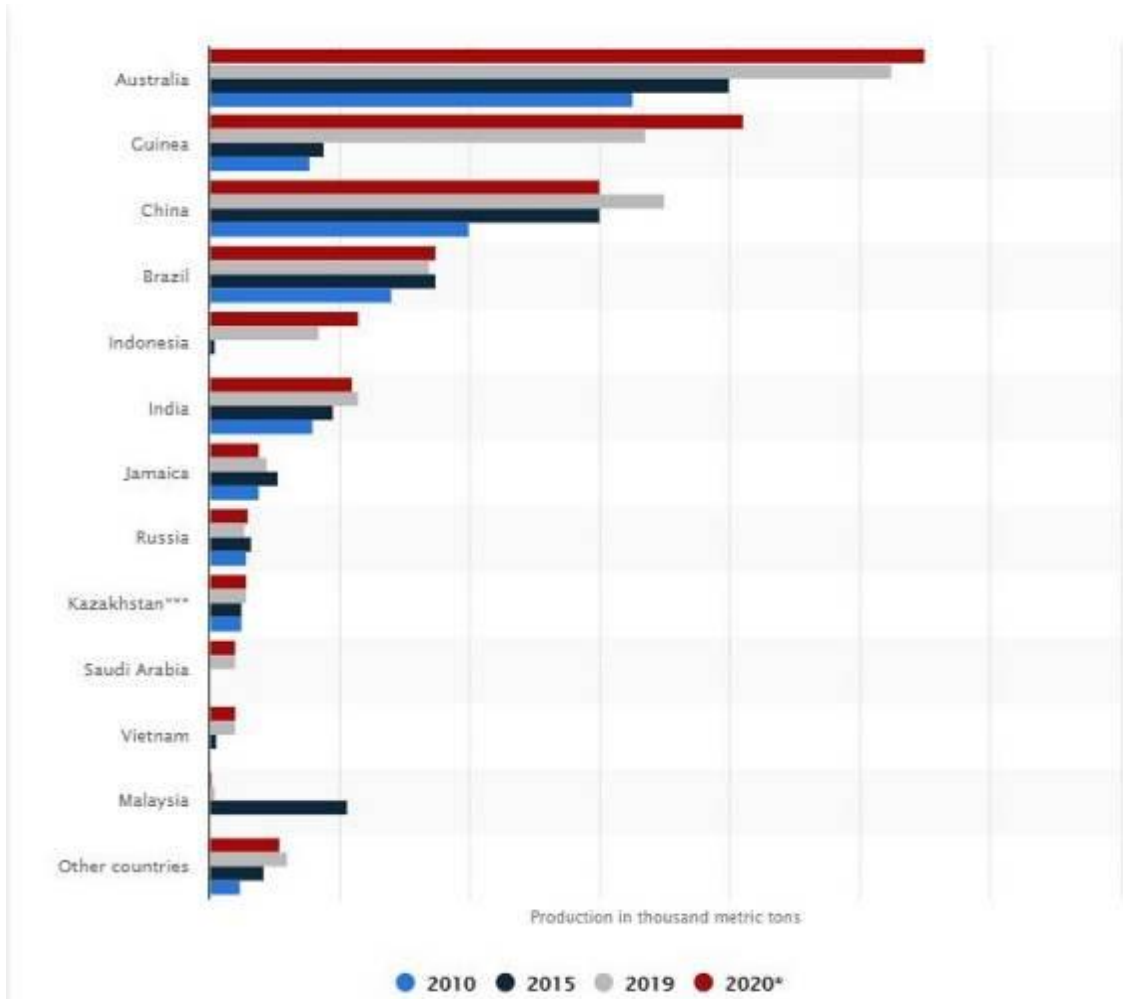
Şekil 1.8. Çin'deki boksit yataklarının dağılım alanları (Lan ve ark., 2015)

Yukarıda verilen bilgilerle önemli cevherleşmelere sahip spesifik yerler belirtilmiştir. Dünya genelindeki boksit yataklarının dağılımı ise Şekil 1.9.'da gösterilmektedir.



Şekil 1.9. Dünyadaki boksit yataklarının dağılımı. (Url.2)

2010'dan 2020'ye kadar dünya çapında boksit madeni üretiminde öncü olan ülkeler aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 1.10.). Buradan da anlaşılacağı üzere son 10 yılda boksit üretiminde Avustralya ve Gine ülkeleri liderliği sürdürmüştür. 2020 yılında 104 milyon ton boksit üretimiyle Avustralya dünya çapında en fazla boksit üreten ülke konumuna yükselmiştir. (Url.3)



Şekil 1.10. Dünya çapında boksit madeni üretiminde ülkelerin karşılaştırılması./Ton (Url.4)

1.6. Türkiye Boksit Yatakları ve Özellikleri

Türkiye'deki boksit yatakları, altı tanesi Anatolit-Torid birliğinde, biri Arap Platformu'nda ve biri de Pontidler'de olmak üzere sekiz bölgede yoğunlaşmıştır.

Sekiz bölge şu şekilde ayırt edilmektedir (i) Milas-Yatağan (Muğla) bölgesindeki diasporitik boksit yatakları Jura istiflerinin tabanının altındadır ve yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış jeolojik bir ortamda bulunur; (ii) Yalvaç-Şarkikaraağaç bölgesi esas olarak Üst Jura-Kretase birimlerinin tabanı altında oluşan böhmitleri içerir; (iii) Metamorfizmaya uğramamış Seydişehir-Akseki boksitleri esas olarak Santoniyen birimlerinin altında oluşan böhmitlerden oluşur; (iv) Alanya bölgesi boksitleri, sırasıyla Permien ve Alt Triyas, Alt Triyas ve Orta (?) Üst Triyas ve Üst Triyas ve Jura arasındaki uyumsuz dokanak boyunca üç seviyede diasporit ve nadir böhmitlerden oluşur; (v) Bolcardağı (Karaman) boksitleri metamorfizmaya uğramıştır ve çoğunlukla Orta Jura birimlerinin tabanı altında meydana gelen diasporit ve nadir böhmitlerden oluşur; (vi) Tufanbeyli-Saimbeyli-Kadirli boksitleri esas olarak Erken Permien öncesi ve Üst Triyas

ile Erken Jura birimleri arasında yer alan diasporit ve böhmit içerir; vii) Payas-Isahiye bölgesindeki demir açısından zengin boksitlerin arasında Turoniyen ve Senoniyen birimleri arasında hematit, maghemit, berthiyeirin ve diaspor bulunmektedir; (viii) Kokaksu (Zonguldak) bölgesi boksitleri, Alt Karbonifer ve Alt Kretase birimleri arasında diasporit, böhmit içerir (Hanilçi, 2019).

Türkiye'deki boksit bölgelerinin durumları Şekil 1.11.'de verilmiştir (Okay ve Tüysüz, 1999; Robertson ve Ustaömer, 2009).



Şekil 1.11. Türkiye'deki boksit bölgeleri. (Hanilçi, 2019)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Menderes Masifi'nin Güneybatı Kanadındaki (Aydın-Muğla) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması adındaki bu çalışmada daha önceden çalışma bölgesiyle ilgili jeolojik ve genel olarak boksit-diaspor konularında araştırma yapan çeşitli araştırmacıların yorumları derlenerek çalışma konusu hakkında bir ön fikir oluşturulmaya çalışılmıştır.

2.1. Bölgesel-Yapısal Jeolojik, Petrografik, Petrolojik ve Hidrojeolojik Çalışmalar

Akartuna (1962), İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla bölgesinde jeolojik incelemelerde bulunmuş ve çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir. Araştırma bölgesinde Hersiniyen ve Alpin orojenezine ait hareketler tespit edilmiştir. Araştırmacı tarafından Paleozoyik olarak tespit edilen kristalin şistlerin Hersiniyen orojenezinde (?), Kretase ve Neojen formasyonlarının da Alpin orojenezinin muhtelif fazlarındaki tesirler altında kalarak kıvrılıp kırıldığı belirtilmiştir. Miyosen ile Pliyosen arasında Rodanien fazının tesiri altında kalan inceleme bölgesinin nihai yapısının Pliyosen sonu hareketlerle biçim kazandığı da araştırmacı tarafından iddia edilmiştir. İnceleme alanında kristalin şist elemanlarını içeren flişin oluşumunun da, o devirde civardaki Menderes Masifi'nin kara halinde bulunmasıyla ve bu masifin Kretase denizindeki sedimanları verecek başlangıç maddelerini temin ettiğinin kabul edilmesiyle mümkün olacağı belirtilmiştir.

Schuiling (1962), bölgedeki birimlerin durumlarını araştırmıştır. Araştırmacıya göre Menderes Masifi'nde bulunan gnayslar migmatit cinsindendir ve kompleksin iç kısımları K-G veya KKD-GGB doğrultulu lineasyon ve kıvrım eksenleri içermektedir. Korund, diaspor ve granat göz önüne alınarak, Paleozoik kayaların metamorfizmalarının, migmatitik gnaysların oluşumu ve kompleksin kubbeleşmesi ile aynı yaşta olduğu belirtilmiştir. Menderes Masifi'ndeki gnaysların dom (kubbe) şeklinde bir yapı meydana getirdikleri ve migmatit kompleksinin gittikçe azalan metamorfizma dereceleri gösteren konsantrik zonlarla çevrili olduğu belirlenmiştir. Bunların da, yine konsantrik olarak, metamorfizma ile zımpara taşı ve diasporite dönüşmüş olan boksitlerle arakatkılı olan bir mermer formasyonu ile çevrili durumda olduğu belirtilmiştir.

Akartuna (1965), Aydın-Nazilli hattı kuzeyindeki yapısal jeoloji konusunda incelemeler yapmıştır. Çalışmalar sırasında kristalin seri ile Neojen arasında herhangi bir sedimanter birikime rastlamadıklarını belirten araştırmacı, Paleozoyik olarak kabul edilen kristalin seri ile Neojen arasında büyük bir stratigrafik boşluk olduğunu belirtmiştir. İnceleme sahasında Neojen tabakalarının çoğunlukla D-B doğrultusunda olduğu ve

ortalama olarak 20° eğimler gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanındaki mevcut tabakaların fazla eğim göstermediği halde yer yer önemli kırıklar içermesi durumu kristalin bir temel üzerine oturmuş ve Alpin hareketlerin masifi ve dolayısıyla üzerindeki tabakaları kırmış olması ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmacı ayrıca Neojen formasyonları ve Büyük Menderes ile diğer küçük vadi alüvyonlarındaki taraçaların varlığının, Alpin hareketlerin halen devam ettiğini gösterdiğine kanıt olduğunu ifade etmiştir.

Graciansky (1965), Menderes Masifi ile ilgili olarak önemli çalışmalar yapmıştır. Menderes Masifi'nin kıyılarında gnaysların üst sınırının kılavuz seviyelerine göre eğik olma durumunun migmatizasyon alanının diskordans yüzeyini geçerken üzerine çıktığı seviyede düzensizliklere işaret ettiğini belirtmiştir. Menderes Masifi'nin bölgesel şişmesinin bir reomorfoz sonucu oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca, transgresif örtünün tabanının granitleşmesinin uyumsuzluk izlerini sildiğini ve uyumluluk mevcutmuş gibi bir durum meydana getirdiğini saptamıştır.

Yüksel (1971), Büyük Menderes Havzası'nın batı bölümü ve Söke-Aydın arasındaki bölgenin 750 km²'lik kısmını kapsayan çalışma alanında bölgenin jeolojisini ve jeotermik enerji olanaklarını incelemiştir. Çalışma alanında görülebilen en eski birimlerin Paleozoyik yaşlı kabul edilen ve Menderes Masifi'ni oluşturan metamorfikler olduğunu ve alttan üste doğru gnays, granat şist-mikaşist mermer, metamorfik şistler (mikaşist, kuvarsit şist, serisit şist vb.) ve mermer şeklinde istiflenme gösterdiklerini ileri sürmüştür.

Ayan (1973), Gördes bölgesindeki migmatitler konusunda yapmış olduğu çalışmada, Gördes bölgesinde yer alan metamorfiklerin para orijinli olduklarını ve metamorfizmanın en ileri safhasında migmatitleşmenin meydana geldiğini ileri sürmüş ve migmatitleşmeden sonra anatektik bir granitik magmanın oluştuğunu ve bu magmadan oluşan granitlerin palinjen granit olup, Varistik orojenez sırasında hareket kazanarak yerleştiğini söylemiştir. Araştırmacı, pegmatoidlerin ise granitlerin farklılaşmasından türediğini belirtmiştir. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilere göre ise, Gördes metamorfik kompleksinin Prekambriyen devrinde mevcut bir jeosenklinalin sialik temeli üzerine çökerek, depolanan killi pelitik materyaller ile grovaklardan oluşan sedimentlerin, yüksek ısı ve çok yüksek basınç altında büyük derinliklerde metamorfizmaya uğraması ile rekristalize oldukları belirlenmiştir.

Akat ve ark. (1975), Menderes Masifi güneyinde bulunan Bafa gölü ile Muğla-Kavaklıdere arasındaki alanda çalışmalar yapmıştır. Dokanak izleme usulü ile 7 tanesi arazide, kısmen dokanak çizimine ve gözlem yerlerine dayandırılarak da 11 adet 1/25.000

ölçekli pafta hazırlamıştır. Menderes Masifi'nin çekirdeği ile örtüsü arasındaki ilgi kesin bir sonuca bağlanmamış olmakla beraber, yapı yönüyle farklılık, metamorfizma yönünden ise devamlılık sunduğu ortaya koyulmuştur. Domlaşma, granitizasyon, migmatizasyon ve örtünün metamorfizmasının aynı esnada, Alpin Orojenezi ile olduğu sonucu çıkarılmıştır. Diasporların bir seviye olduğu ve önceki teorilere ters düşen bir oluşumla, lateritizasyon safhası geçirmeyip ısı-ısı, çalkantılı ve zaman zaman duraylı bir ortamda, bazen mermerler ile girik olarak çökeldiği ortaya koyulmuştur.

Alkanoğlu (1978), doktora tez çalışmasında Menderes Masifi'nin güneydoğu kanadında çekirdek ve örtü serilerini içinde barındıran alanın 1:25.000 ölçekli haritasını hazırlamıştır.

Çağlayan ve ark. (1980), Menderes Masifi'nin güneyinde çalışmalar yapmışlar ve masifin çekirdeği üzerine, zor saptanabilen diskordans ile ince taneli gnays, granatlı şist, muskovitli kuvarsit, kloritoidli şist ve kalkıştıktan oluşan metamorfik bir istif geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Üst Kretase-Paleosen yaşlı kireçtaşlarında gnays çakıllarına rastlanmasının masifin güney kanadında, Miyosende de devam eden domlaşmanın bu yaşlarda başladığını vurgulamışlardır. Araştırmacılara göre, Geç Kretase'den beri süregelen domlaşma, güneydeki yatay hareketlerin etkinliğinin kuzeye iletimine engel olmuştur. Ayrıca daha sonraki yükselim şimdiki graben sistemlerinin gelişimini sağlamıştır. Milas dolaylarında Ilbıra dağındaki boksit merccekleri içinde diasporit, kloritoid ve olası margarit bulunuşu da dinamik metamorfizma olaylarının sonuçlarına bağlanmıştır.

Başarır ve Konuk (1981), Menderes Masifi'nin kuzeybatı kesiminde metamorfik kayaçların dolomit, fliş ve kireçtaşı tabakaları ile örtüldüğünü belirtmişlerdir. Bölgede yapılan incelemeler sonucunda bölgenin temelinin Barrowiyen tipi yeşilşist fasiyesindeki epizonal metamorfik kayaçlardan oluştuğu, metamorfik kayaçlarda kıvrım eksenlerinin Menderes Masifi'nde gözlenen kıvrım eksenlerinin genel doğrultusuna uyan en az iki tektonik yön bulunduğunu ve kloritleşmenin bu deformasyonlardan sonra olduğu saptanmıştır. Karaburun yarımadası dışındaki yakın bölgelerde ilk kez fosille belgelenmiş ve bindirme tektoniği ile yerleşmiş Triyas-Liyas oluşuklarının varlığı ortaya koyulmuş ve bindirmenin yaşının Eosen-Oligosen olduğunu belirtmiştir.

Dora ve ark. (1992) yaptıkları çalışmada Menderes Masifi'nin jeotektonik konumu ve metamorfik tarihçesi üzerinde durmuşlardır. Araştırmacılar, metamorfizma esnasında 420-650 °C sıcaklık ve 5-6 kb'lık basıncın etkili olduğunu belirlemişlerdir. Yaptıkları yaşlandırma (gözlü gnayslar 500 milyon yıl), kimyasal bileşim ve jeolojik

çevre çalışmaları ile Menderes Masifi'nin günümüz Afrika'sının yerindeki Ebürnian Kratonu'nun parçası olduğunu savunmuşlardır.

Dora ve ark. (1995), Menderes Masifi için litolojik istif ve yapısal konum açısından anahtar nitelikteki bir bölgenin 1:500.000 ölçekli jeoloji haritasının yapılması ve Masif'in jeotektonik-metamorfik evriminin ortaya koyulması amacıyla çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Harita yapımında öncelikle Menderes Masifi kayaları çekirdek ve örtü serileri olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, Ödemiş-Kiraz Asmasifi'nde Menderes Masifi'ne ait metamorfitlerin birbirlerini yatay tektonik dokanaklarla üzerledikleri belirlenmiştir. Menderes Masifi'nin bugüne kadar ortaya konmuş genel litostratigrafik istifinde çekirdek serisini oluşturdıklarını kabul edilen gnays, migmatit ve asidik metavolkanitlerin yanı sıra Ödemiş-Kiraz Asmasifi'nde çok geniş alanlarda mika şistlerin ve bunlarla ardalanmalı mermerlerin varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen yeni yapısal ve litostratigrafik bulguların ışığında yeniden haritalama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bozkurt (1996), batıda Bafa gölü doğuda ise Yatağan kuzeydoğusu arasında kalan geniş bir bölgede yüzeyleyen gözlü gnaysların yapısal olarak üzerlerinde duran örtü şistleriyle olan dokanak ilişkilerini incelemiş ve gnayslarda gelişen deformasyonun kinematiği, tektonik ortamı ve deformasyonla koşut metamorfizma koşullarının belirlenmesi için de mikro yapısal çalışmalar gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak 5 ayrı deformasyon fazı ayırtlanmıştır. Tüm masifi etkileyen deformasyon fazı yapıları olarak Batı Anadolu'da hala etkin olan neotektonik K-G gerilmesi sırasında oluşmuş olan D-B uzanımlı normal faylar olduğu belirlenmiştir.

Delaloye ve Bingöl (2000), Batı Anadolu'da izlenen granitoid bileşimine sahip kayaçları yaş durumlarına göre 2'ye ayırmışlar; Batıda Ege Denizi, kuzeyde Marmara Denizi-İzmit- Ankara hattı ile sınırlanan yarı derinlik asidik-ortaç bileşimli Kretase-Geç Miyosen yaşlı genç granitoidlerin kuzeyden güneye doğru gençleşen altı kuşak oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar, kalk-alkalen volkanik yay veya çarpışma sonrası (post-collision) ortamda oluşmuş olan genç granitoidlerin Karakaya Kompleksi, İzmir- Ankara Zonu ve Menderes Masifi'ni kestiğini, Gördes bölgesindeki granitlerin ise biyotit-muskovit içerdiğini ve yaşlarının $19.4 \pm 28.1 \pm 07$ arasında değiştiğini saptamışlardır.

Uygun ve Gümüşçü (2000), Çine asmasifinde bilinen 250 kadar albit zuhurunun boyut ve geometrilerini incelemişler ve petrolojik özelliklerini açıklamışlardır. Ayrıca, bölgedeki genç intrüzif yapılara da işaret edilmiş, albit oluşumunun Alpin metamorfizma

ve metasomatizma ile ilgisi de tartışılmıştır. Çine asması Pan Afrikan - Prekambriyen yaşlı bir ortognays kompleksi olup, uydu görüntülerinde de bölgede on kadar konsantrik ya da ışınsal intrüzif dom yapısı ayırtlanabilmiştir. Bölgede K-KD gidişli bir tektonik sistemin içinde görülen albit zuhurlarının saha ve petroloji verileri, bunların granitik çekirdek içinde yer alan ilksel aplit ve pegmatitler olduğunu düşündürmüştür. Araştırmacılara göre, albitlerin oluşumu yalın bir süreç olmayıp, Neojen yaşlı genç metamorfizma sürecine bağlı anateksi, intrüzif yenileme ve metasomatizma gibi evreleri de içermiş olmalıdır. Menderes Masifi'nin daha kuzey kesimlerinde albit oluşumlarına pek rastlanılmaması da, hem Çine asması ortognayslarının ilksel alkali karakterine, hem de güneydeki bu bölgenin sodyumca zengin intrüziflerle yenilenmesine bağlanmıştır.

Aydoğan (2001), Menderes Masifi'nin güney kanadında çalışmalar yapmıştır. Araştırmacı tarafından KD-GB gidişli İsmail Dağı'nın kuzeybatı kanadında zımpara yataklarının oluşumuna neden olabilecek muhtemel bir eğim atımlı normal fay olabileceği ve İsmail Dağı'nın horst, plaser zımpara yataklarının bulunduğu kesimlerin ise graben (çöküntü) şeklinde bir yapı içerisinde olduğu düşünülmüştür. Yapılan rezerv hesaplama çalışmaları sonucunda inceleme alanında toplam olarak 75.000 ton görünür, 75.000 ton muhtemel plaser zımpara cevheri tespit edilmiştir.

Barut ve ark. (2001), Milas Ekinambarı ve Savran tuzlu karst kaynaklarının hidrokimyasal ve çevresel izotoplar yardımıyla yorumlanmasını amaçladığı çalışmada öncelikle çalışma bölgesinin 1/100.000 ölçekli jeoloji ve hidrojeoloji haritalarını hazırlamıştır. İnceleme alanında Menderes Masifi'nin güney kesimlerini oluşturan Milas havzasının jeolojisini; temeli oluşturan otokton istif, temel üzerine sürüklenimle yerleşmiş bulunan allokton istif ile otokton ve allokton istifleri örten neo-otokton istifin oluşturduğunu belirlemiştir. Menderes Masifi'nin çekirdeğini oluşturan gnayslar üzerine şistler ve kireçtaşlarının geldiğini ve güneyden kuzeye doğru hareket etmiş olan Likya naplarının kuzeyde yer alan otoktonlara yaslandığını ifade etmiştir.

Candan ve Çetinkaplan (2001), Pan-Afrikan temele ait lokaliteler ve Eosen yüksek basınç metamorfizması konusunda çalışmalar yapmışlardır. Proje süresince üç yaz sezonunda iki farklı yaştaki yüksek basınç metamorfizması kalıntılarının gözlendiği lokaliteler amaca uygun, farklı ölçeklerde haritalanmış ve örneklenmiştir. Toplanan yaklaşık 3000 örnek, dokusal ve mineralojik özellikleri açısından mikroskopta incelenmiştir. Bu örneklerden 43 tanesi laboratuvarında mikroprob aygıtları ile incelenmiş ve 4200 adet mineral analizi yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından yapılan detaylı incelemeler sonucunda Pan-Afrikan temeldeki metamorfizma evrelerinin göreceli

sıraları; yüksek sıcaklık granulit fasiyesi, yüksek basınç eklojit fasiyesi ve orta basınç Almandin-amfibolit fasiyesi metamorfizmaları olarak belirlenmiştir.

Dora ve ark. (2001), Pan-Afrikan temele ait lokaliteler ve zirkonlardaki tek kristal yaş tayinleri konularında çalışmalar yapmışlardır. Proje kapsamında anahtar konumdaki lokaliteler amaca uygun, farklı ölçeklerde haritalanmış ve örneklenmiştir. Araştırmacılar tarafından arazi çalışmalarında jeokimyasal ve jeokronolojik veriler önceki çalışmalarda volkanik bir kökene sahip olduğu ileri sürülen paragnaysların baskın olarak litarenit bileşimindeki kırıntılardan türediğini göstermiştir. Menderes Masifi'nin üç asmasifine ait birer paragnays örneğinden ayıklanan zirkon ve sedimanter bir kökeni yansıtacak şekilde belirgin yuvarlaklaşma gösteren zirkonlar tek zirkon evaporasyon yöntemine göre yaşlandırılmıştır. Detritik karakterli zirkonlar 587 ± 9 - 2558 ± 4 arasında değişen saçılmış yaşlar vermiştir.

Koralay (2001), Menderes Masifi'nin jeotektonik evrimine açıklık getirmek amacıyla Ödemiş-Kiraz Asmasifi'nin doğusundaki çalışma alanlarından elde edilen jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik verilerden yararlanmış ve yorumlamalarda bulunmuştur. Araştırmacıya göre, ortognaysların granitik ilksel kayaları metapelit ve fillitlerden meydana gelen Pan-Afrikan temel kayaları ve Paleozoyik seriler, lökokratik ortognaysların granitik ilksel kayaları tarafından da kesilmektedir. Pan-Afrikan ortognayslardan analiz edilen zirkon popülasyonlarının düzgün magmatik zonlanmalı ve tipik magmatik özşekilli zirkonlardan oluştukları SEM ve CL fotoğrafları ile saptanmıştır. Lökokratik ortognayslardan elde edilen, SEM ve CL çalışmalarıyla tipik magmatik morfolojiye sahip ve özşekilli oldukları saptanan zirkon tanelerinden $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ tek zirkon evaporasyon yöntemiyle yaşlar elde edilmiştir. Jeolojik ve jeokronolojik veriler lökokratik ortognaysların ilksel kayalarının Pan-Afrikan temel ve Paleozoyik yaşlı örtü serileri içerisinde sokulum yaptığını göstermiştir.

Yakupoğlu (2001), Batı Anadolu'nun linyit içeren havzalarından biri olan Muğla-Yatağan Neojen havzasında çalışma yapmıştır. Araştırmacı bu çalışmayla havzanın sedimanter kayaçlarının stratigrafik, sedimantolojik-sedimanter petrografik ve mineralojik özelliklerinin belirlenerek oluşum ortamlarının ve bu ortamlar arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasını ve özellikle kil minerallerinin kökenlerinin ve evrimlerinin açıklanmasını hedeflemiştir. Sedimanter doku ve petrografi çalışmalarıyla kum boyu kırıntılı sedimanter kayaçların ortayla iyi arası boylandıkları ve bol miktarda karbonat bileşenleri içerdiklerini, kireçtaşlarının ise mikrit türünde olduğu belirlenmiştir. Kayaç

örneklerinin mineralojik analizlerinde dolomit, kalsit, aragonit, kuvars, feldispat, kil, mika ve pirit mineralleri saptanmıştır.

Erdoğan ve Güngör (2004), Menderes Masifi'nin güney bölümünde bulunan Bafa ve Kavaklıdere alanlarında incelemeler yapmışlardır. Bafa alanında mermer merccekleri içeren Mesozoyik yaşlı mikaşistlerin stratigrafik olarak alt düzeyleri oluşturduğu ve üste doğru dereceli bir zon boyunca Mesozoyik karbonat istifine geçmekte olduğu saptanmıştır. Bölgedeki granitlerin jeokimyasal olarak S-tipi, peraluminal ve çarpışma sırasında yerleşmiş granit özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından ortaya koyulan en önemli bulgu; Menderes Masifi'ndeki granitlerin sintektonik olarak Ana Menderes Metamorfizması sırasında Geç Kretase-Erken Senozoyik döneminde yerleştiği için gnaysik granitlerin konumu esas alınarak yapılan çekirdek ve örtü sınıflamasının yanlış olması şeklindeki görüşleridir.

Dora ve Akal (2005), Çine asmasifinde 8 bölge belirlemişler ve çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Arazi verileri, zirkon morfolojileri ve kimyasal bileşimleri, çalışma sahalarında yüzlek veren ve genelde gnays olarak tanımlanan kayaların tümünün granitik kökenli olduğunu ortaya koymuştur. Arazi gözlemleri ve petrografik çalışmalar söz konusu gnayslardaki farklılıkların granitlerin ilksel kayaçlarının farklılığından kaynaklandığını göstermiştir. Bölgede gözlü gnays, amfibol gnays, turmalinli lökokratik ortognays, porfiritik metagranit ve lökokratik metaaplit olmak üzere beş tür granit ayırtlanmıştır. Araştırmacılar tarafından yapılan radyometrik yaş tayini çalışmaları sonucunda söz konusu granitlerin kristalizasyon (sokulum) yaşları Gözlü gnays = 552.1 ± 2.4 my, Porfiritik metagranit = 551.5 ± 2.9 My ve Turmalinli lökokratik ortognays = 545.6 ± 2.7 My olarak belirlenmiştir. Saha ilişkileri ve radyometrik yaşlar söz konusu granitik kayaçların, Pan-Afrikan yaşlı, bölgesel ölçekte gelişmiş, çok evreli bir asidik magmatik aktivitenin birbirini izleyen ürünleri olduğunu göstermiştir.

Yavuz (2005), Muğla yöresinde üç farklı stratigrafik seviyede açılmış olan mermer ocaklarında üretilen mermer bloklarının boyutsal değerlendirilmeleri konusunda çalışma yapmıştır. Muğla yöresinde farklı stratigrafik seviyelerde blok mermer üretimi yapılan mermer ocaklarında üretilen mermer bloğu hacimlerinin ocak bazında ortalama $2.9-5 \text{ m}^3$ arasında değiştiği ve yöre bazında ortalama mermer bloğu hacminin $3.96 \pm 0.67 \text{ m}^3$ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ocaklarda üretilen mermer bloklarının hacimlerinde, yıllara göre belirgin bir değişiminin olmadığı belirlenmiştir.

Bağcı (2006), Menderes Masifi'nin güneyinde, Kozagaç-Kalınağıl (Muğla) köyleri arasında yer alan inceleme alanında bölgedeki mermerlerin jeolojik, mineralojik-

petrografik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Çalışmada mermerler iki ayrı bölgede ele alınmışlardır. Bunlar; kuzeyde kalın karbonat istiften oluşan yer yer metaboksit (zımpara) içeren Kozağaç mermerleri ve güney kesimde renk ve görünümüyle farklılık gösteren Kalınağıl mermerleridir. Ege bordo mermerlerinin renklenmesinde etkili olan parametreler de incelenmeye çalışılmıştır. Yapılan SEM incelemelerinde, hematit minerallerinin mermerlerin bordo renk almasında etkili olduğu gözlenmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop analiz sonuçları mermerlerin köken kayalarının sedimanter olduğunu göstermiştir.

Koralay ve ark. (2007), Pan-Afrikan ve Triyas yaşlı metamagmatik kayaların jeolojisi ve jeokronolojisi konusunda çalışmalar yapmışlardır. Menderes Masifi çekirdek ve örtü serilerinin Paleojen-Neojen’de etkin bir Alpin deformasyon ve bölgesel metamorfizmadan etkilendiği belirtmişlerdir. Elde edilen jeolojik ve jeokronolojik verilerin Menderes Masifi’nde, (i) Pan-Afrikan, (ii) Triyas ve (iii) Miyosen yaşlı üç ana magmatik aktivitenin varlığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Ortognayslardan elde edilen yaşlar ana olarak 540-550 My arasında yoğunlaşmıştır. 520-570 My aralığında saçılan bu yaşlar, Masifteki gnays türlerinin tümünün Pan-Afrikan yaşlı olduğunu ve aynı asidik magmatik aktivitenin ayrılaşmış ürünleri olarak yorumlanabileceğini göstermiştir. Menderes Masifi’ndeki bu yaygın magmatik aktivite, araştırmacılar tarafından Mozambik okyanusunun kapanmasıyla bağlantılı Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkilendirilmiştir.

Okay (2008), yaptığı çalışmada Menderes Masifi’nin nap paketi mi yoksa stratigrafik bir istif mi olduğunu araştırmıştır. Çeşitli araştırmacıların çalışmalarından yararlanılarak masifin durumu ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Menderes Masifi Mesozoyik örtüsü içinde karfolitin oluşmasının masifin klasik modeline zıtlık teşkil eden bir durum yaratmadığına dikkat çeken yazar, basınç çok fazla değişmediği sürece sıcaklık düştüğünde karfolitin oluşmasının mümkün olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmalardan faydalanarak Menderes Masifi için önerilen klasik modelin halen geçerli olduğunu ve “nap paketi” demek için eldeki jeolojik verilerin yeterli olmadığını söylemiştir.

Temur ve ark. (2009), Seydişehir ilçesinin 20 km güneyinde yer alan 50 km²’lik bir alanda Üst Kretase yaşlı Mortaş Formasyonu’na ait kireçtaşı ve terra-rossaların jeokimyasal özelliklerini belirlemek ve değerlendirmek için ICP-MS analizlerini kullanarak çalışmalar yapmışlardır. Bu amaçla araştırma bölgesinden 42 adet kireçtaşı ve 18 adet terra rossa numuneleri derlemişlerdir. Çalışma alanındaki terra rossa toprakları, genellikle düşük Al_2O_3 (%21), ancak yüksek CaO (%2) içerikleri ve alterasyon indeksleri

bakımından oldukça ayrıışmış ve zayıf olgunlaşmış topraklar olarak kabul edilmiştir. Terra rossa ve kireçtaşındaki element oranları, kireçtaşındaki terra rossa'ya dönüşüm sürecinde Ba, Si, Ti, Al ve Fe'nin yerinde kalarak birlikte zenginleştiğini göstermiştir. Co, Cu, Cr, Ni ve Pb'nin yanı sıra Ba, Zr, Ga, Nb ve Rb'nin kireçtaşına göre toprakta birleşmesi ve zenginleşmesi, eolyen taşınımından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Ca, Au, Hg, Sr, Se, Sb, Mo, Ag, U, Cd ve Na elementleri pedojenik dönüşüm sırasında en hareketli elementler olarak bulunmuştur. Kireçtaşı ve terra rossa'nın ana oksit bileşim oranlarına göre, topraklar, iyi yıkanmış, süzme ve birikim aşamasını tamamlayan, ancak silikat ayrışma aşamasını tamamen tamamlamayan bir toprağı temsil ediyor şeklinde tanımlanmıştır. Araştırmacılara göre; toprak oluşumu süreçlerinde kireçtaşının %97.76'sı yıkanarak uzaklaşmış; kireçtaşının sadece %2.24'ü toprak olarak çökmüştür. Böylece 61 kez/kat kütle küçülmesi meydana gelmiştir.

Çiftçi (2010), Datça ve yakın çevresinin jeolojisi konusunda çalışmalar yapmıştır. Yaklaşık 108 km²'lik çalışma alanında bölgenin yapısal konumu ve Likya Napları'nın bölgedeki tektonostratigrafik yerleşimi açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışma alanının tektonik konumu kapsamında bölgede 9 adet fay haritalanmıştır. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda elde edilen bulgularla, bölgenin 1/25.000 ölçekli detay jeoloji haritası, genelleştirilmiş tektonostratigrafik kesiti ve jeoloji enine kesitleri hazırlanmıştır. Çalışma alanının kuzey kesiminde bulunan peridotit kütlelerinin grimsi-kahverengi bir tonda olduğu, metal bir parlaklık verdiği saptanırken; güney kıyı şeridindeki aynı birimin yeşilimsi-kahverengi bir ton verdiği ve mat bir parlaklık gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanında, özellikle Kayaköy dolomitini kesen normal fayların dik, yüksek ve yüzlerce metre uzunluğunda fay duvarları oluşturduğu gözlenmiştir.

Erdoğan ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada Menderes Masifi kayalarının Batı Anadolu'da çok geniş ve açık mostralara sunmasına rağmen Pan-Afrikan çekirdek ile örtü birimleri arasında olması beklenen açısal uyumsuzluğun yapısal verilerinin hiçbir yerde açık olarak saptanamadığından bahsetmişlerdir. Araştırmacılar Alpin olaylarının Pan-Afrikan yapılarını tamamen silmiş olmasını açıklanması zor bir sorun olarak görmüşlerdir. Çalışmada Menderes Masifi'nde Prekambriyen yaşlı çekirdek olarak tanımlanan gnaysik granitler ile Paleozoyik-Mesozoyik çevre kayaların ilişkisi Dibeke dağı, Çine-Yatağan yolu ve İncirliova Barajı alanlarında yeniden haritalanarak incelenmiştir.

Koralay ve ark. (2011), Menderes Masifi'ndeki metagranitoidlerin jeolojisini ve jeokronolojisini inceleyerek bazı sonuçlara ulaşmışlardır. Araştırmacılara göre, Menderes

Masifi'nin Pan-Afrikan temeli Geç Neoproterozoyik yaşlı metakırıntılılar ve bunlar içerisine sokulmuş asidik ve bazik magmatiklerden yapılıdır. Menderes Masifi'ndeki gnaysların hepsi granitik kökenli kayalar kayalardan oluşup kayaları oluşturan paragnays ve şistlerden yapılı metakırıntılılarla iyi korunmuş intruzif dokanak ilişkileri sunmaktadır. Ortognaysların ilksel granitleri mineralojik bileşim ve dokusal özelliklerine göre biyotit ortognays, turmalin lökokratik ortognays ve amfibol ortognayslar olmak üzere üç ana grupta toplanmıştır. Menderes Masifi'nin temeli çok evreli metamorfik evrimi, ortognaysların sokulum yaşları, bu kayaların jeokimyasal özellikleri ve Türkiye'nin Geç Neo-Proterozoyik-Erken Kambriyen'deki paleocoğrafik konumu birlikte değerlendirildiğinde, söz konusu sokulumların Geç Neoproterozoik'te Mozambik Okyanusu'nun kapanması ve Doğu-Batı Gondvana'nın çarpışmasını sonuçlayan Pan-Afrikan Orojenezi süreci ile ilişkilendirilebileceği düşünülmüştür.

Altinoğlu (2012), Batı Anadolu'nun tektonik yapısının araştırılması amacıyla gravite, sismik, sismisite verileri ve jeolojik bilgileri birlikte kullanarak, iki ve üç boyutta modellemeler yapmış ve bölgenin kabuk yapısının modellerini ortaya koymuştur. Araştırmacı tarafından ayrıca, bölgede hakim tektonik yapılar olan graben havzalarını sınırlayan çizgisellikler, havza içi örtülü faylar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bölgeyi enine ve boyuna kesen profiller için iki boyutlu kabuk modeli oluşturulmuştur. Sığ kabuk yapısını modellemek için bölgedeki hakim graben yapıları olan Büyük Menderes grabeni, Denizli grabeni ve Alaşehir grabeni üzerinde alınmış sismik kayıtlar yorumlanarak, elde edilen modeller bu sismik hatlardan geçen profiller belirlenerek gravite verisinden iki boyutta modelleme yapılarak sediman tabaka modelleri oluşturulmuştur. Modellemeler sonucunda elde edilen kabuk modelleri; bölge için daha önceki çalışmalarda önerilen doğudan batıya doğru yükselme olgusunu desteklemiştir.

Darbaş ve Gül (2017), Dalaman-Ortaca-Göcek (Muğla) ve çevresinin stratigrafisi konusunda çalışma yapmışlardır. Çalışma alanında stratigrafik ve paleontolojik amaçlı incelemeler gerçekleştirilmiş olup, stratigrafik birimlerin litolojik ve paleontolojik analizi ile bölgenin paleocoğrafik evriminin anlaşılması amaçlanmıştır. Ancak yoğun bir tektonik rejimin altında bulunan bu sahada yapılan mikropaleontolojik incelemelerle herhangi bir fosil kaydına rastlanmamıştır. Paleocoğrafik evrim ise, bölgede yapılan daha önceki çalışmalar ile saha gözlemleri birleştirilerek oluşturulmaya çalışılmıştır. Yapılan petrografik incelemelerle, istifin bazı alanlarda (özellikle tabanda) çamurtaşı (az enerjili) ve vaketaşı-biyomikrit özelliğinde olduğu, daha üste doğru ise bağlamtaşı-biyolitit-biyomikrit fasiyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Türe (2017), Yatağan bölgesinin tektonik jeomorfolojisini araştırmış ve bu yönde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Araştırmacıya göre bölgede gerilmeye dayalı olarak birçok doğu-batı doğrultulu grabenler oluşmuştur. Bölge Yatağan ve Muğla olmak üzere 2 büyük havzadan oluşmaktadır. Her iki havza da kuzey ve güney sınırlarında farklı özellikler göstermektedir. Havzaların bir tarafı iyi gelişmiş, yaşlı morfolojiye sahipken, diğer sınırı daha genç morfolojiyi gösteren sarplıklardan oluşmaktadır ve yarı-graben özelliği taşımaktadır. Sınırlar boyunca yüzeylenen faylar üçgen yapıları oluşturmaktadır.

Ünal (2018), yarı kapalı havza özelliğindeki Çamköy (Milas-Muğla) Ovası'nın jeolojik, hidrojeolojik ve hidrokimyasal özelliklerini incelemek amacıyla çalışmalar gerçekleştirmiştir. İnceleme alanında Menderes Masifi kayaçlarından oluşan otokton birimlere ait Kalınağıl ve Milas formasyonları, Likya naplarına ait allokton Güllük formasyonu ve neo-otokton örtü kayaçları olan Yatağan formasyonu yüzeylemektedir. Bölge için yapılan meteorolojik bütçe hesaplamalarına göre ovadan yaklaşık olarak yılda $5.89 \times 10^6 \text{ m}^3$ beslenme miktarından fazla su çekilmektedir. Araştırmacı tarafından Çamköy Ovası'nda hidrojeokimyasal değerlendirmeler için yeraltısuyunun kalite ve kirlilik analizleri yapılmıştır. Bazı lokasyonlarda Al, Fe, Ni ve Zn içeriklerinin sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Bu elementlerdeki artışların akifer birim olan Yatağan formasyonu içerisindeki litolojilerle ilişkili olarak kaya-su etkileşiminden kaynaklandığı düşünülmüştür. Ovada yeraltı sularının sulama suyu ve endüstride kullanım açısından uygun olduğu tespit edilmiştir.

2.2. Boksit ve Diaspor ile İlgili Dünya'da Yapılan Yakın Zamanlı Çalışmalar

Nyamsari (2015), Minim-Martap boksit yataklarının jeolojisi, jeokimyası, yatak özellikleri ve kökeni konusunda çalışmalar yapmıştır. Çalışma sonunda ana kayaç, Terra-Rosa ve boksit örneklerinin majör ve iz element analizleri yaptırılmış ve veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Böylece boksit yatağının kökeni açığa çıkarılmıştır. Danielle ve Minim-Martap Plato yataklarının öncü kayacının ortaç pH'lı (bazik-asidik karakterli) mafik bazaltik-andezit olduğu saptanmıştır. Yolun Platosu'nun öncü kayacı ise ortaç pH'lı ultramafikten mafik bazaltik-andezit volkanik kayaçlara geçiş yapmıştır. Terra-Rosa ise bazik bazaltik-andezit volkanik öncü kayaçları işaret etmiştir. Platoların hepsinin zamanla Al_2O_3 , Ti ve bazı iz elementler gibi hareketsiz elementlerin birliğine yol açan yoğun kimyasal bozunma şartlarına maruz kaldığı da belirlenmiştir.

Zhang ve ark. (2017), Çin'in Yunnan bölgesindeki karst tipi boksit yatağında faz dönüşüm süreçleri hakkında çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar XRD, SEM-EDS ve

mikro-Raman analizlerini kullanarak Çin'in Yunnan bölgesindeki boksit yatağını mineralojik ve dokusal özellikler aracılığıyla karakterize etmeye çalışmışlardır. Boksit yatağının dokusal özellikleri ve stratigrafisi göz önüne alındığında, bazı Al-oksihidroksitlerin ve Ti-oksitlerin, Geç Permiyen döneminde ayrışma sırasında lateritik topraktaki boksitleşmenin ürünleri olduğu anlaşılmıştır. Araştırmacılara göre, boksitleşmenin ilk aşaması, hava etkisiyle ilişkilidir. Araştırmacılar tarafından Permiyen dönemindeki sıkıştırmanın Al, Fe ve Ti içeren minerallerin polimorflarına faz dönüşümü için gerekli P-T koşullarını sunduğu düşünülmüştür.

Reinhardt ve ark. (2018), Kuzeydoğu İspanya Katalan Kıyı Sıradağları'nın karstik boksit yataklarındaki NTE'nin jeokimyası ve mineralojisi konusunda çalışmalar yapmışlardır. İncelenen boksit cevherlerinin baskın bir breş ve yerel ooido-pisoidik ve pelitomorfik dokuya sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Boksit cevherlerinin çoğunlukla kaolinit ve hematitten ve daha az miktarda böhmite, diaspor, rutil ve kalsitten oluştuğu belirlenmiştir. Araştırmacılara göre boksit kayalarının en olası öncü materyali, muhtemelen Ebro masifi paleo-yüksek erozyonu sırasında ara bileşime sahip magmatik kayalardan türetilen killi tortulardır. Araştırmadaki en önemli bulgu, NTE içeren karbonatların yokluğu ve tek NTE taşıyan mineral fazlar olarak fosfatların varlığıdır. Bu durumun da diğer Akdeniz tipi karstik boksitlere göre belirgin şekilde farklı oluşum koşullarını gösterdiği ve nispeten yüksek başlangıç fosfor içeriklerine işaret ettiği belirlenmiştir.

Abedini ve ark. (2019), İran'ın kuzeybatısında bulunan Kanirash boksit yatağında çalışmalar yapmışlardır. Öncelikle boksit yatağının ne tür cevherler içerdiği araştırılmıştır. Boksit cevherlerinin esas olarak; diaspor, hematit, pirofillit, illit, rutil ve daha az miktarda zirkon, pirit ve barit içerdiği belirlenmiştir. Bu mineral topluluğunun, yatağın vadoz ve serbest su ortamları arasındaki bir geçiş bölgesinde oluştuğunu gösterdiği belirtilmiştir. Optik mikroskopik gözlemlere dayanarak, Kanirash boksit yatağının kökeninin allokon olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılara göre ayrışma çözeltilerindeki pH değişimleri, karbonat anakayasının tamponlama özelliği, mineral kontrolü, organik materyallerin varlığı ve yeraltı suyu çizelgesindeki dalgalanmalar gibi bazı faktörler, eser ve nadir toprak elementlerinin dağılımında önemli rol oynamıştır.

Altingoz ve ark. (2019), tanzanit ve zultanitin değerli taş markalama konusunda renk ve yerel miras özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar tanzanitin dünya çapında bilindiğini ancak Muğla-Milas bölgesinde çıkarılan zultanitin o kadar da bilinmediğini belirtmişlerdir. Tanzanitin çekici renginin, pazarlama inceliğinin ve kuyumcular

tarafından doğru bir şekilde işlenmesinin sonucunda popülerlik kazandığını belirten araştırmacılar, zultanitin yeterince tanıtılmamasının sonucunda ülke ekonomisine yeterli katkı sağlamadığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılara göre aradaki farkın büyük olmasının nedenlerinden biri de taşların boyutları ile ilgilidir. Tanzanitin küçük boyuttaki parçaları bile gözle görülebilir bir parlaklık ve renk değişimine sahipken zultanitin küçük boyutlarının yeterli parlaklığa sahip olmaması onu ikinci plana atmıştır. Araştırmacılar, Türkiye ekonomisi açısından bu durumun değerlendirilmesi gerektiğini ve zultanitin pazarlama konusunun detaylandırılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sidibe ve Yalcin (2019), Batı Afrika'nın Kindia bölgesinde Balaya boksit yataklarının petrografisi, mineralojisi, jeokimyası ve oluşumu hakkında çalışmalar yapmışlardır. Mineralojik analiz ve petrolojik çalışma, mineralojinin Balaya platosunun her iki boksit türünde de neredeyse aynı olduğunu ortaya koymuştur. Saha çalışmalarında incelenen boksit yataklarında gibsit/hidrarjilit (ortalama %83.90), götit ve alüminöz götit başlıca mineral bileşenler olarak; anataz, rutil, diaspor ve kaolinit minör mineraller olarak, zirkon ve kuvars da aksesuar mineraller olarak belirlenmiştir. Tüm kayaç ve eser element analizi, Balaya boksit cevherinin ana bileşenlerinin Al_2O_3 (ağırlıkça %49.70-61.00), SiO_2 (ağırlıkça %0.30-5.00), Fe_2O_3 (ağırlıkça %1.60-19.00) ve TiO_2 (%1.71-3.70) olduğunu göstermiştir. Ayrıca mikroskop altında, psödomorf boksitler esas olarak kristalin dokular sergilemiştir.

Yang ve ark. (2019), Çin'in Batı Henan kentindeki Poci boksit yataklarının mineralojik ve jeokimyasal özellikleri konusunda çalışmalar yapmışlardır. Jeokimyasal araştırmalar, Rb, Cs, Ba, Cu, Zn'nin tükendiğini; B, Ga, Bi, V, Sc, Zr, Hf, Nb, Ta, W, U ve Th'nin boksit yataklarında zenginleştiğini ortaya koymuştur. B, boksit cevherleri ve killeri (içeriği 176-1061 ppm) bakımından oldukça zenginleştirilmiştir ve SiO_2 ile pozitif olarak ilişkilidir, bu da B'nin ağırlıklı olarak kil bileşenlerinde bulunduğunu göstermiştir. Kütle değişimi hesaplamaları Hf, Zr, Nb, Ta, U, Th, Sc, Cr ve Ga'nın boksitleşme işlemi sırasında TiO_2 'ye göre stabil olduğunu ortaya çıkarmıştır, bu da bu elementlerin esas olarak anataz ve diaspor ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

Zhang ve Zhang (2019), Çin'in Guizhou eyaletinin merkezindeki düşük dereceli diasporik boksit yatağında çalışmalar yapmışlardır. Boksitteki ana kimyasal bileşenleri belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Boksit yatağındaki ana minerallerin diaspor, böhmit, kaolinit, illit ve anataz olduğu belirlenmiştir. Boksit yatağında Al, çoğunlukla kil minerallerinde, diasporlarda ve böhmitlerde bulunmuştur. Li, çoğunlukla küçük bir diaspor ve böhmit kısmı ile kil minerallerinde tespit edilmiştir. Li'nin esasen

iyonik olarak kaolinitin dış hidroksil grubuna ve illitin ara tabakasına bağlı olduğu bu çalışmayla anlaşılmıştır.

Zhu ve ark. (2019), Henan eyaletinin Songqi bölgesinde yüksek konsantrasyonlarda nadir toprak elementleri içeren boksit yataklarını incelemişlerdir. Bu boksit cevherlerinde NTE'nin oluşumlarıyla ilgili hiçbir çalışma yapılmamış olması sebebiyle araştırmacılar petrografik gözlem, X-ışını kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskobu ile enerji dağılım spektroskopisi (SEM-EDS) ve LA-ICP-MS teknikleri kullanarak Songqi boksit yataklarında NTE oluşumunu ve olası zenginleştirme mekanizmalarını araştırmışlardır. Araştırmacılar boksit yataklarındaki başlıca alüminyum bakımından zengin cevher mineralinin diaspor olduğunu ve diğer bir arada bulunan minerallerin, az miktarda hematit, pirit, anataz ve zirkon içeren kil mineral kümelerini içerdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca yapılan analizler sonucunda Songqi bölgesindeki boksitlerin çoğunlukla hafif nadir toprak elementleri zenginleştirilmesi gösterdiğini ve NTE'nin, iyon adsorpsiyon durumu olarak öncelikle diaspor ve kil minerallerini içerdiği belirlenmiştir. Araştırmacılara göre, NTE, süperjen durumu nedeniyle cevher içeren kaya serisinin alt kısmına taşınmaktadır, bu nedenle cevher içeren kaya serisinin orta ve alt kısmındaki NTE içeriği nispeten yüksektir.

Weng ve ark. (2019), Çin'in güney kısımlarında bulunan büyük boksit yatakları hakkında çalışmalar yapmışlardır. Oluşum geçmişine dair fikir edinmek için Zunyi yatağının petrolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelemesi gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılara göre Zunyi profili, petrolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerle kaydedilen ve çok aşamalı oluşum geçmişini gösteren yedi adet boksit döngüsü içermektedir. Her döngü bir alt boksitli kıltaşı tabakası ve bir üst boksit cevheri tabakasından oluşmaktadır. Boksit cevheri, yüksek Al_2O_3 , yüksek Al-minerali (diaspor) ve düşük SiO_2 içeriği ile karakterize edilmiştir. Pozitif Ce anomalileri, yüksek CIA değerleri (> 90) boksit cevherinin yoğun kimyasal ayrışma ve iyi drene edilmiş bir toprak ortamında sızıntı yoluyla oluştuğunu göstermiştir. Boksitli kıltaşı, nispeten daha düşük Al_2O_3 ve daha yüksek SiO_2 ve kil minerali (çoğunlukla illit) içeriği ile karakterize edilmiştir. Bu litoloji, hem negatif hem de pozitif Ce anomalileri, orta CIA değerleri (70-80) ve bazı elementlerin (örn. Fe, K) zenginleşmesini sergilemiş ve zayıf drene edilmiş bir toprak ortamında orta derecede kimyasal ayrışma yoluyla oluştuğunu göstermiştir.

Wu ve ark. (2019), diasporitik boksitteki kaolinitin çözünme kinetiği ve uzaklaştırma mekanizması konusunda çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar, atmosferik basınçta alkali çözeltide diasporitik boksit içindeki kaolinitin yeni bir kimyasal

öndesilifikasyon işlemini önermişlerdir. Çözünme kinetiği ve mekanizması; kimyasal analiz, XRD ve SEM ile çalışılmıştır. Sonuçlar, kaolinitin çözünme sürecinin esas olarak kimyasal reaksiyonla kontrol edildiğini ve çözünme oranını iyileştirmenin en etkili yolunun sıcaklığı artırmak olduğunu göstermiştir.

Abedini ve Khosravi (2020), Amir-Abad karst tipi boksit yatağında çalışmalar yapmışlardır. Boksit cevherleri, Erika Formasyonunun Triyas dolomitik kireçtaşı ile Shemshak Formasyonunun Alt Jura kumtaşı, silttaşı, şeyl ve kömürün temasında tabakalar ve mercek şekilli cepler olarak ortaya çıkmıştır. PXRD ve SEM-EDS analizlerine dayanarak boksit cevherlerinin esas olarak diaspor, hematit ve kaolinit grubu minerallerinden (örneğin, kaolinit ve montmorillonit) içerdiği, daha az miktarlarda götit, anataz / rutil ve zirkon içerdiği belirlenmiştir. Amir-Abad karst tipi boksit yatağının, ooidik, pisoidik, spastoidik ve yuvarlak taneli dokularla karakterize edildiği de tespit edilmiştir.

Linga ve ark. (2020), Güneybatı Çin'in Guizhou Eyaleti'nin merkezindeki Karbonifer yaşlı karstik boksit taşıyan kaya serisinin iz elementler, özellikle de Li, Ga, V ve nadir toprak elementleri bakımından zengin olduğunu belirlemişler ve bu yatakların kapsamlı olarak kullanım potansiyeli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yapılan jeokimyasal çalışmalar sonucunda simektitin Li'nin ana konak mineralleri olabileceği ortaya koyulmuştur. Ayrıca, Ga mineralinin diaspor/böhmit bakımından zenginleştirilmiş olduğu, içeriğinin 98.6 ila 409 ppm (ortalama 201 ppm) arasında değiştiği ve V mineralinin esas olarak demir içeren mineraller, özellikle klorit (ortalama 861 ppm ile 739 ila 981 ppm arasında) bakımından zenginleştirilmiş olduğu da tespit edilmiştir.

2.3. Boksit ve Diaspor İle İlgili Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Dana (1944), Menderes Masifi güney kanadındaki bölgede bulunan diasporit ve zımpara yataklarının diaspor içeren bölge olduğunu belirtmiştir.

Wipperm (1963), Muğla ve Söke arasındaki bölümü kapsayan alanda diasporit ve zımpara zuhurlarının oluşumlarını incelemiştir. Araştırmacı, diasporitlerin daha kolay ve daha ucuz olarak alüminyum haline getirilmelerinin mümkün olduğunu ileri sürerek etüd programını bu konu üzerine yoğunlaştırmıştır. Menderes Masifi'ne yönelmiş olan ekaylar içindeki metamorfozun, uzaktakilerden daha şiddetli olduğunu saptayan araştırmacı bunun sonucu olarak masifin hemen yakınında daha ziyade zımpara kayaçlarının bulunduğunu, daha uzaktaki yüzleklerde ise diasporitlerin hakim olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı tarafından rezervler, bugüne kadar tespit olundukları oranda, 150.000 ton

diasporit (her bir metre derinlik için) üzerinden tahmin edilmiştir. 200 m'lik bir işletme derinliği hesaba alınarak, buradaki cevher yatağının 30 milyon ton olduğu belirtilmiştir.

Günalay (1964) Muğla – Yatağan zımpara ve diasporit yataklarından alüminyum üretimi üzerine çalışmış ve her saha için ekonomik veriler ortaya koymuştur.

Tuğal (1964), Milas civarının diasporit zımpara yatakları konusunu araştırmıştır. Bu yatakların ekonomik yönden, alüminyum sanayisine elverişli olup olmadığını belirlemek için çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir. Menderes Masifi'ne yakın mostralarda boksitlerin daha fazla metamorfizma geçirerek zımparalaştığını belirleyen araştırmacı masiften uzaklaştıkça metamorfizmanın azalarak zımparalaşmanın görülmeyişini fakat diasporitlerin gözlendiğini belirtmiştir. Bu cevherleşmenin dağılışının tamamen bindirme fayları ile kontrol edildiğini belirten araştırmacı, dört ayrı zonda mostra tespit ettiğini ifade etmiştir. Yapılan etüdler sonucunda Milas ve civarındaki diasporit yataklarının 32 milyon ton rezervden 19.000.000 tonunun alüminyum sanayisine elverişli olduğu, geri kalan 1.3000.000 tonun ise SiO_2 yüzdesinin %10'dan büyük olmasından dolayı elverişli olmadığı tespit edilmiştir.

Wipern (1964b), Denizli ve Yatağan arasındaki diasporit yataklarını incelemiştir. Araştırmacı, Yatağan ve Kavaklıdere arasında bulunan zımpara yataklarından olan İsmail dağı, Kırca, Sarnıçalı, Elmacık, Sandal ocağı, Yatağan ocağı, Kaflancık, Şeref, Madendağ, Eğlidağ, Tilkidamtepe, Tirkestepe, Topantepe, Yumaklı Çeşmebaşı, Körtepe bölgesinde bulunan zımpara yataklarından olan Akçakavak, Ahırlıgedik, Madençukur, Yalnızcağaç, Aybey, Devertaşı, Düzlem, Domuzalanı; Karacasu bölgesindeki zımpara yataklarından olan Cicivan Kızılcağı, Bölükardıç, Kabaktepe, Kabakbelen, Nebidam, Bingeç yataklarının rezervleri hakkında bilgi vermiş ve bu rezervler hakkında yorumlamalarda bulunmuştur.

Wipern (1965b), Menderes Masifi çevresinde bulunan diasporit ve zımpara yatakları hakkında incelemelerde bulunmuştur. Muğla çevresindeki yatakların diaspor kalitesinin kötü, SiO_2 tenörünün yüksek ve Milas'takinden daha fazla olduğunu belirtmiştir. Bütün yatak kompleksinin tartılan ortalamasından %12.22 SiO_2 , %50.18 Al_2O_3 , %23.15 Fe_2O_3 ve %2.65 TiO_2 elde edildiğini ifade etmiştir.

Ayrton ve ark. (1966), Muğla ilinin birkaç kilometre kuzeydoğusundaki Asarüstü köyü yakınlarında bulunan diasporlu yatağı incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmaların sonucunda yataktaki sert ve masif kayacın diasporlu boksit olduğunu belirtmişlerdir. Bu kütlenin kendine has özelliklerinin olduğunu ancak bunun yanında bulunan altere olmuş kayacın başka bir petrografik orijinden geldiğini ifade etmişlerdir.

Ayhan ve Karadağ (1985), Şarkikaraağaç güneyinde bulunan boksit yataklarının jeolojisini ve oluşumunu incelemiştir. Şarkikaraağaç güneyinde yüzeyleyen ve iki bağımsız kuşak biçiminde izlenen cevherlerin oluşum mekanizmalarının tümüyle birbirinden farklı olduğu saptanmıştır. Cevher kuşaklarından ilkinin Çaltepe Formasyonu'na ait dolomitler ile Feletepe formasyonuna ait kayalar arasında bir uyumsuzluk hattı boyunca yer aldığı belirtilmiştir. Bu cevher kuşağı başlıca hematit, şamozit, kaolinit, pirokroit, diaspor ve götit mineralleri içerdiği için cevherler boksitli demirler olarak tanımlanmıştır. İkinci cevher kuşağının da Kıyakdede formasyonu ile Karayaka formasyonu arasında bulunduğunu ve tümüyle doleritlerden türemiş oldukları ifade edilmiştir. Başlıca böhmite, diaspor, kaolinit, hematit ve götit ile temsil edilen cevherler, demirli boksitler olarak tanımlanmıştır. Her iki cevher kuşağının kimyasal bileşiminin farklı olduğu ve boksitli demirlerin, demirli boksitlere oranla SiO_2 , Al_2O_3 ve TiO_2 açısından daha fakir olmasına karşın FeO , MnO ve MgO açısından daha zengin olduğu belirlenmiştir.

Alp (1996), Muğla-Milas yöresi Savran, Göbekdağı, Yaylıdağ ve Kayaderesi yataklarından temin edilen ve 200 mesh elek altı olacak şekilde öğütülen cevher örnekleri ile bunların karıştırılmasıyla hazırlanan bir harmanın öncelikle kimyasal analizi, yoğunluğu ve tane boyu analizi konusuna yoğunlaşmıştır. Boksit cevher örneklerinin ve harmanın statik metotla kalsinasyonu gerçekleştirilerek belirli sıcaklıklarda uğradığı ağırlık kayıpları tespit edilmiştir. Öğütülmüş boksit cevherinden Al_2O_3 ve SiO_2 ekstraksiyon verimine belirli mol kesrinde alkali (CaO ve/veya Na_2CO_3) ilavesinin, kalsinasyon sıcaklık ve süresinin, liç süresinin, çözücünün alkali molar konsantrasyonunun, katı-sıvı oranının ve harmanın tane boyutunun etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, bu tip diasporitik boksit cevherlerinin düşük sıcaklık ve alkali konsantrasyonunda çözündürülebilmesi için gereken optimum koşullar belirlenmiştir. Tane boyutunun Al_2O_3 ve SiO_2 % ekstraksiyonuna etkisi incelendiğinde, tane boyutunun azaltılmasının alümina verimine fazla bir katkı sağlamadığı, çözeltiye geçen SiO_2 oranındaki Al_2O_3 'e göre nispeten biraz fazla olduğu belirlenmiştir.

Gülfen (1996), Muğla-Milas bölgesinde bulunan diasporitik tür boksit cevherleri konusunda çalışmalar yapmıştır. Araştırmanın asıl konusunu Göbekdağı boksit cevherlerinin sülfürik asit çözeltisindeki çözünürlüğü oluşturmıştır. 200 mesh elek altı olacak şekilde öğütülen cevher örnekleri ile yapılan çözünürlük çalışmalarında, atmosferik şartlarda ve katkı maddesi kullanılmadan kalsinasyon sıcaklığı ve süresi, sülfürik asit konsantrasyonu, çözündürme sıcaklığı ve süresi parametreleri incelenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, büyük oranda çözünmenin sağlanabilmesi için cevherin 873 K sıcaklığında kalsine edilmesi gerektiği, kalsinasyon süresi olarak da 3 saatlik sürenin yeterli geleceği belirlenmiştir. Oda koşullarında yapılan çözünürlük çalışmalarında söz konusu kalsine ürün için uygun çözücü konsantrasyonunun 8 M H_2SO_4 olduğu belirlenmiştir. Çözünürlük çalışmalarından elde edilen sonuçların kinetik değerlendirilmesinin yapıldığı aşamada çözünme olayının ürün katmanında difüzyon kontrollü olduğu yapılan hesaplarla bulunmuştur. Bu çözünmeyi temsil eden kinetik ifadelerden aktivasyon enerjisi 71.485 kJ/mol olarak hesaplanmıştır.

Lüle (1998), Güneybatı Anadolu'da yer alan Menderes Masifi'nin örtü birimlerini oluşturan Küçükçamlıktepe boksit yatağı hakkında çalışmalar yapmıştır. Buradaki yatağın cep ve mercek şekilli diasporitlerden oluştuğu saptanmıştır. Ooid, pisoid, köşeli ve saçaklı tanelerden oluşan ve bir matriks ile sarılmış boksitlerde, taneler ve matriks arasında diaspor ve hematitin oluşturduğu kombinasyonlar sonucu 4 ayrı doku türünün izlendiği belirtilmiştir. Araştırmacıya göre, masif boksit olarak adlanan bu oluşum diyajenezin ileri evrelerinde kırılıp çatlamıştır ve çatlaklardan aşağı inen Al, Si ve Fe'ce zengin çözeltiler masif boksitlerin taban, tavan ve çatlaklarında kaolin, diaspor, hematit oluşumlarına yol açmıştır. Bu mineral parajenezi daha sonra yeşil şist metamorfizma fasiyesi koşullarında diaspor ve kloritoidlerin oluşmasına yol açmıştır.

Saatçioğlu (2002), Küçükçamlıktepe diasporitik boksit yatağından çıkan ve Danışment yatağında da varlığı bilinen diaspor kristallerinin özelliklerini araştırmıştır. Kristallerin oluşumu, yatak içinde dağılımı, rezervi ve işletilebilme şartları tespit edilmeye çalışılarak ayrıca üretilen kristallerin yapılan kimyasal analizleri ve minerolojik yapıları makroskopik olarak incelenmiştir. Bütün faaliyetler ilk aşamada kristallerin düzenli sayılabilecek şartlarda oluşmadığını, dolayısıyla rezerv hesaplarının net doğrulukla yapılamayacağını, yataktaki değerleri tam olarak belirlenmeden diasporitik boksit üretimi yapıldığı sürece kristallerinde üretilebileceğini göstermiştir. Ancak ocakta üretim bazlı faaliyetler esnasında birçok hazırlık yapıldığını da göz önüne almak ve bu avantajın şayet düşünülecekse, tek başına kristal üretimleri için değerlendirilmesinin gerekeceğinin düşünülmesi gerektiği belirtilmiştir.

Karadağ ve ark. (2006), boksitlere kaynak olabilecek kaya türünün belirlenmesinin amaçlandığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda, boksitlerden ve bunlara kaynak olabilecek karbonatlardan, terra-rosalardan ve ofiyolitik kayalardan derlenen örneklerin analiz sonuçları jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Olası kaynak kayalardan olan ofiyolitte yapılan

çalışmalara göre, Al_2O_3 -CaO ifti arasındaki yüksek pozitif ilişki, duraylı element oranlarının boksitlerden farklı olması ve dağılım diyagramlarında regresyon doğrusunun orijinden sapması bu kayaçların boksitlere kaynaklık edemeyeceğini göstermiştir. Yapılan regresyon analizlerinde terra-rosaların boksitlerle karbonatlı kayaçlar ve ofiyolitlerin arasında bir dağılım sunduğu saptanmıştır. Bölgenin boksit yataklarının sahip oldukları özellikler, kireçtaşları ile boksitlerin içerdikleri elementlerin jeokimyasal davranışlarının pek çok yönden birbirlerine benzerlik göstermeleri, bölge boksitlerinin kaynak kayacının kireçtaşları olabileceği fikrini doğurmuştur.

Bozkır (2007), Sultandağları'nın güneydoğusunda yer alan Çarıksaraylar'da çalışmalar yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda boksitlerin mineralojik bileşiminde diaspor, hematit, böhmit, kaolinit, saponit, nontronit ve anataz bulunduğu saptanmıştır. Kondritlere göre normalize edilen boksitlerin NTE değerlerinin, ortalama 33.65 kat zenginleştiği belirlenmiştir. İncelenen boksitlerin kondritlere göre yaklaşık 25, tüm dünyaya göre 17, primitif mantoya göre 11, peridotite göre 8.5 ve okyanus ortası sırtı bazaltına (MORB) göre yaklaşık 2 kat daha fazla NTE içerdiği hesaplanmıştır. Boksitler, mevcut bileşimlerine göre; "lateritik demirli boksit", doğrudan ana kayacın üzerinde oluşması nedeniyle de "otokton boksit" grubuna dahil edilmiştir. Araştırmacıya göre, boksitlerin ana kayaç (volkanit) zerinde ve çoğunlukla ona uyumlu olarak uzanması lateritleşme süreci sırasında morfolojinin düz olduğuna işaret etmektedir.

Cebeci (2007), Muğla bölgesindeki boksitlerin termal özelliklerine mekanik aktivasyon işleminin etkisinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapmıştır. Dinamik alışmalarda TA cihazı kullanılmış, diferansiyel termal analiz (DTA), termogravimetrik analiz (TG), derivatografik termogravimetrik analiz (DTG) ve derivatografik tarama kalorimetrisi (DSC) analiz eğrileri simültane olarak elde edilmistir. alışmalar sonucunda boksitin mineralojik yapısının diasporitik olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca yapıda yüksek oranda illit ve hematitin de olduğu belirlenmiştir. SEM ve EDS alışmaları ile de orijinal ve aktive edilmiş numunelerde tanelerin morfolojileri ile elementlerin dağılımlarının nasıl değiştiği ortaya konulmuştur.

Saraykyl (2010), yapmış olduğu çalışma kapsamında Seydişehir-Akseki bölgesindeki karstik tipi boksit yataklarını uzaktan algılama yöntemleri kullanarak belirlemeye çalışmıştır. Bu kapsamda ASTER uydu görüntüsünün mineral araştırmalarına yönelik VNIR (Görünür Yakın Kızılötesi Radyometre) ve SWIR (Kısa Dalga Kızılötesi Radyometre) spektral bölgelerindeki ilk 9 bandı kullanılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucu elde edilen görüntüler birbirileriyle çakıştırılarak, çalışma alanı ve

yakın çevresinde bulunabilecek potansiyel boksit alan görüntüsü elde edilmiştir. Yapılan çalışmayla uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen boksitli alanların görüntüsü ile bölgede daha önce arazi çalışmaları ile yapılan maden (boksit) haritalarının %70 oranında örtüştüğü tespit edilmiştir.

Hatipoğlu (2011), Milas (Muğla) İlbir dağları ile ilgili yaptığı çalışmada buradaki metaboksit yatağının kırıklı bölgelerinde sıra dışı diaspor oluşumlarının nasıl meydana geldiği hakkında incelemelerde bulunmuştur. Çalışma alanındaki mineralizasyonu anlamak için bölgenin jeolojik kesiti incelenip revize edilmiştir. Daha sonra metaboksitin bileşimi belirlenmiştir. Metaboksit cevherinin ve mineral bileşenlerinin yapısı, mineralize kırıklardan uzak olan değişime uğramamış (orijinal) boksit cevheri ve mineralize kırıklara bitişik değişime uğramış boksit cevheri olmak üzere iki şekilde ayırtlanmıştır. Araştırmacı kırıkları mineralize eden hidrotermal aktivitenin, açık bir sistemden ziyade kapalı bir sistem gibi olduğunu belirlemiştir. Metamorfizmanın birden fazla evresinin kırılma deformasyona neden olacak tektonik aktivite ile serpiştirildiği diğer Akdeniz Boksit Kemeri yataklarında benzer kırık dolgu mineralizasyonu beklemenin mantıklı olduğunu ileri sürmüştür.

Çoban (2013), Muğla iline bağlı Milas Müzesi ve Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi depolarında bulunan ham ya da işlenmiş ayırık veya takı haline getirilmiş süs taşlarını arkeo-gemolojik olarak incelemiş, güneybatı Anadolu'nun antik dönemdeki yaşayanları olan Karya Uygarlığının süstaşı ve takıyla olan ilişkisini ortaya çıkartmıştır. Böylece, bu iki arkeoloji müzesi depolarındaki klasik envanterlenmiş antik döneme ait süs taşlı çok sayıdaki nadide yüzük, broş ve kolye ucunun ve gliptik (mühür taşları) parçaların fotoğraflarla belgelenerek ve gemolojik inceleme yoluyla da envanterlenerek, kataloglanması tamamlanmıştır. Karya bölgesinde yapılan jeolojik gözlemler sonucunda, 4 farklı grubun [diaspor (Milas / Muğla bölgesi), dumanlı ve renksiz kristal kuvarslar (Koçarlı-Çine-Karacasu / Aydın bölgesi), almandin ve pirop türü granatlar (Çine / Aydın bölgesi) ve adularya türü feldsbat (Çine / Aydın) süstaşı türlerinin bulunduğu tespit edilmiştir. İncelenen gemolojik materyallerde, aynı zamanda üzerine işlenmiş tarihi dönem figürlerin arkeolojik açıdan yorumlanarak kullanıldığı dönemin sosyal hayatı bu çalışmayla ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Hanilçi (2019), Türkiye'deki boksit yatakları hakkında genel bir çalışma yapmıştır. Türkiye'deki ekonomik anlamda değeri olan boksit yataklarının çoğunun karstik tipte olduğunu belirtmiş, ancak lateritik tip yatakların (örneğin Yalvaç-Şarkikaraağaç) kısmen ekonomik olabileceğini de ifade etmiştir. Çalışma bölgelerinde

elde ettiği sonuçlara dayanarak ekonomik anlamda elverişli yatakların ortalama Al_2O_3 içeriklerinin Milas – Yatağan için %54, Seydişehir-Akseki için %59 ve Bolkardağı bölgesi için de % 56 olduğunu belirtmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Menderes Masifi'nin Güneybatı Kanadındaki (Aydın-Muğla) diaspor oluşumlarının incelendiği bu çalışma; arazi öncesi çalışmalar (hazırlık çalışmaları), arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları; büro çalışmaları ve tez yazımı başlıkları şeklinde üç ana bölümde yapılmıştır.

3.1. Hazırlık Çalışmaları

Bu dönemde çalışma alanının içinde bulunduğu bölgenin jeolojisi ile ilgili önceden hazırlanmış olan raporlar, yayınlar derlenmiş ve arazi ile ilgili ön bilgiler elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında arazi çalışması programı yapılmıştır. Ayrıca bu dönemde arazi için gerekli olan sarf malzemeleri (numune kabı, etiket, kırtasiye malzemesi vb.) temin edilmiş ve arazi çalışmaları için hazır hale getirilmiştir.

3.2. Arazi Çalışmaları

Bu aşamada, önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında bölgenin jeolojik haritası ve formasyon sınırları yeniden gözden geçirilerek güncellenmiştir. Farklı litolojik birimlerden o birimleri temsil edecek nitelikte ve sayıda numune derlenmiştir. Özellikle diaspor mineralizasyonu açısından önem arz eden birimlerde ayrıntılı jeolojik ve yapısal incelemeler yapılmış ve bölgeyi temsil edebilecek sayıda ve nitelikte numune derlenmiştir. Numune alımı esnasında yerinde gözlemler (renk, mineral parajenezi, kayaç yapısı, vb.) yapılmış, numune alımında jeolog çekici, keski, balyoz vb. malzemeler kullanılmış, düzlemsel ve çizgisel yapılar pusula ile ölçülmüş ve numune yerleri 1/25000'lik harita ve GPS kullanılarak not edilmiştir.



Şekil 3.1. Saha çalışmaları sırasında numune alma işlemi

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Numunelerin hazırlama işlemleri Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, kimyasal analizleri ise yurtiçi ve yurtdışı akredite edilmiş laboratuvarlarda yaptırılmıştır. İnceleme alanından alınan diaspor minerallerinin gemolojik özellikleri Batman Üniversitesi TBMYO laboratuvarlarında belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Diaspor minerallerinin gemolojik özelliklerinin laboratuvar ortamında incelenmesi (Batman Üniversitesi TBMYO)

3.3.1. Mineralojik-Petrografik çalışmalar

Arazi çalışmaları sırasında derlenen numunelerden ilk aşamada mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi için kayaç numunelerinden mineralojik ve petrografik analizlerinin yapılması amacıyla ince kesit çalışmaları yapılmıştır. Numunelerden yapılan ince kesitlerden mineralojik ve petrografik incelemeler ile alınan numunelerdeki mineraller, bu minerallerin kayaç içinde ve birbirleri ile yapı ve doku özellikleri ortaya konularak kayaç türleri belirlenmiştir. Mineral tayinlerinde petrografik çalışmalar, taramalı elektron mikroskopu (SEM-EDS), Raman Spektrometresi, FTNIR Spektrometresi ve X-ışınları difraktodramı (XRD) kullanılarak tamamlamıştır. SEM – EDX, Raman Spektrometresi ve X-ışınları difraktodramı (XRD) Necmettin Erbakan Üniversitesi BİTAM, FTIR Spektrometresi MTA laboratuvarlarında bulunan cihazlar ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Ana, iz ve nadir toprak element analizleri

Çalışma sahasından alınan kayaç ve mineral numunelerinde jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmeler yapılabilmesi için yeterli sayıda numuneden ana oksit, iz element ve nadir toprak elementi (NTE) analizleri yaptırılmıştır. Kimyasal analizler; tüm kayaç analizi ve mineral kimyası analizleri şeklinde iki grup üzerinde yapılmıştır. Tüm kayaç analizi hem yan kayaç numunelerinden hem de diaspor bulunduran kayalardan ana

oksit, iz element ve nadir elementleri bakımından bileşiminin tespitine yönelik olmuştur. Jeokimyasal incelemeler için sahadan derlenen numuneler çekiç yardımıyla veya çeneli kırıcılardan geçirilerek 0.5 cm'nin altına indirilmiştir. Daha sonra 20-50 gr ağırlığındaki kayaç numuneleri otomatik havan veya agat havanlarda tane boyu 70 μ 'un altına düşecek şekilde öğütülmüştür. Kimyasal analizlerin yurtdışında, Bureau Veritas (Kanada) Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.3.3. Laboratuvar çalışmaları sırasında kullanılan makine ve ekipmanlar

A. Kabaşon Şekillendirmede Kullanılan Makineler

A.1. Otomatik kesme makinesi

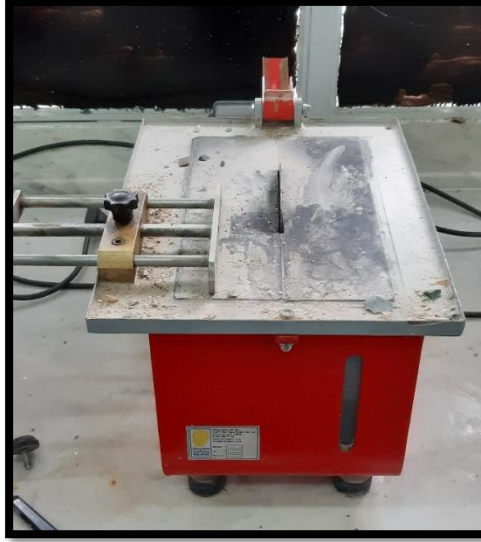
Süstaşlarını istenilen kalınlıkta kesme amaçlı kullanılan makinedir. Kapak açılır ve kesilecek olan süstaşı mengeneye sıkıştırılır. Kesilecek olan süstaşı hareketli mengene yardımı ile istenilen kalınlık belirlenerek kesme işlemi yapılır. İşlemin adı *dilim alma* olarak da bilinmektedir. (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Otomatik kesme makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO)

A.2. Manuel kesim makinesi

Dilim alınan süstaşları üzerine kalem ya da işaretleyici yardımı ile kesilmek istenen şekiller işaretlenir ve manuel kesme makinesi ile kesilir. Kesilecek olan süstaşı el ile kontrol edilerek elmas bıçağın çizgiler üzerinden kesim yapmasına özen gösterilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Manuel kesme makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO)

A.3. Kabaşon makinesi

Manuel kesim makinesinde kaba formu verilen süstaşı kabaşon makinasında bir yüzeyinde yarım yuvarlak bir hat oluşana kadar işlenir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kabaşon makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO)

A.4. Yatay lap

Plaka şeklindeki süstaşlarını veya kabaşonun düz yüzeyini işlemek için kullanılan makinedir. Yatay ekseninde dönen bir çelik disk üzerine zımpara (silisyum karbür) dökülerek kullanılır. El yardımı ile düz yüzey diske hafifçe bastırılarak zımparalanması sağlanır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Yatay lap (Batman Üniversitesi TBMYO)

A.5. Bant zımpara

Düz yüzeyler yatay lap yardımı yapılabilir de bombeli yüzeyler yapılamamaktadır. Bombeli yüzeylerin zımparaları elde, bant zımpara makinesinde ya da tamburda yapılabilir. Silisyum karbür bant zımpara takılan makinede dikey dönüşle birlikte zımparalama işlemi yapılabilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Bant zımpara (Batman Üniversitesi TBMYO)

A.6. Cila makinesi

Yatay lap makinesinin disk şeklinde keçe takılmış halidir. Amaç Ceriumoxide'in keçe tarafından emilerek yüzeye uygun şekilde cilanın temas etmesini sağlamaktır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Cila makinesi (Batman Üniversitesi TBMYO)

B. Tamburlama

Tambur makinesi döner ve vibro tambur olarak 2 çeşittir. Tamburlama yarı otomatik bir süreç izler zımpara ya da cilalanacak süstaşları tambura konulup yeteri miktarda medya, su ve aşındırıcı/cila eklenerek çalıştırılır. Oluşan titreşim taşları birbirine ve medyaya sürterek aşındırıcılar yardımı ile işlemi tamamlanır.



Şekil 3.9. Vibro tambur

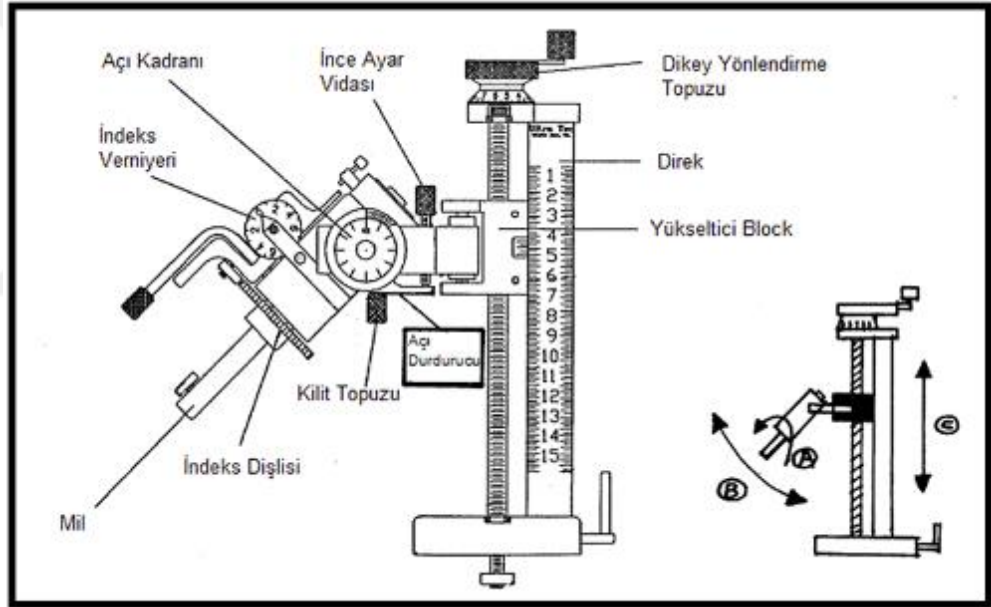
C. Faset İşleme Makineleri

Faset yüzeylerinin işlendiği makinelerdir. Basit anlamıyla bir faset makinesi şekillendirme ve parlatma diskinin döndürüldüğü bir motor sistemi ile taşın tutturulduğu dikey-yatay hareket edebilen bir koldan oluşmaktadır (Şekil 3.10). Faset makinelerinin 3 karakteristik özelliği vardır.

A. Dönüş Açısı: İstenen pozisyona indeks dişlisinin döndürülmesi ile getirilir ve indeks vernieri ile küçük ayarlamalar yapılır.

B. Eksenel Açı: Açı kadranı istenen açıyı gösterene kadar milin açısal konumunu hareket ettirip ardından kilit düğmesi ile yerine kilitleyerek ve ince ayar vidasıyla ince ayarlamalar yapılır.

C. Yükseklik: Dikey düğme kullanılarak direk üzerindeki yükseltici bloğu kaldırarak ve indirerek kontrol edilir.



Şekil 3.10. Faset makinesi teknik yapıları (Url.5)

Faset makinelerinin teknik yapıları yukarıdaki şekilde verilmiştir. Aşağıda ise tipik faset cihazları Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Faset makineleri örnekleri. (Url.6)

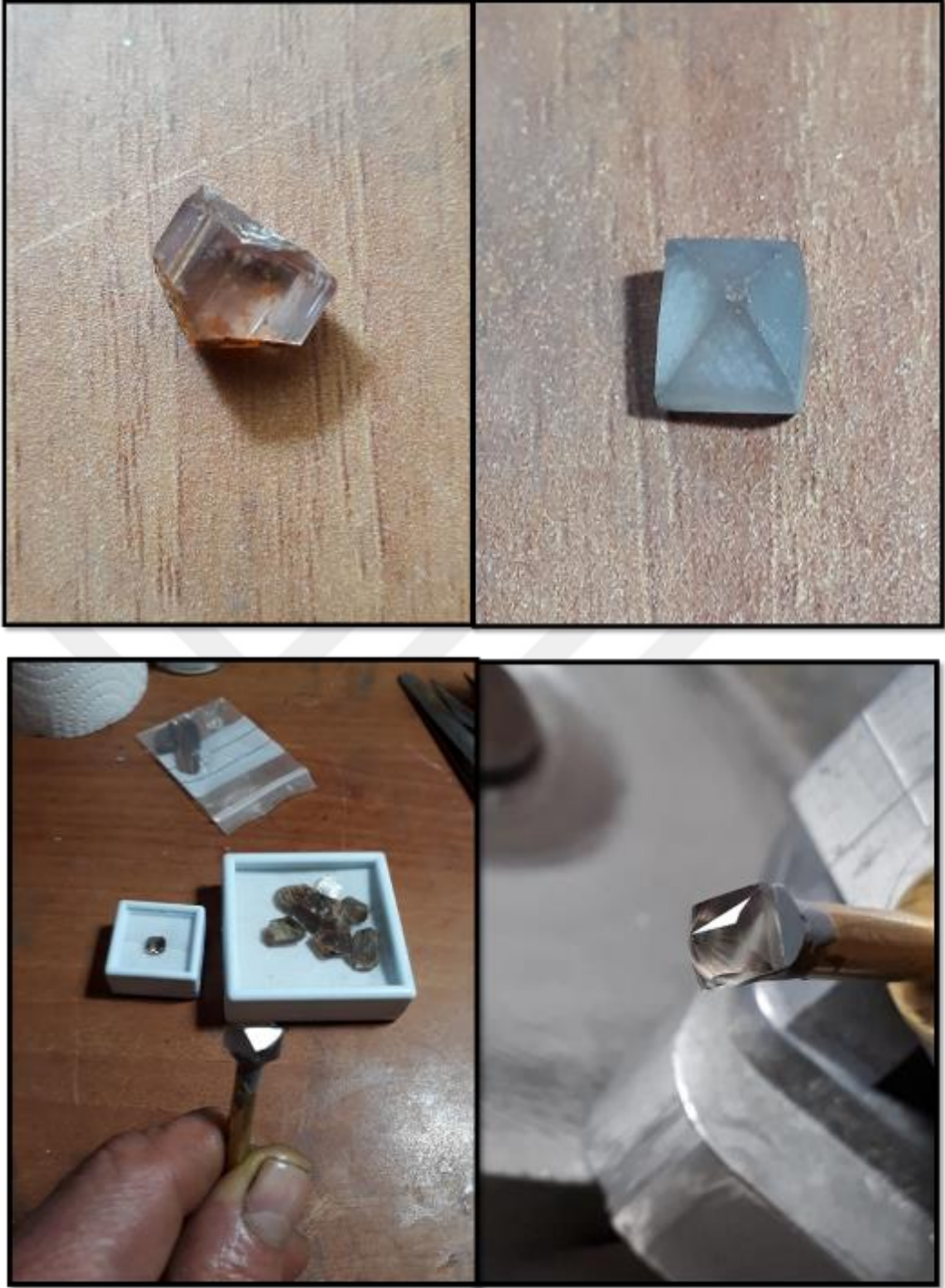
D. Diasporun işlenmesi

Diaspor {010} yönünde mükemmel dilinime sahip olduğundan şekillendirilirken maksimum dikkat gösterilmesi gerekir. Dilinim süstaşı kesiminde fayda sağlayacağı gibi büyük sorunlarda yol açabilmektedir. Dilinim yüzeyine paralel olarak taşı iki veya daha çok parçaya bıçak firesi olmadan bölünebilirken cila ya da kesim sırasında ise dilinim yüzeyine dik baskı uygulandığı takdirde taş istenilen sonucu vermeyecektir. Süstaşı fasetlemedeki hususlar tüm fasetlenecek süstaşları için aynıdır. Ancak bunlara ek olarak diaspor gibi bazı süstaşları fasetlenirken özel işlemlere ihtiyaç duyar.

Bu çalışmada araziden bulduğumuz süstaşlarının şekillendirme süreci ise ülkemizde üretilmiş bir faset makinası yardımı ile yapılmıştır (Şekil 3.12) Lapidarist ya da süstaşı işleme ustası Turan Demirkan tarafından yapılan işleme öncelikle kaba şekillendirme, fasetlerin oturtulması ve cila işlemi ile tamamlanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.12. Yerli üretim faset makinesi



Şekil 3.13. Numunelerin fasetleme işlemi

E. Konfokal Raman Mikroskobu

Bir numunenin güçlü bir lazer kaynağıyla ışınlanmasıyla saçılan ışının belirli bir açıdan ölçümüne dayanır. Moleküllerin şiddetli bir monokromatik ışın demeti ile etkileşmesi sırasında ışık absorpsiyonu olayı gerçekleşmiyorsa ışık saçılması olayı meydana gelir. Işık saçılması sırasında saçılan ışığın büyük bir kısmının enerjisi madde ile etkileşen ışığın enerjisine eşit olur ve bu tür elastik saçılma olayına *Rayleigh saçılması* denir. Elastik saçılma olayının yanı sıra saçılan ışığın çok az bir kısmı elastik olmayan saçılma olayı ise *Raman saçılması* adını alır. Rayleigh saçılması olayında Raman saçılmasına göre 104 – 105 kez daha şiddetli bir saçılmış ışık oluşur. Ancak Rayleigh saçılması tek bir pik verir ve titreşim geçişleri hakkında bilgi vermez.

Raman saçılması sırasında saçılan ışığın enerjisinde molekül ile etkileşen ışığına göre oluşan fazlalık veya azlık ışıkla etkileşen molekülün titreşim enerji düzeyleri arasındaki enerji farkları kadardır. Bu nedenle Raman saçılmasının spektroskopik incelenmesi ile de moleküllerin titreşim enerji düzeyleri hakkında bilgi edinilebilir. Bu tür bir spektroskopik yöntem *Raman spektroskopisi* adını alır. Bu yöntemde molekül ile etkileşen ışığın dalga boyuna göre saçılan ışığın dalga boyunda oluşan farklar ölçülür. Bu farklar Raman kayması olarak adlandırılır. Moleküller ile etkileştirilen ışığın kaynağı olarak özellikle son yıllarda genellikle lazer türü kaynaklar kullanıldığından bu yöntem *Lazer Raman Spektroskopisi* adı da verilir. Raman spektroskopisi inorganik, organik ve biyolojik sistemlerin kalitatif ve kantitatif analizine uygulanır.

Raman spektroskopisi değerli taşların ve yarı değerli taşların incelenmesi için ideal bir yöntem sağlar. Raman spektroskopisi, genellikle lazer olan bir ışık kaynağı ile etkileşimden ışığın yeniden yayılımının bir ölçümüdür (Jenkins ve Larsen, 2004). Bu teknik çeşitli avantajlar sunar; tahribatsız, hızlı, hassas, kullanımı çok kolay ve numuneleme gerektirmez (Dao ve Delaigue, 2000). Raman spektrumları, malzemedeki moleküler bağların titreşim hareketlerinden kaynaklanır. Moleküler titreşim sırasında moleküler dipol momentindeki bir değişikliğin sonucu olan kızılötesi spektrumun aksine, Raman spektrumu, titreşim hareketi sırasında moleküler bağın polarize edilebilirliğinden kaynaklı bir değişiklikten kaynaklanır (Jenkins ve Larsen, 2004).

Son yıllarda değerli taş piyasasında kökeni şüpheli taşlarla oldukça sık karşılaşılmakta, gelişen teknolojiler ile birlikte üretilen sentetik ve/veya sahte süstaşlarını orijinallerinden ayırt etmek her geçen gün daha zorlaşmaktadır (Jenkins ve Larsen, 2004). Bu durum hem değerli taş piyasası hem de son kullanıcı açısından büyüyen bir sorun olarak

görülmektedir. Süstaşı kimliklendirmesinin tahribatsız olması gereği ve hızlıca sonuç vermesi açısından Raman spektroskopisi ideal bir yöntem halini almaktadır. Raman çekimlerinde insan faktörünün ortadan kalkması oluşabilecek endişelerinde önüne geçmiş gibi görünmektedir.

Raman spektroskopisi yöntemi ile yarı kantitatif analizler yapılmış olup, elde edilen sonuçlar analizin yapıldığı cihazın kütüphanesinde bulunan karakteristik spektrumlar ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Raman mikroskobu (Url.7)

F. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı Elektron Mikroskobu Optik Kolon, Numune Hücresi ve Görüntüleme Sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için yoğunlaştırıcı mercekler, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceği, bu merceğe bağlı çeşitli çapta apatürler ve elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır.

Mercek sistemleri elektromanyetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine odaklamaktadır. Tüm optik kolon ve numune 10^{-4} Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır. Görüntü sisteminde, elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan

çeşitli elektron ve ışınları toplayan detektörler, bunların sinyal çoğaltıcıları ve numune yüzeyinde elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan manyetik bobinler bulunmaktadır.

Taramalı Elektron Mikroskobu'nda (SEM) sıvı olmayan ve sıvı özellik taşımayan her türlü iletken olan olmayan numune incelenebilir. Her çeşit metaller, tekstiller, fiberler, plastikler polimerler, parçacıklar (kum, çakıl, polen gibi) vs incelenebilir. İletken olmayan numuneler çok ince (yaklaşık 3 Å/saniye) iletken malzemeyle kaplanarak incelenebilir hale getirilir. Biyolojik numuneler sıvı ihtiva edebilir bu tür malzemeleri inceleyebilmek için "Critical Point Drier" sayesinde numunenin yapısı ve şekli bozulmadan kurutularak mikroskopta incelemeye elverişli hale getirilir.

SEM cihazı W (Tungsten) filament ile çalışmaktadır. Cihaz üzerinde ikincil elektron (secondary electron), geri yansıyan elektron (backscattered electron) ve X ışınları (EDX- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) detektörü bulunmaktadır. Cihaz görüntü üzerinde nokta, çizgi, alan ve haritalama yöntemleri ile kalitatif ve semi-kantitatif olarak elementer analizleri yapabilmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (Url.8)

G. Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR)

Gemolojik özellikleri belirlemek için araziden toplanan numuneleri tahribatsız analiz yapabilmek için FTIR analizi ya da FTIR spektroskopisi olarak bilinen analiz yönteminden yararlanılmıştır. Bu analiz yöntemi, organik, polimerik ve bazı durumlarda inorganik malzemeleri tanımlamak için kullanılabilir. Bu yöntem ile numune bir miktar radyasyon emerek ve bir kısım radyasyon geçirerek kızılötesi radyasyon göndermektedir. Numune içinde absorbe edilen (emilen) radyasyon, numune içindeki molekülleri harekete geçirir (dönme veya titreşim enerjisine dönüşür). Cihazda bulunan sinyal alıcı ile her bir numunenin karakteristik parmak izini tespit etmek sureti ile pikler oluşturur. Bu pikler ise kimyasal tanımlama için kullanılabilir (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. FTIR Spektrofotometre (Url.9)

3.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı

Saha öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları ve derlenen numunelerin mineralojik, petrografik, gemolojik özellikleri ve kimyasal analizleri sonucunda elde edilen bütün bulgular daha önceki çalışmalarla karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Mineral parajenezleri, yapısal ve dokusal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca kimyasal analizlerle bölgedeki kayaçların jeolojik özellikleri ortaya konulmuştur.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE BULGULAR

4.1. Genel Jeoloji

Türkiye, orojenik kuşak bakımından Alp-Himalaya kuşağının doğu-batı uzanımlı kısmına ait bir parçasıdır ve Gondwana ile Lavrasya arasındaki sınır bölgede bulunmaktadır. Bu kuşak içinde farklı yaşlardaki okyanusların açılması ve kapanması ile ilgili olan farklı okyanusal ve kıtasal birlikler mevcuttur. Yaş bakımından Paleozoyik ve Mesozoyik olan bu havzalar genel anlamda Tetis okyanusu olarak adlandırılır (Şengör, 1986; Okay, 2000). Paleozoyik ve Mesozoyik sırasında, Türkiye'yi meydana getiren farklı kıtasal bloklar/kütleler, Tetis Okyanusunun kenarlarında konumlanmışlardır (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2000).

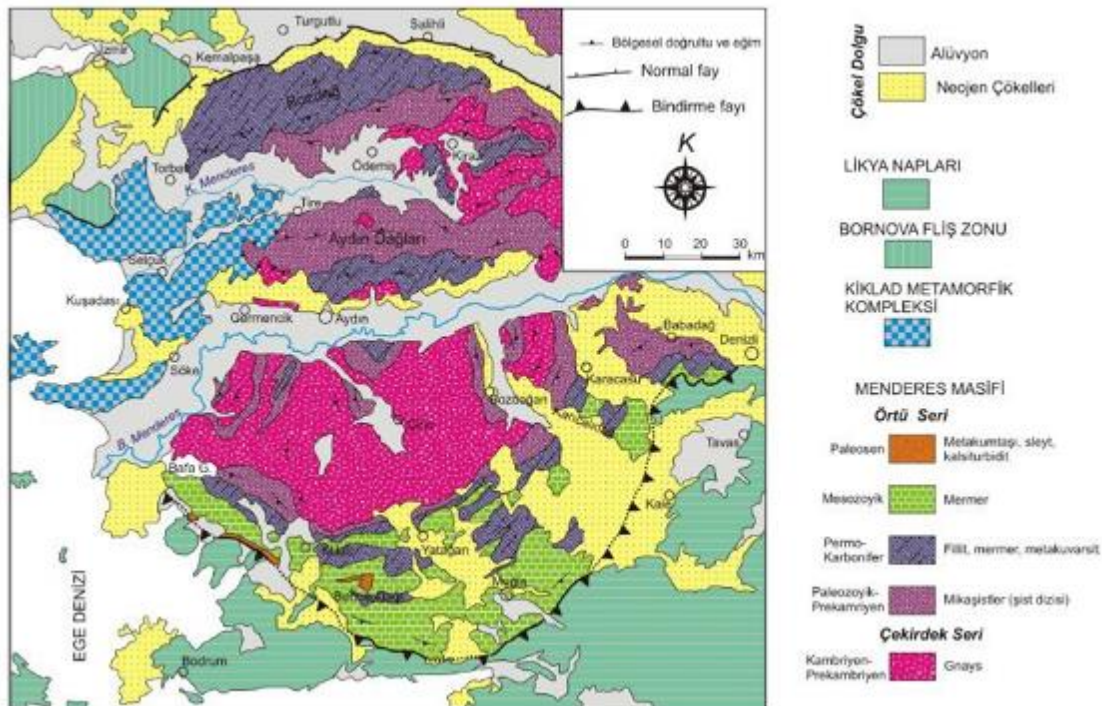
Türkiye genel olarak altı temel tektonik kısımdan meydana gelmektedir. Bunlar, kuzeyden güneye doğru; Istranca, İstanbul ve Sakarya zonları ile Anatolit-Torid Bloğu, Kırşehir Masifi ve Arap Platformu'dur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1985). Tektonik birimler, suture zonları (İç Pontid Süturu, İzmir-Ankara-Erzincan Sütur, İç Torid Sütur, Zagros Süturu) ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu kıtasal parçaların, tek bir kıta olarak bir araya gelmesi, Arap ve Anadolu plakalarının Geç Tersiyer'de çarpışması sonucu gerçekleşmiştir (Okay ve Tüysüz, 1999).

Anatolit-Torid Bloğu ve Kırşehir Masifi, tektonik ve stratigrafik olarak Gondwana ile ilişkili iken, Istranca, İstanbul ve Sakarya zonlarını kapsayan Pontidler Lavrasya'ya benzer stratigrafi gösterirler (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2000). Sakarya Zonu, Kırşehir Masifi ve Anatolit-Torid Platformunun kenarını temsil eden Anatolitlerden hem Paleo hem de Neo-Tetis okyanusunu temsil eden İzmir-Ankara-Erzincan Süturu'yla ayrılır (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2000).

Batı Anadolu'da İzmir-Ankara Sütur Zonu'nun güneyinde yer alan Anatolit-Torid Bloğu çeşitli tektonik birimlerden oluşmaktadır. Kuzeyden güneye doğru bu birimler; Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Bornova Fliş Zonu, Menderes Masifi ve Likya Napları'dır. Anatolit-Torid Platformunun en kuzey kenarını oluşturan ve Afyon Zonu metamorfikleri üzerinde tektonik olarak yer alan Tavşanlı Zonu, İzmir-Ankara Sütur zonunun güneyinde ofiyolit kütlelerinin altında yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizması geçirmiştir (Okay, 1984a; Okay ve Satır, 2000). İki bölüme ayrılan Tavşanlı Zonu'nun en alt birimini mavi şistlerden oluşan Orhaneli Birliği oluşturur. Orhaneli Birimi üzerinde ise tektonik dokanaklarla genelde ofiyolitli melanj olarak bilinen Ovacık Kompleksi yer alır (Okay, 1984a; b; 1986; 2007; Okay ve Satır, 2006).

Batı Anadolu'da yaklaşık 60.000 km²'lik bir alanı kapsayan Menderes Masifi bulunmaktadır. Menderes Masifi terimini jeoloji literatürüne 1928'de Pamir kazandırmıştır (Pamir ve Erentöz, 1974). KD-GB gidişli bir uzanımına sahip olan masifi kuzeyde İzmir-Ankara suture zone'u, güneyde ise Likya napları sınırları (Şengör ve Yılmaz, 1981). Batıda Ege denizinde Attik kıvrımlı kristalin kompleksinin uzantısı olarak devam ederken (Dixon ve Robertson, 1984) doğu kesimi ise Neojen yaşlı kalın sedimanter ve volkanik kayalar ile örtülüdür (Dora ve ark., 1990).

Menderes Masifi yaklaşık D-B uzanımlı B. Menderes, K. Menderes, Gediz ve Simav grabenleri tarafından bölünen dört alt masife ayrılmaktadır (Dora ve ark., 1990). Litostratigrafik incelemelerde Menderes Masifi çekirdek ve bunu üzerleyen örtü serileri olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Schuiling, 1962; Dürr, 1975; Dora ve ark., 1990). Buna göre masifin çekirdek kesimini Prekambriyen-Kambriyen yaşlı granitik gnays, gözlü gnays, bandlı gnays ve migmatitik gnays gibi yüksek dereceli metamorfizitler oluşturmaktadır. Görünür kalınlıkları 2-3 km'yi bulan bu gnaysların taban ilişkileri görülememektedir (Dora ve ark., 1990). Çekirdek kayaları daha düşük dereceli şist ve mermerlerden oluşan Ordovisiyen-Paleosen yaşlı örtü serileri tarafından örtülür. Çekirdek ve örtü serilerinin dokanak ilişkisi konusunda araştırmacılar tam bir fikir birliğine varamamışlardır. Bazı araştırmacılar örtü serilerinin çekirdek birimlerini uyumsuz olarak üzerlediğini ifade ederlerken (Konak ve ark., 1987; Dora ve ark., 1990) bazıları tektonik dokanaklı olduğunu belirtir (Şengör ve ark., 1984b; Bozkurt ve ark., 1993). Bozkurt ve Park (1994), Menderes Masifi'nin güney kesimindeki incelemelerinde gözlü gnaysların dinamotermal metamorfize olmuş deforme granit olarak yorumlamışlardır. Yazarlar granitik kayaların milonitik foliasyon ve KKD-GGB gidişli mineral uzama lineasyonu gösterdiğini granitik kayaların ilerleyen deformasyonun tipik genişlemeli makaslama zonu meydana getirdiğini ve alttan üste doğru milonit, breşleşmiş milonit ve kataklastik dizisinin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Aynı yazarlar kinematik indikatörlerin üst güney, aşağı eğimli makaslama anlamı gösterdiğini ve Menderes Masifi'nin muhtemelen yeni başlayan çekirdek kompleks olarak yorumlanabileceğini belirtmişlerdir (Şekil 4.1).

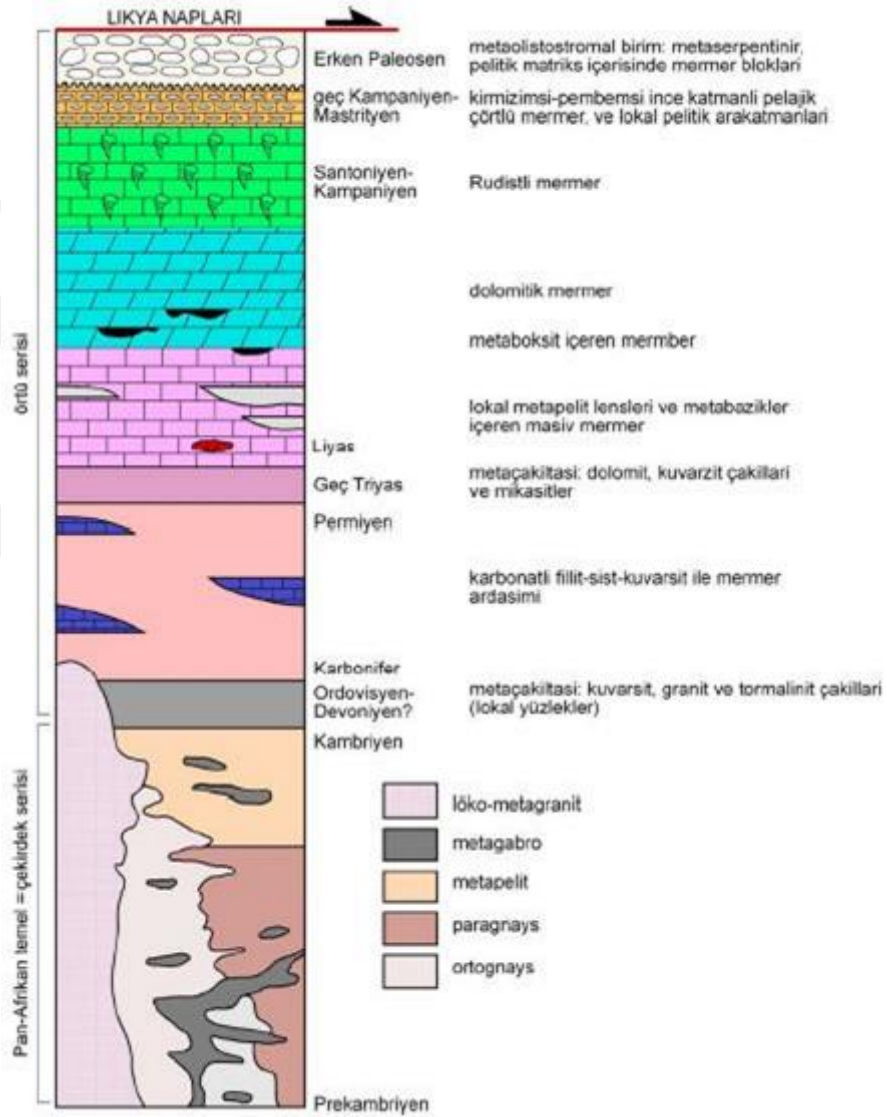


Şekil 4.1. Menderes Masifi'nin genelleştirilmiş jeoloji haritası (Okay, 2001'den değiştirilerek alınmıştır)

Menderes Masıfı başlıca üç ayrı litolojik istiftten oluşur: (1) Masıfın ekirdeği olarak tanımlanan milonitik gözlü gnayslar, (2) Paleozoyik şist ve (3) Mesozoyik-Senozoyik mermer rtleridir. Oldukça büyük “retort (imbik) şekilli” feldispat porfiroklastları veya gözleriyle karakterize edilen gözlü gnayslar blastik milonitik dokulu olup bu doku içerisinde muskovit, biyotit, kuvars ve feldispatlardan oluşan orta-ince taneli ve daha plastik davranan matriks feldispat gözlerini sarar. Paleozoyik şist örtüsü, migmatit, semipelitik ve pisamitik gnays, granatlı şist, yeşilşist, kalkşist, pisamitik şist, kalkşist-semipelit aralanması, fillitler ve dolomitik mermerlerden oluşan oldukça düzenli bir istifle temsil edilirler (Başarır, 1970, 1975, 1982; Dürr, 1975; ağlayan ve ark., 1980; ztrk ve Koçyiğit, 1983; şengr ve ark., 1984b; Satır ve Friedrichsen, 1986; Konak ve ark., 1987; Erdoğan, 1992; Bozkurt ve Park, 1994; Bozkurt, 1996).

Örtünün alt seviyelerini oluşturan granatlı şistlerden Geç Devoniyen-Erken Karbonifer (Çağlayan ve ark., 1980; Konak ve ark., 1987); üst seviyeleri oluşturan karbonatlardan ise Vizeyen-Geç Permiyen yaşları tespit edilmiştir (Önay, 1949; Schuiling, 1962; Çağlayan ve ark., 1984). Böylece şist örtüsü Geç Devoniyen'den-Geç Permiyen'e kadar olan bir zaman aralığını temsil etmektedir. Mermer örtüsü şist örtüsünü oluşturan kayaların üzerine uyumsuz bir taban konglomerası ile gelir (Öztürk ve Koçyiğit, 1983; Çağlayan ve ark., 1984; Şengör ve ark., 1984b; Konak ve ark., 1987) ve şu

litolojilerden oluşur: (1) Geç Triyas-Liyas yaşlı şistler, metavolkanikler ve rekristalize kireçtaşları; (2) Jura-Erken Kretase yaşlı boksitli rekristalize kireçtaşları; (3) Geç Kretase yaşlı rudist içeren rekristalize kireçtaşları; (4) Geç Kretase—Paleosen yaşlı breşleşmiş pelajik kireçtaşları ve (5) Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı fliş, olistostromal fasiyesler içeren kristalize kireçtaşı ve serpantin blokları (Dürr, 1975; Gutnic ve ark., 1979; Çağlayan ve ark., 1980; Şengör ve ark., 1984b; Konak ve ark., 1987; Rimmelé ve ark., 2003a), (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Menderes Masifi stratigrafisi (Okay, 2001)

Menderes Masifi'nin güneyinde mermer örtüsü içerisinde birkaç tektonik seviyede boksit oluşumu belirlenmiştir (Schuiling, 1962; Wipperf, 1964a; Alkanoğlu, 1978 ve Yalçın, 1987) Menderes Masifi içerisinde yer alan bu yataktaki cevher, başlıca

mikroskopik diaspor minerali olduğu için, diasporik metaboksit (diasporit) olarak tanımlanmıştır (Hatipoğlu, 2011).

4.2. Bölgesel Jeoloji

Muğla şehri Prekambriyen döneminden günümüze kadar değişen zamanlarda meydana gelmiş, çeşitli bileşimlere sahip kayaçların konumlandığı bir yerdir. Muğla, güneyde Beydağları Otokton Zonu, kuzeyde Menderes Masifi ve güneyi örtü kuşağı ile iki otokton kütle arasında yüzeylenen Likya Napları üzerinde bulunmaktadır. Güneyde yer alan Beydağları Otokton Zonu, Geç Triyas-Kretase aralığında çökelmiş platform karbonatlarını içermekte, Lütasiyen ve Miyosen birimlerince uyumsuz üzerlenmektedir (Ersoy, 1990; Gürer ve ark., 2013) (Şekil 4.3).

PALEOZOYİK				MESOZOYİK		SENOZOYİK		ÜST SİSTEM
				JURA-KRETASE		TERSİYER		SİSTEM
				YILANLI		Kuv.		SERİ
				1000-1250		250-750		FORMASYON
				Mzy		Ty		KALINLIK (m)
				Pmş		Q _a		SİMGE
				Pitg				
				Pgg				
ALT-ORTA PERMIYEN				GÖKTEPE ŞİSTLERİ		2000-2500		
PREKAMBRIYEN-KAMBRIYEN				GÖZLÜ GNAYSLAR		250-300		
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				
GÖZLÜ GNAYSLAR				?				

Şekil 4.3. Muğla ve çevresinde yer alan birimler ve oluşum ortamları. (Aydoğan., 2001)

Kuzeyde yer alan, Menderes Masifi-Güney (Çine) Asması; çekirdek kısmında (gözlü gnays) Prekambriyen gnayslar ile örtü olarak adlandırılan bölümde Alt Paleozoyik mikaşistler, Permo-Karbonifer metakuvarsit, fillat, rekristalize kireçtaşları; Santoniyen-Kampaniyen yaşlı şist, platform karbonatları; Kampaniyen-Geç Maestrihtiyen yaşlı marn-killi kireçtaşı ara katkılı pelajik mermerler ile yukarı doğru kabalaşan moloz akıntısı çökeller; Orta Paleosen karbonat kayalı fliş çökellerini içermektedir (Konak ve ark., 1987; Okay, 1989; Dora ve ark., 1990; Özer ve ark., 2001; Bozkurt, 2004).

Likya Napları altta Triyas-Kretase ve Paleosen'e kadar değişen zamanlarda çökelmeye uğrayan sedimanları barındıran nap dilimleri ile Geç Kretase döneminde meydana gelmiş ofiyolit ve ofiyolitik melanj dilimlerini içermektedir (Ersoy, 1990; Collins ve Robertson, 1997, 1998, 1999, 2003; Robertson, 2000).

Likya Naplarının yerleşimi sonrası, Erken Miyosen'de, bölgede etkin genleşme tektoniği sonucunda, ilk başta D-B doğrultulu Kale-Tavas havzası oluşmuştur (Gürer ve Yılmaz, 2002). Sürekli değişime uğrayan gerilme ve sıkışmalar dönemsel olarak Orta Miyosen'den özellikle Bodrum yarımadasında intrüzyonlara ve kayaç gelişimine sebep olmuştur (Ercan ve ark., 1982).

4.3. Yapısal Jeoloji

Son yirmi yılda yapılan çalışmalar Bafa gölü ile Muğla arasındaki alanda Menderes Masifi ve Likya napları arasındaki ilişkiyi ve bu birimlerin stratigrafilerini büyük ölçüde açığa çıkarmıştır (Graciansky, 1968; Dürr, 1975; Çağlayan ve ark., 1980; Erakman ve ark., 1986; Konak ve ark., 1987). Buna karşın Kale-Tavas bölgelerinin kuzeyinde, Menderes masifinin doğuya doğru ne kadar uzandığı ve Likya napları ile olan ilişkisi çok az bilinmektedir. Menderes masifinin dağılımını ve ilişkilerini saptamak için önce Menderes masifinin bir tanımını yapmak gerekir. Bu tanımda Menderes masifinin jeolojisinin en iyi bilindiği bölge olan Bafa gölü ile Muğla arası bir standart bölge olarak alınmalıdır. Bu bölgede Menderes masifini tanımlayan başlıca hususlar şunlardır (Graciansky, 1966; Başarır, 1970; Dürr, 1975; Alkanoğlu, 1978; Çağlayan ve ark., 1980; Okay, 1985; Konak ve ark., 1987):

(1) Menderes Masifi istifi alttan üste doğru Prekambriyen gnayslar; Alt Paleozoyik yaşta mikaşistler; Permo-Karbonifer yaşta metakuvarsit, siyah fillit ve siyah rekristalize kireçtaşları; Mesozoyik yaşta, boksit seviyeli, kalın tabakalı, rekristalize, neritik kireçtaşları; yaşı Alt Eosene kadar çıkan rekristalize pelajik kireçtaşı ve flişten oluşmuştur;

(2) Menderes masifinin en genç birimi olan Eosen flişi üzerinde, tektonik bir dokanakla, Orta Eosen'de yerleşmiş olan Likya napları yer alır;

(3) Menderes masifinde, alttan üste doğru tedrici olarak azalan, Eosen yaşta Barroviyen tipte bir bölgesel metamorfizma gözlenir (Ashworth ve Evirgen, 1984; Okay, 1985; Satır ve Friedrichsen, 1986). Likya naplarının Menderes masifi üzerine yerleşmesine bağlı olarak gelişen bu bölgesel metamorfizma (Şengör ve ark., 1984b), Likya naplarının alt kesimlerini de etkilemiştir. Metamorfizma açısından Menderes masifi ile üzerinde yer alan naplar arasında bir süreksizlik yoktur. Menderes masifinde Eosen metamorfizması dışında Pan-Afrikan yaşta eski bir metamorfizmanın izleri Prekambriyen gnayslarda saptanmıştır;

(4) Menderes masifi Bafa gölü ile Muğla arasında en alt tektonik birimi teşkil etmektedir ve göreceli otokton konumdadır;

(5) Menderes masifinin, Oligosen'de meydana gelen bölgesel yükselme ve aşınmaya bağlı olarak gelişmiş, güneye dalımlı basit bir yapısı vardır. Masif içinde büyük ölçekte bindirmeler ve izoklinal kıvrımlar gözlenmez.

Yukarıda sıralanan özelliklerinden anlaşılacağı gibi Menderes masifi tektono-stratigrafik bir ünitedir; Menderes masifini tanımlayan başlıca hususlar stratigrafisi, tektonik konumu ve geçirdiği rejyonal metamorfizma olmaktadır.

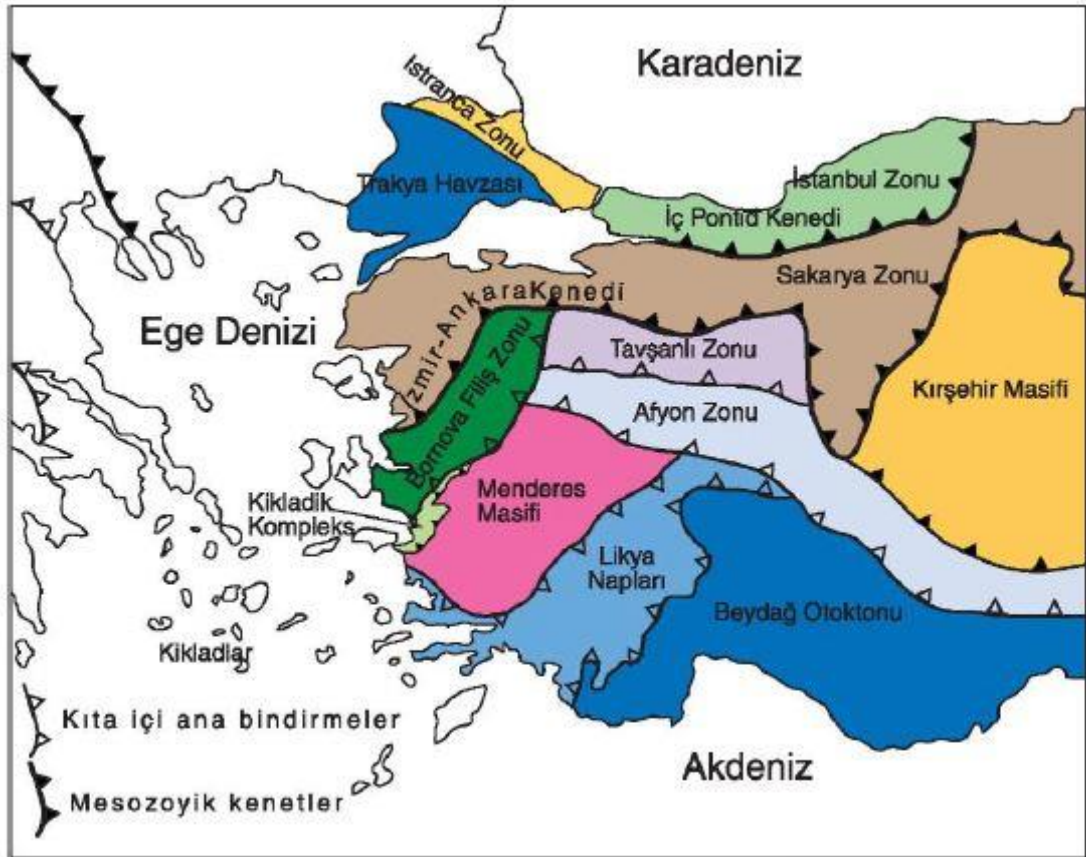
Son yıllarda yapılan yapısal çalışmalar masifi oluşturan kayaların Oligosen–Erken Miyosen yaşlı sıyrılma fayları ve/veya genişlemeli makaslama zonlarının (extensional shear zones) taban bloklarında deformasyona uğrayarak yüzeylediklerini ortaya koymuştur (Gökten ve ark., 2001; Işık ve Tekeli, 2001; Lips ve ark., 2001; Whitney ve Bozkurt, 2002; Işık ve ark., 2003a, b, 2004; Rimmelé ve ark., 2003; Ring ve ark., 2003; Bozkurt ve Sözbilir, 2004; Ring ve Collins, 2005; Thomson ve Ring, 2006). Masifin evrimindeki bu son deformasyon sırasında masif genişlemeli makaslama zonlarının taban bloğunda sünümlü deformasyona uğramış, milonitleşerek metamorfizmaya uğramıştır.

4.4. Jeolojik Evrim ve Magmatizma

Alpin sıkışma tektoniği ürünü kuvvetli içsel ekaylanmalar sunan, KD-GB uzanımlı, Menderes Masifi, Batı Anadolu'nun jeolojik evriminde büyük öneme sahiptir. Menderes Masifi, batı ve kuzeybatıda Bornova Fliş Zonu'nu da içeren İzmir-Ankara Zonu ve Kikladik Komplek'sin Türkiye'deki uzantısı, kuzeyde yüksek basınç / düşük sıcaklık metapelit ve metakarbonatları içeren Afyon Zonu ve güneyde yüksek basınç metasedimentleri ve kalın ofiyolit dilimlerden yapıllı Likya Napları tarafından tektonik

olarak (Şekil 4.4.) üzerlenmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1984a; Dora ve ark., 1995). Önceki çalışmalarda Menderes Masifi'nin Ege Denizi'ndeki Kikladik Masif'in doğu uzantısı olduğu görüşü genelde kabul edilmektedir (Dürr ve ark., 1978; Jacobshagen ve ark., 1978; Candan ve Dora, 1998).

Bununla beraber son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda, boyut ve yayılımı konusunda fikir farklılıkları olmasına karşın Kikladlar'ın Batı Anadolu'da tektonik bir dilim olarak yüzelediği ve bunun Menderes Masifi'nden belirgin farklılıklar sunduğu görüşü ileri sürülmektedir (Okay ve Satır 2000; Gessner ve ark., 2001; Ring ve ark., 2003).



Şekil 4.4. Batı Anadolu'nun genelleştirilmiş tektonik haritası ve Menderes Masifi'ni çevreleyen tektonik zonlar (Okay ve ark., 1996'dan değiştirilmiştir)

Kısmen migmatitleşme sunan paragnays ve mika şistlerden yapılmış metakırıntılı seri Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temelinin en yaşlı birimlerini oluşturmaktadır. Geç Proterozoyik yaşlı bu kayalar Prekambriyen-Kambriyen'de Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkili granülit, eklojit ve amfibolit fasiyesi koşullarında çoklu metamorfizmadan etkilenmişlerdir (Candan ve ark., 1994, Dora ve ark., 1995; Candan ve Dora, 1998). Temel serileri Pan-Afrikan Orojenezi ile ilişkili yaygın asidik / bazik magmatikler tarafından kesilmektedir (Candan, 1996a; Hetzel ve Reischmann, 1996; Loos ve

Reischmann, 1999; Koralay ve ark., 2004). Bu görüşlerin aksine, son yıllarda özellikle Çine Asması'nın güneyinde yapılan tektonik çalışmalarda, temele ait en tipik kayalar olan ve jeokronolojik çalışmalarla Pan-Afrikan yaşlı olduğu yönünde yaygın veriler elde edilen asidik magmatiklerin Geç Kretase yaşlı sokulumlar oldukları yönünde görüşler ileri sürülmektedir (Erdoğan ve Güngör, 2004). Jeokronolojik veriler, Pan-Afrikan ortognaysların ilksel kayalarını oluşturan ana asidik magmatik aktivite fazının 550 My'da yaygınlık gösterecek şekilde 520-570 My arasında (Geç Proterozoyik-Kambriyen) gerçekleştiğini göstermektedir (Hetzel ve Reischmann, 1996; Dannat, 1997; Hetzel ve ark., 1998; Loos ve Reischmann, 1999; Gessner ve ark., 2001 ve 2004; Koralay ve ark., 2004).

Menderes Masıfı'nda gözlenen ikinci en yaygın magmatizmayı Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar oluşturmaktadır. Ödemiş-Kiraz Asması'nda doğusunda Alaşehir güneyinde, Aydın/Köşk doğusunda ve Demirci-Gördes Asması'nın güneydoğusunda Kula'nın güneyinde KKD yönlenmeli lökokratik ortognays kütleleri Prekambriyen yaşlı temel serilerini ve Permo-Karbonifer yaşlı birimleri intrüzif dokanaklarla kesmektedirler (Akkök, 1983; Candan, 1994, Koralay ve ark., 2001). Bunlardan tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemiyle 230-245 My (Erken-Orta Triyas) yaşlar elde edilmiştir (Dannat, 1997; Dannat ve Reischmann, 1998; Koralay ve ark., 2001). Koralay ve ark. (2001), bu granitlerin Paleo-Tetis'in kapanmasıyla ilişkili Erken Kimmeriyen metamorfizmasını izleyen evrede sokulum yaptıklarını önermektedir. Metamorfik olmayan, 12-25 My yaşlı granit ve kersantitler ise masıftaki üçüncü magmatik aktiviteyi temsil etmektedir (Öztunalı, 1973; Bingöl ve ark., 1982; Hetzel ve ark., 1998; Delaloye ve Bingöl, 2000; Işık ve Tekeli, 2001; Işık ve Seyitoğlu, 2004; Catlos ve Çemen, 2005; Thompson ve Ring, 2006; Glodny ve Hetzel, 2007).

Son 10 yılda yayınlanan çalışmalarda, özellikle Triyas yaşlı sokulumlar dışında kalan ortognaysların sokulum yaşları konusunda jeokronolojik veriler ve arazi ilişkileri / kinematik verilere dayalı yorumların birbirleriyle çeliştikleri görülmektedir.

Yukarıda kısaca değinildiği gibi jeolojik ve jeokronolojik veriler Menderes Masıfı'nda üç ayrı yaşta asidik magmatik aktivitenin varlığını ortaya koymaktadır. Bunlar; i) Pan-Afrikan (Geç Proterozoyik / Kambriyen), ii) Triyas ve iii) Tersiyer yaşlı kayalardır. Pan-Afrikan yaşlı asidik magmatizmayı oluşturan ortognayslar Menderes Masıfı'nın çekirdek serisi içerisinde son derece yaygın olarak gözlenmekte ve bu temelin en karakteristik kaya türünü oluşturmaktadır (Hetzel ve Reischman, 1996; Dannat, 1997; Hetzel ve ark., 1998; Loos ve Reischman, 1999; Gessner ve ark., 2001; Koralay, 2001;

Gessner ve ark., 2004; Koralay ve ark., 2004). Triyas yaşı lökokratik ortognaysların granitik ilksel kayaları ise Masif'teki ikinci ana magmatik aktiveyi oluşturmaktadır (Dannat, 1997; Koralay, 2001; Koralay ve ark., 2001). Miyosen yaşı üçüncü grup ise post-metamorfik karakterli sokulumlar olup masifin orta ve kuzey kesimlerinde ve masifin kuzeyinde Tavşanlı Zonu ve Sakarya Zonu içerisinde gözlenmektedir (Öztunalı, 1973; Bingöl ve ark., 1982; Reischmann ve ark., 1991; Hetzel ve ark., 1995; Delaloye ve Bingöl, 2000; Işık ve Tekeli, 2001; Işık ve ark., 2004; Lipps ve ark., 2001; Catlos ve Çemen, 2005; Thompson ve Ring, 2006; Glodny ve Hetzel, 2007).

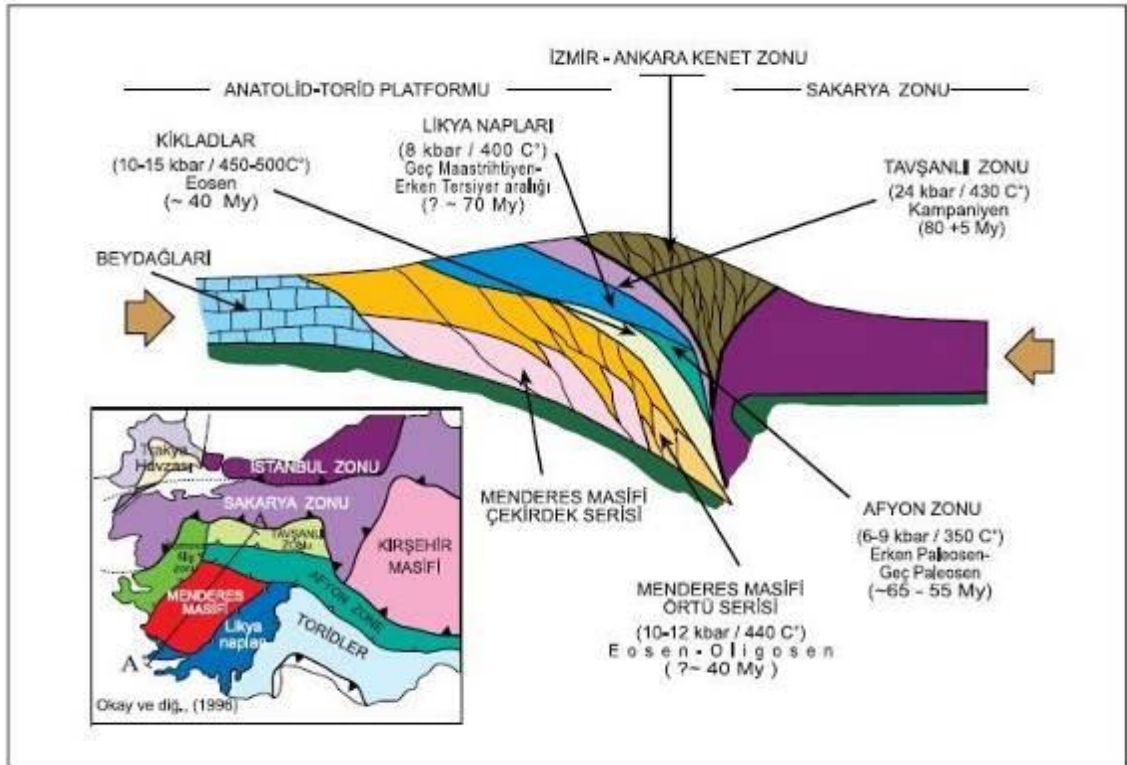
4.5. Petrografi ve Metamorfizma

Menderes Masifi, Alpin Orojenik Kuşağı içerisinde Türkiye'nin batısında bulunan büyük bir metamorfik komplekstir. Masif, ana olarak, Pan-Afrikan yaşı bir temel ve onu üzerleyen Paleozoyik-Erken Tersiyer yaşı örtü serilerinden yapıli bir durumdadır (Şengör ve ark. 1984b; Dora ve ark., 2001). Temel ve örtü serileri Tersiyer'de etkili bir Alpin deformasyonundan ve yerel metamorfizmadan etkilenmiştir. Pan-Afrikan temel, kısmi migmatitleşme sunan paragnays ve yüksek dereceli mika-şistlerden oluşan Proterozoyik yaşı metasedimentler, bunlar içine sokulum yapmış sin-/post-tektonik Pan-Afrikan ortognayslar, metagranitler ve eklojitik metagabrolardan oluşmaktadır (Candan ve ark., 2001; Dora ve ark., 2001). Örtü serileri ise Paleozoyik ve Mesozoyik-Erken Tersiyer yaşı iki birimden meydana gelmektedir (Dürr, 1975; Konak ve ark., 1987).

Menderes Masifi'nin temel ve örtü serileri, 'Ana Menderes Metamorfizması' olarak adlandırılan, Alpin yaşı bir bölgesel metamorfizmadan birlikte etkilenmiştir. Barrow türü, yeşil şist-alt amfibolit fasiyesi koşullarında gerçekleşen bu metamorfizmanın yaşı konusunda çok farklı görüşler mevcuttur. Masifi örten, metamorfik olmayan ilk tortulların Geç Eosen yaşı olduğu vurgulanmaktadır (Konak ve Çakmakoglu, 2007). 63-48 My arasında saçılan ve 56 ± 1 My ortalama değer veren Rb/Sr beyaz mika yaşı (Satır ve Friedrichsen, 1986) bu jeolojik bulguyla uyuşmaktadır. 37 My dolayındaki Ar/Ar biyotit (Satır ve Friedrichsen, 1986) ve muskovit (Hetzel ve Reischmann, 1996) yaşları ise soğuma yaşları olarak yorumlanmaktadır. Jeolojik ve jeokronolojik veriler, Menderes Masifi'ndeki Alpin metamorfizmanın yaşını Geç Paleosen-Orta Eosen aralığına sıkıştırmaktadır. Bu metamorfizmanın oluşum koşulları olarak 5-8 kb basınç ve 430-550 °C sıcaklık değerleri hesaplanmıştır (5 kb ve 530- 550 °C, Ashworth ve Evirgen, 1984; 8 kb ve 530 °C, Okay, 2001; 6 kb ve 430-550 °C, Whitney ve Bozkurt, 2002). Menderes Masifi'nin Triyas kuvars meta-çakıltaşları

içerisinde karfolit-disten topluluğunun bulunmasıyla, masifin örtü serilerinde Alpin yaşlı bir yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasının varlığı anlaşılmıştır (Rimmelé ve ark., 2003). Ancak bu YB/DS metamorfizmasıyla, masifin Alpin yaşlı, Barrow türü metamorfizmasının birbirine göre konumu henüz tam olarak açıklığa kavuşturulmamıştır.

Anatolide-Torit tektonik birliklerinin bir araya gelmesiyle ilgili birçok hipotez geliştirilmiştir. Genelde bu süreç, Neotetis'in kuzey kolunun kapanması ve Paleojen'de Anatolit-Torit platformunun Sakarya Kıtası'yla çarpışmasıyla ilişkilendirilmektedir. Yazarın da içinde bulunduğu bir grup tarafından Anatolidler'in evrimiyle ilgili şöyle bir şematik model önerilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Menderes Masifindeki Alpin Metamorfizmanın tektonik ortamı, yaşı ve koşulları (Rimmelé ve ark., 2003'den değiştirilerek alınmıştır)

Anatolit-Torit platformu Albien'den itibaren İzmir-Ankara kenet-kuşağı boyunca Sakarya Zonu'nun altına kuzeye doğru dalmaya başlamaktadır. Kampaniyen'de 60 km derinliğe ulaşan Tavşanlı Zonu'nun, düşük jeotermal gradyan nedeniyle, üst serileri 5-8 kb basınç ve 250-300 °C sıcaklık, alt serileri 20±2 kb basınç ve 430 °C sıcaklık koşullarında mavişist metamorfizması geçirir. Erken-Geç Paleosen aralığında dalma-batma zonuna ulaşan Afyon Zonu 6-9 kb basınç ve 350 °C sıcaklık koşullarında YB/DS metamorfizmasına uğrar. Menderes Masifi'nin YB/DS metamorfizması ise, 10-12 kb basınç ve 440 °C sıcaklık koşullarında, büyük olasılıkla Alpin Ana Metamorfizması öncesi, Eosen döneminde gerçekleşmiştir (Dora, 2011).

Menderes Masifi'nde alçak dereceli metamorfik kuşaktan yüksek dereceli metamorfik kuşağa kadar tüm metamorfik diziyi gözlemek olasıdır. Diaspor/korund izogramından başlayarak sillimanit-ortoklas topluluğuna ulaşılması ve kimi yörelerde çok iyi gelişmiş migmatitlere rastlanması, metamorfizma esnasında 420° ile 650 °C arasında sıcaklıkların ve genelde 5-6,5 kb. arasında basınçların egemen olduğunu ortaya koyar.

Gözlü gnayslar 500 milyon yıl dolayında bir radyometrik yaş vermişlerdir. Bu da Menderes Masifi'nin ilk metamorfizmasını Kambriyen/Ordovisyen zamanında geçirdiğini vurgulamaktadır. İlk metamorfizmanın ürünleri olduğu düşünülen metagranodiyoritler de yine 480 milyon yıl dolayında bir yaş sergilemektedirler. Metagranodiyoritlerin eşlenikleri kabul edilen metavolkanitler (leptitler) Pan-Afrikan yay volkanikleriyle yaş, kimyasal bileşim ve jeolojik çerçeve yönünden yakın bir benzerlik sunarlar. Benzer yaşlı (462 ± 48 milyon yıl) migmatitlere Menderes Masifi'nin batı uzantısı sayılan Kiklad adalarında da rastlanır. Buradan da Menderes Masifi'nin en azından bu temel birimlerinin günümüz Afrikası'nın yerindeki Ebürnian kratonun parçaları olduğu söylenebilmektedir (Dora, 2011).

4.5.1. Düşük dereceli metamorfik zon

Menderes Masifi'nin en dış kısmını mermerler ve onların altında bulunan düşük dereceli metamorfik şistler oluşturmaktadır. Mermer içinde metamorfizma koşullarını belirleyici önemli minerallerin bulunmamasına karşın, zımpara mercekleri içerisinde saptanan 420°C'lik diaspor/korund izogradı, sıcaklık ölçüsü olarak kullanılabilir. Çine Asması'nın düşük dereceli metamorfik şistleri yeşilşist fasiyesinin üç alt fasiyesini de, yani klorit-biyotit ve almandin zonunu kapsarlar. Üç alt fasiyesin içinde de kloritoyide rastlanmaktadır. Bu nedenle Çine Asması'nın düşük dereceli metamorfik zonunda orta basınç ve 420°-540 °C arası sıcaklıklar hüküm sürmüştür.

Ödemiş Asması'nda düşük dereceli metamorfik şistler fillitlerle temsil edilir. Fillitler, granat-biotit-muskovit, granat-kloritoid-stavrolit mineral topluluklarını kapsarlar. Bu yörede ilginç olarak "stavrolit-kloritoid" parajenezi dengededir. "Stavrolit-kloritoid topluluğu birkaç yüz metreden sonra "granat-stavrolit" parajenezine, yani orta dereceli metamorfik zona geçer. Bahsedilen mineral topluluklarına dayanarak, Ödemiş Asması düşük dereceli metamorfik zonunun, Çine Asması'ndekilerle benzer koşullarda oluştuğu söylenebilir (Candan ve Dora, 1988).

4.5.2. Orta dereceli metamorfik zon

Menderes Masifi şistlerinde düşük ve orta dereceli metamorfik zonların geçişi çok iyi gözlenebilmektedir. Ödemiş ve Gördes Asmasifleri'nde şistlerin altında çok kalın stavrolit-granat şistler yer alır. Özellikle Gördes Asmasifinde bu şistlerin kalınlığı 2 km'ye erişebilmektedir.

Menderes Masifi'ndeki disten-stavrolit-granat şistlerin içinde çok yaygın granat-amfibolit merceklerine rastlanılmaktadır. Mercekler 10 m en ve birkaç yüz metre uzunluğa sahip olabilirler. 1 cm boyda ulaşan granat kristalleriyle özellikle dikkat çekicidirler. Çok karmaşık bir mineral topluluğu sergilerler. Büyük olasılıkla eski bazik sillerin ya da tuf düzeylerinin metamorfizmasıyla oluşmuşlardır.

Gördes Asmasifi'nin stavrolit-disten-granat şistlerindeki stavrolitler bazen 10 cm'ye ulaşabilirler. Bu şistlerdeki Al_2O_3 zenginliği, pegmatoid damarlarında 20 cm'ye ulaşan dev disten kristallerinin büyümesine de neden olmuştur. Gördes Asmasifi'nin bu zonunda sillimanite de rastlanır. Sillimanit özellikle feldispat, disten ya da stavrolit sınırlarında büyümektedir. Sillimanitin ortaya çıkmasıyla stavrolit kaybolur ve sillimanit-disten-granat şistlere geçilir. Bu zon orta ve yüksek dereceli metamorfik zonlar arasında bir geçiş kuşağı olarak saymak mümkündür (Candan ve Dora, 1988).

4.5.3. Yüksek dereceli metamorfik zon

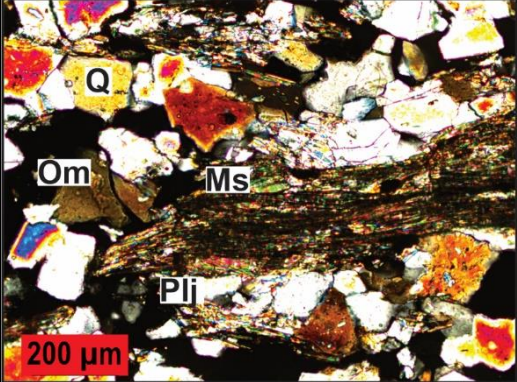
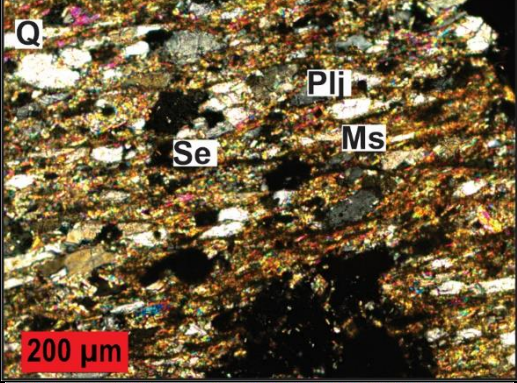
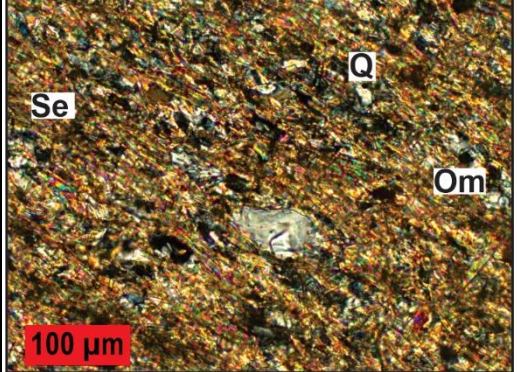
Tüm asmasiflerde yüksek dereceli metamorfik zon genellikle gnayslarla temsil edilir. Çine ve Ödemiş Asmasifleri'nde bu birime metavolkanitler (leptitler) eklenir. Gnays ve metavolkanitlerde migmatizasyona uğramış kesimler boldur. Öte yandan bu birimler içinde sürekli sillimanit ya da sillimanit disten minerallerine rastlanır. Bu nedenlerle Menderes Masifi'nin yüksek dereceli metamorfik zonlarında sıcaklığın 600-650°C ye ve basıncın da 6-6,5 Kb'a çıktığı kabul edilebilir (Kun, 1983). Çoğunlukla gözlü yapı sunan gnaysların mineralojik bileşimi şöyledir: kuvars-plajiolit (oligoklas)-K-feldispat-biyotit-muskovit-granat-turmalin-zirkon-apatit. Gnays benzeri doku sunan yaşlı metagranitler de aynı mineralojik bileşime sahiptirler. Mavi gözlü gnayslarda ve metavolkanitlerde bu topluluğa sillimanit ve disten mineralleri de eklenir. Kimi metavolkanitler leopara benzer lekeler sunarlar. Bu lekeler, halen granat, sillimanit, muskovit ve biyotit mineralleri tarafından doldurulmuş mineral yuvaları olup, eski fenokristallerin yerlerini simgelemektedirler.

Gnayslar ve metavolkanitler en az iki progresif (ilerleyen) metamorfizmanın etkisinde kalmışlardır. Ancak bugün birinci metamorfizmanın kalıntı mineralleri çok güç seçilebilmektedir (Dora ve ark., 1992).

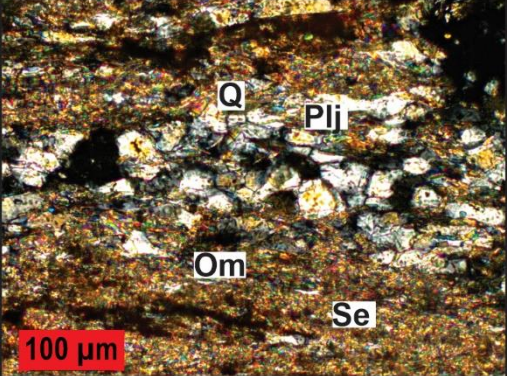
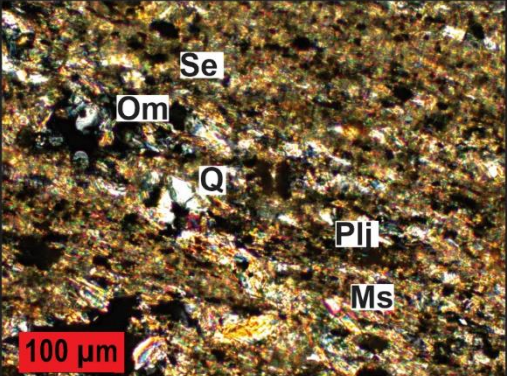
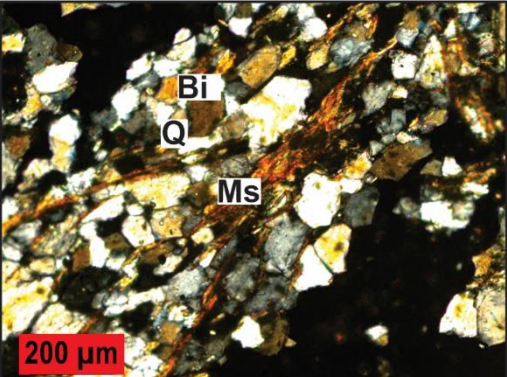
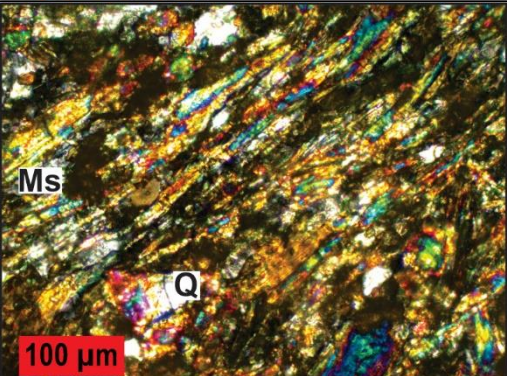
4.5.4. Yankayaç petrografisi

Çalışma bölgesinden alınan numunelerde yapılan petrografik incelemeler sonucunda kayalarındaki mineral içeriği ve doku özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikler Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

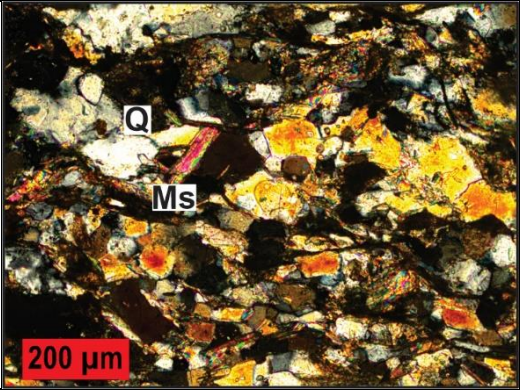
Çizelge 4.1. Çalışma alanından derlenen numunelerin petrografik özellikleri (Q: Kuvars, Ms: Muskovit, Plj: Plajiyoklas, Se: Serisit, Bi: Biyotit, Om: Opak mineral)

N. No	Mineral içeriği	Doku	Kayaç Adı	
1	Kuvars (% 81), Muskovit (% 15), Plajiyoklas(Albit) (% 2), Opak Mineral (% 1), Apatit (% 1)	Grano-lepidoblastik	Muskovit-Kuvars-şist	
2	Serisit (% 71), Kuvars (% 20), Muskovit (% 5), Plajiyoklas(Albit) (% 3), Opak Mineral (% 1)	Grano-lepidoblastik	Kuvars-fillit	
3	Serisit (% 77), Kuvars (% 7), Klorit (% 15), Opak Mineral (% 1)	Lepidoblastik	Fillit	

Çizelge 4.1. Çalışma alanından derlenen numunelerin petrografik özellikleri (Q: Kuvars, Ms: Muskovit, Plj: Plajiyoklas, Se: Serisit, Bi: Biyotit, Om: Opak mineral) (devamı)

4	Serisit (% 89), Kuvars (% 9), Plajiyoklas (Albit) (% 1), Opak Mineral (% 1)	Lepidoblastik	Fillit	
5	Serisit (% 82), Kuvars (% 9), Muskovit (% 2), Plajiyoklas (Albit) (% 2), Klorit (% 5), Opak Mineral (% 1)	Lepidoblastik	Fillit	
6	Kuvars (% 78), Muskovit (% 3), Klorit (biyotitten itibaren gerileyen metamorfizma ile oluşmuş) (% 4), Biyotit (% 12), Turmalin (% 1), Epidot (% 1), Opak Mineral (% 1)	Grano-lepidoblastik	Mika-Kuvarşist	
7	Epidot (% 40), Kuvars (% 8), Muskovit (% 3), Klorit (% 23), Biyotit (% 15), sfen (titanit) (% 3), Plajiyoklas (Albit) (% 7), Opak Mineral (% 1)	Nematoblastik	Yeşilşist-Klorit-epidot fels	

Çizelge 4.1. Çalışma alanından derlenen numunelerin petrografik özellikleri (Q: Kuvars, Ms: Muskovit, Plj: Plajiyoklas, Se: Serisit, Bi: Biyotit, Om: Opak mineral) (devamı)

8	Kuvars (% 48), Muskovit (% 28), Kalsit (% 8), Turmalin (% 1), Klorit (% 8), Biyotit (% 4), sfen (titanit) (% 2), Opak Mineral (% 1)	Grano- lepidoblastik	Mika- Kuvarssist	
---	--	-------------------------	---------------------	--

4.6. Jeokimya

İnceleme alanında toplamda 45 adet numune üzerinde Anaoksite, majör ve nadir toprak elementlerinin konsantrasyonlarını belirlemek için kimyasal analiz yapılmıştır (Çizelge 4.2.). İnceleme alanının genelini temsil edecek şekilde alınan numunelerden SiO₂ oranı %0.15 - %41.70 arasında değişmektedir. Anakitle(Numunelerin) aritmetik ortalama değeri %11.82'dir, bu değer de yer kabuğundaki Si ortalamasının (%27) yaklaşık yarısına karşılık gelmektedir.

Al₂O₃ değeri %1.17 – 85.90 arasında olup ortalama değeri %56.53'tür. Yer kabuğundaki Al₂O₃ değeri %8.22'dir. Yer kabuğundaki değerinin ortalama değerden yaklaşık 6 katıdır. Fe₂O₃ ortalaması %14.85, alınan numuneler arasındaki en düşük değer %0.34, en yüksek değer ise %88.10'dur. %6.14 olan yer kabuğundaki Fe ortalamasının yaklaşık 3 katıdır. TiO₂ konsantrasyonu en düşük %0.01, en yüksek %5.44 ve ortalama %0.96 dır. Yer kabuğunda ortalama %1.07 olup ortalama değerden çok az altındadır.

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan numunelerin Anaoksit (%) konsantrasyonu. (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)

Numune No		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
PI-7-1 (Diaspor)	Pınarcık	0.48	83.9	0.74	0.02	0.02	0.02	0.02	0.015	0.06	0.01	0.07
PI-7-2 (Diaspor)		0.58	83.4	0.8	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.06	0.01	0.02
PI-7-3 (Diaspor)		0.68	83	0.92	0.05	0.05	0.01	0.06	0.026	0.06	0.01	0.01
PI-7-4 (Diaspor)		0.38	85.9	0.74	0.04	0.03	0.03	0.02	0.023	0.06	0.02	0.01
YA-1 (Kısmen Diaspor)	Yatağan	1.55	80.9	2.69	0.03	0.02	0.01	0.17	0.01	0.1	0.01	0.01
YA-2 (Boksit)		7.91	59	15.85	0.07	0.18	0.07	1.43	0.064	3.23	0.01	0.1
YA-3 (Kloritoid)		19.65	36.6	30.6	0.06	0.5	0.02	0.03	0.006	0.02	0.34	0.06
YA-4 (Muskovit/Margarit)		39.5	34.5	11.6	0.76	0.18	0.23	8.62	0.009	0.06	0.07	0.01
YA-7-1 (Diaspor_Beyaz)		0.47	84.2	0.35	0.02	0.03	0.02	0.02	0.023	0.08	0.01	0.01
YA-7-2 (Diaspor_Mor)		0.36	83.3	0.54	0.01	0.03	0.03	0.01	0.023	0.09	0.01	0.02
YA-7-3 (Diaspor_Mor)		0.28	83.1	0.34	0.01	0.02	0.01	0.02	0.039	0.1	0.01	0.01
YA-7-4 (Diaspor_Beyaz)		0.41	81.9	0.66	0.02	0.02	0.02	0.02	0.045	0.08	0.01	0.01
NO-1 (Kısmen Diaspor)	Hisarcık	0.65	82.3	1.48	0.19	0.02	0.01	0.02	0.013	0.09	0.01	0.01
NO-2 (Boksit)		3.32	60	22.1	0.03	0.13	0.02	0.01	0.053	2.91	0.07	0.03
AK-2 (Boksit)	Ovacıkışlacık	9.59	56.5	18.9	0.05	0.44	0.09	1.23	0.035	2.7	0.04	0.11
BE-1 (Kısmen Diaspor)	Bencik	32.4	54.6	8.9	0.2	0.07	0.03	0.14	0.034	1.75	0.01	0.06
BE-2 (Boksit)		6.98	41.6	17.05	13.45	0.11	0.25	0.49	0.029	1.99	0.14	0.08
BE-3 (Kloritoid)		20.8	40.4	27.6	2.64	0.9	0.07	0.12	0.015	0.43	0.13	0.02
CE-2 (Boksit)	Damlıboğaz	5.02	58.2	24	0.14	0.2	0.04	0.03	0.045	2.74	0.05	0.1
CE-3 (Kloritoid)		22	36.3	27.6	3.9	0.94	0.02	0.1	0.007	0.09	0.26	0.02
CE-4 (Muskovit/Margarit)		24.4	21.4	8.6	21.1	0.4	0.24	4.08	0.005	0.05	0.1	0.01
CE-6 (Piritli oluşum)		15.3	58.8	5.92	0.04	0.15	0.19	2.71	0.03	2.63	0.01	0.06
KMZ-1 (Kısmen Diaspor)	Gümüşlük	1.16	76	1.64	4.08	0.02	0.03	0.15	0.008	0.21	0.01	0.03
KMZ-2-1 (Boksit toprak)		7.07	50	18.55	5.95	0.18	0.07	0.63	0.03	2.4	0.08	0.09
KMZ-2-2 (Boksit)		33.2	34.8	13.95	1.64	0.62	0.25	1.42	0.031	1.67	0.07	0.14
KMZ-3 (Kloritoid)		23.9	39.3	28.6	0.11	1.52	0.02	0.09	0.008	0.08	0.16	0.04
KMZ-4 (Muskovit/Margarit)		33.9	26.9	14.05	9.45	0.14	0.12	7.7	0.008	0.16	0.03	0.01
SA-1 (Kısmen Diaspor)	Savran	0.64	83	1.41	0.03	0.01	0.02	0.01	0.008	0.15	0.01	0.01
SA-2 (Boksit)		5.66	58	23.4	0.17	0.21	0.04	0.68	0.031	2.75	0.07	0.09
SA-3 (Kloritoid)		22.6	38.3	33	0.02	0.71	0.02	0.02	0.017	0.01	0.47	0.02
SA-4 (Muskovit/Margarit)		41.7	37	5.19	0.02	0.26	0.31	9.35	0.007	0.19	0.13	0.01

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan numunelerin Anaoksit (%) konsantrasyonu. (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit) (devamı)

KU-1 (Kısmen Diaspor)	Kurudere	9.72	10.8	11.65	37.3	0.48	0.17	0.34	0.005	0.1	0.14	0.02
KU-2 (Boksit)		1.88	61.6	21.1	0.05	0.09	0.03	0.01	0.06	3.1	0.06	0.03
KU-3 (Kloritoid)		22.3	38.7	33.6	0.24	0.96	0.01	0.01	0.023	0.29	0.78	0.04
KU-4 (Muskovit/Margarit)		41.6	37.7	3.5	0.03	0.25	0.25	9.5	0.05	0.15	0.05	0.02
SO-1 (Kısmen Diaspor)	Sodra	0.15	83.3	0.97	0.16	0.01	0.02	0.01	0.014	0.08	0.01	0.06
SO-2 (Boksit)		0.99	60.7	25	0.45	0.04	0.03	0.05	0.039	2.83	0.03	0.08
SO-3 (Kloritoid)		26.4	36.6	30.6	0.76	0.87	0.08	1.99	0.006	0.03	0.29	0.02
SO-4 (Muskovit/Margarit)		40	39.1	2.31	0.04	0.22	0.21	9.71	0.003	0.05	0.02	0.03
SO-5 (İlmenit)		1.12	1.17	88.1	0.01	0.02	0.01	0.1	0.051	5.44	0.01	0.01
SO-7-1 (Diaspor)		0.35	83	0.82	0.01	0.01	0.04	0.02	0.005	0.1	0.01	0.01
SO-7-2 (Diaspor)		0.4	83	0.75	0.01	0.01	0.04	0.02	0.05	0.1	0.01	0.01
SO-7-3 (Diaspor)		0.67	81.9	0.71	0.01	0.01	0.04	0.02	0.005	0.1	0.01	0.01
SO-7-4 (Diaspor)		0.26	82.9	0.76	0.01	0.01	0.04	0.02	0.005	0.08	0.01	0.01
Ort.		11.82	56.53	14.85	2.30	0.25	0.07	1.36	0.02	0.96	0.09	0.04
N.S.		45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
St.S.		13.90	24.23	18.83	6.65	0.34	0.09	2.85	0.02	1.38	0.14	0.03
A.L.		0.15	1.17	0.34	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Ü.L.		41.70	85.90	88.10	37.30	1.52	0.31	9.71	0.06	5.44	0.78	0.14

Çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre iz elementlerin ortalama değerlerine bakıldığında V : 279 ppm, Ba : 262 ppm, Zn : 212 ppm, Ni : 172 ppm, Zr : 159 ppm, Cr : 156 ppm, Ga : 69 ppm, Rb : 58 ppm, Y : 49 ppm ve Sc : 47 ppm değerleri ile belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır (Çizelge 4.3).



Çizelge 4.3. İnceleme alanı iz element konsantrasyonu (ppm). (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)

	Numune No	Ba	Cr	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zr	Ag	As	Cd	Co	Cu	Li	Mo	Ni	Pb	Sc	Tl	Zn
Pınarcık	PI-7-1	5.5	100	0.17	92.9	0.2	0.3	1.4	1	2.7	0.1	41.9	0.06	29	1	13.3	12	0.5	5	0.5	1	3	10	1	13	10	1	10	8
	PI-7-2	9.2	150	0.11	93	0.1	0.3	2.1	1	1.5	0.1	0.63	0.6	28	1	1.3	3	0.5	5	0.5	24	5	90	1	120	44	128	10	168
	PI-7-3	14	170	0.21	93.6	0.1	0.3	3.4	1	1.8	0.1	0.78	0.08	27	1	1.1	3	0.5	5	0.5	1	7	10	1	7	8	2	10	8
	PI-7-4	8.4	140	0.08	93	0.1	1.2	1	1	1.3	0.1	0.38	0.06	29	1	1.4	3	0.5	5	0.5	3	8	10	1	5	14	1	10	3
Yatağan	YA-1	38.2	70	0.43	88.5	0.1	0.7	8.4	1	2	0.1	0.36	0.06	100	1	7.7	8	0.5	6	0.5	1	19	10	1	7	18	5	10	31
	YA-2	127	420	4.7	75.8	17.1	64	50.7	12	64.2	4.3	59.3	10.55	448	9	87.6	648	0.5	53	0.8	14	37	60	36	71	90	22	10	31
	YA-3	40.6	50	0.37	63.7	0.2	0.7	1.1	11	3.6	0.1	7.03	6.91	469	1	19.6	5	0.7	31	3.6	62	12	120	15	479	106	36	10	719
	YA-4	2380	60	18	50.8	0.5	0.4	378	11	233	0.1	0.31	0.5	179	1	10.2	28	0.5	5	0.8	25	67	50	2	166	149	148	10	87
	YA-7-1	10.4	160	0.16	92.3	0.1	0.3	1.8	1	1.7	0.1	0.2	0.08	163	1	0.7	3	0.5	5	0.5	1	2	10	1	5	6	1	10	6
	YA-7-2	4.7	170	0.09	88.4	0.1	0.3	1.2	1	1	0.1	0.94	0.17	163	1	5.3	4	0.5	5	0.5	1	3	10	1	7	7	1	10	28
	YA-7-3	3.4	280	0.06	85	0.1	0.1	0.7	2	0.7	0.1	0.14	0.05	183	1	0.5	3	0.5	5	0.5	1	3	10	1	4	4	1	10	6
	YA-7-4	7.5	340	0.07	92.1	0.1	0.3	1.3	1	1	0.1	0.51	0.14	371	1	0.8	6	0.5	5	0.5	1	3	30	1	4	5	1	10	24
Hisarcık	NO-1	3.8	110	0.07	78.9	0.2	0.5	0.7	2	0.7	0.1	2.21	0.31	49	1	4.3	6	0.5	9	0.5	1	3	10	1	6	5	4	10	10
	NO-2	6.8	360	0.22	75.9	15.4	56.6	0.4	11	12.7	3.8	43.2	4.52	351	6	45.6	584	0.5	34	0.5	22	7	10	1	143	15	41	10	78
Ovacıkışlacık	AK-2	126	240	4.96	72.5	15	50.4	64.2	11	67.9	3.6	48.9	7.58	401	6	167	547	0.5	10	0.5	47	27	50	1	396	34	37	10	183
Bencik	BE-1	17.3	230	0.35	37.7	9.7	33	6.3	6	6.8	2.3	25.7	16.25	361	5	58.9	338	0.5	30	1.7	16	19	20	29	107	28	8	10	56
	BE-2	82.4	190	4.92	51.3	11.1	36.5	34.5	8	126	2.6	35.3	4.28	312	6	148.5	396	0.5	10	1.5	15	2	400	1	212	76	28	10	80
	BE-3	59.2	100	1.37	54	2.4	8.2	8	4	29.1	0.5	8.92	1.42	534	2	31.9	85	0.5	12	1.3	44	2	70	1	297	22	28	10	872
Damlıboğaz	CE-2	12.7	300	0.28	72	15.2	51.6	1	11	34.6	3.6	48.1	6.83	428	9	173.5	540	0.5	17	0.5	21	4	10	1	427	19	36	10	179
	CE-3	52.2	50	0.45	51.1	0.6	1.9	3.8	6	9.6	0.1	4.19	1.24	368	2	12.6	19	0.6	16	3.4	68	82	70	5	467	21	41	10	985
	CE-4	832	40	7.79	36.8	0.2	0.7	167	6	66.2	0.1	0.94	1.09	208	1	14	6	0.5	13	2.3	40	124	40	6	148	75	52	10	334
	CE-6	325	210	8.4	71.7	13.9	50.9	120.5	6	101.5	3.5	27.7	7.2	209	6	87.6	504	0.8	29	0.5	20	11	30	19	72	201	18	10	80
Gümüşlük	KMZ-1	19.1	60	0.51	80.3	0.7	3.1	6.9	1	8.2	0.1	13.7	0.44	59	1	7.8	30	0.5	6	0.5	3	14	10	1	12	12	5	10	19
	KMZ-2-1	106.5	210	2.13	63	13.3	46.6	36.7	9	49.2	3.5	55	6.29	277	7	136.5	508	0.5	11	1.6	20	41	10	2	117	37	27	10	118
	KMZ-2-2	246	210	6.73	49.1	10.6	37.4	91.4	7	62.9	2.4	31.6	5.3	242	6	77	409	0.5	22	0.5	30	46	60	2	140	42	23	10	150
	KMZ-3	28.9	70	2.06	70.9	0.7	2	6.3	8	4.4	0.1	2.46	0.66	307	1	12.3	29	0.5	9	1.2	83	6	10	1	544	5	37	10	904
	KMZ-4	1560	60	7.35	46.2	0.9	1	389	9	93.4	0.1	1.15	0.14	146	2	3.7	48	0.5	5	0.5	8	55	30	5	76	77	78	10	34

Çizelge 4.3. İnceleme alanı iz element konsantrasyonu (ppm) (devamı)

	Numune No	Ba	Cr	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zr	Ag	As	Cd	Co	Cu	Li	Mo	Ni	Pb	Sc	Tl	Zn
Savran	SA-1	4.6	60	0.02	95.9	0.1	0.4	1.3	1	0.9	0.1	0.78	0.06	88	1	8.6	6	0.5	5	0.5	1	4	10	1	6	2	1	10	10
	SA-2	113.5	210	2.12	73.7	15.2	52.5	30.5	11	63.6	3.7	50.3	6	357	8	101.5	565	0.5	8	0.5	30	5	10	1	154	45	34	10	139
	SA-3	13.4	120	0.47	62.5	0.4	0.3	0.8	5	1.2	0.1	2.12	0.5	217	1	6	20	0.6	17	2.2	197	110	100	1	689	20	87	10	812
	SA-4	1955	50	47.6	66.1	0.8	2.8	601	11	160.5	0.1	6.56	0.46	307	1	35.1	28	0.5	5	1.3	16	79	80	1	125	133	342	10	63
	SA-5	19.4	250	0.33	22.7	1.3	5.2	4.7	11	7.4	0.2	8.09	0.78	1630	4	10.1	51	0.8	5	0.6	15	7	10	1	86	29	36	10	1110
Kurudere	KU-1	30.9	50	1.99	17.4	0.7	2	18.1	2	104.5	0.1	5.56	2.05	65	1	34.3	30	0.5	24	2.5	56	63	50	12	195	19	54	10	254
	KU-2	4.2	420	0.42	77.1	18	72.6	0.6	13	11.2	4.4	33	4.32	309	11	43.5	670	0.5	8	0.5	25	6	10	1	130	16	45	10	89
	KU-3	4.8	150	0.31	68.9	2.3	6.4	0.4	22	3.2	0.3	12.35	0.75	220	2	52.2	93	0.7	16	1.3	305	16	10	1	1510	8	185	10	791
	KU-4	4.5	165	0.22	70	2.5	11.2	0.5	15	17.2	0.5	17.2	1.8	225	4	45.2	95	0.7	5	0.5	12	5	170	1	137	116	226	10	99
Sodra	SO-1	8.6	100	0.13	91.2	3.8	29.7	8.6	4	1.9	1.5	9.84	1.45	72	1	546	149	0.5	5	0.5	3	4	10	1	10	3	3	10	9
	SO-2	17	280	0.33	70.5	16.9	56.4	4.7	11	40.1	4.1	51.4	8.13	420	8	161	615	0.5	11	0.5	8	4	10	1	48	18	15	10	113
	SO-3	512	50	3.6	59.2	0.5	0.5	93	11	48.6	0.1	0.58	0.22	214	1	3.9	35	0.6	11	0.8	106	64	10	2	452	38	87	10	803
	SO-4	2910	30	14.9	62.2	0.1	0.2	451	11	98.6	0.1	3.91	0.08	222	1	2.7	2	0.5	5	0.6	5	11	40	1	77	63	176	10	36
	SO-5	29.6	320	0.36	11.6	0.1	0.7	6.2	15	2.2	0.1	0.5	0.12	1640	1	0.7	3	0.5	5	0.5	4	1	10	1	52	6	14	10	17
	SO-7-1	6	50	0.08	79.8	0.1	0.1	1.4	1	0.8	0.1	0.11	0.05	31	1	0.3	3	0.5	5	0.5	1	1	10	1	2	3	1	10	2
	SO-7-2	11.9	60	0.17	80.1	0.1	0.3	2.9	1	1.5	0.1	0.2	0.07	32	1	0.7	2	0.5	5	0.5	1	1	10	1	7	3	1	10	5
	SO-7-3	7.6	50	0.04	78.2	0.2	0.4	1.4	1	0.8	0.1	0.1	0.05	28	1	0.2	6	0.5	5	0.5	1	1	10	1	2	4	1	10	3
	SO-7-4	7	50	0.08	85.4	0.1	0.3	1.4	1	0.9	0.1	0.1	0.05	38	1	0.4	2	0.5	5	0.5	1	2	10	1	3	3	1	10	4
	Ort.	262	156	3	69	4	15	58	7	35	1	15	2	279	3	49	159	1	12	1	30	22	40	4	172	38	47	10	212
	N.S.	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	44	45	45	45
	St.S.	648.4	109	7.80	20.9	6.3	22.8	132.9	5	50.6	1.5	19.1	3.55	329	3	91.2	232.1	0.1	10	0.8	55	31	65	7	266	45	70	0	323
	A.L.	3.4	30	0.02	11.6	0.1	0.1	0.4	1	0.7	0.1	0.1	0.05	27	1	0.2	2.0	0.5	5	0.5	1	1	10	1	2	3	1	10	2
	Ü.L.	2910	420	48	96	18	73	601	22	233	4	59	16	1640	11	546	670	1	53	4	305	124	400	36	1510	201	342	10	1110

İnceleme alanında bulunan boksitlerin jeokimyasal değerlendirmeleri için geneli temsil edebilecek şekilde 10 adet boksit numunesi alınarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.4). Bu numunelerin Anaoksit, majör element, iz element ve Nadir Toprak Elementlerinin bazılarının analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.4. İnceleme alanından alınan boksitlerden alınan numunelerin Anaoksit analiz sonuçları. (%)
(Ort : Aritmetik ortalama, Strd Sap: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SrO	BaO	LOI	Toplam
YA-2 (Yatağan)	7,91	59	15,85	0,07	0,18	0,07	1,43	0,064	3,23	0,01	0,1	<0,01	0,01	12,05	99,97
AK-2 (Ovacıkşlacık)	9,59	56,5	18,9	0,05	0,44	0,09	1,23	0,035	2,7	0,04	0,11	<0,01	0,01	9,7	99,4
BE-2 (Bencik)	6,98	41,6	17,05	13,45	0,11	0,25	0,49	0,029	1,99	0,14	0,08	0,01	0,01	16,55	98,74
CE-2 (Damlıboğaz)	5,02	58,2	24	0,14	0,2	0,04	0,03	0,045	2,74	0,05	0,1	<0,01	<0,01	10,7	101,27
KMZ-2-1 (Gümüşlük)	7,07	50	18,55	5,95	0,18	0,07	0,63	0,03	2,4	0,08	0,09	<0,01	0,01	14	99,06
KMZ-2-2 (Gümüşlük)	33,2	34,8	13,95	1,64	0,62	0,25	1,42	0,031	1,67	0,07	0,14	<0,01	0,03	12,45	100,27
SA-2 (Savran)	5,66	58	23,4	0,17	0,21	0,04	0,68	0,031	2,75	0,07	0,09	<0,01	0,01	9,68	100,79
KU-2 (Kurudere)	1,88	61,6	21,1	0,05	0,09	0,03	0,01	0,06	3,1	0,06	0,03	<0,01	<0,01	11,2	99,2
SO-2 (Sodra)	0,99	60,7	25	0,45	0,04	0,03	0,05	0,039	2,83	0,03	0,08	<0,01	<0,01	11,2	101,44
NO-2 (Hisarcık)	3,32	60	22,1	0,03	0,13	0,02	0,01	0,053	2,91	0,07	0,03	<0,01	<0,01	10,85	99,51
Min	0,99	34,80	13,95	0,03	0,04	0,02	0,01	0,03	1,67	0,01	0,03	0,01	0,01	9,68	98,74
Maks	33,20	61,60	25,00	13,45	0,62	0,25	1,43	0,06	3,23	0,14	0,14	0,01	0,03	16,55	101,44
Ort	8,16	54,04	19,99	2,20	0,22	0,09	0,60	0,04	2,63	0,06	0,09	0,01	0,01	11,84	99,97
Std Sap.	9,20	9,08	3,71	4,36	0,18	0,09	0,59	0,01	0,48	0,03	0,03	0,00	0,01	2,10	0,95

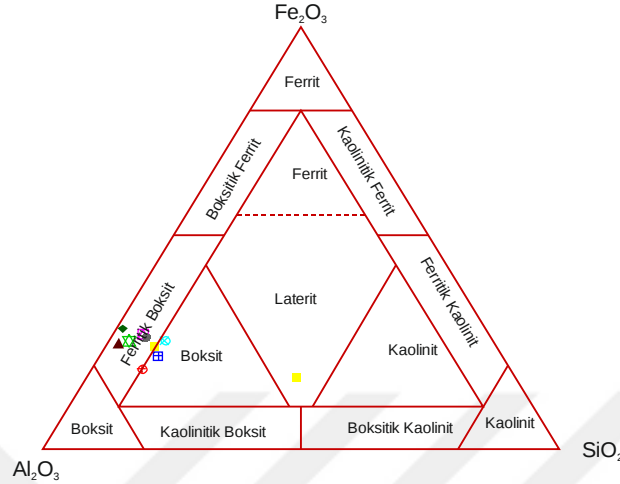
Al₂O₃ değeri %34.80- 61.60 arasında olup ortalama değeri %54.04 dür. Yer kabuğundaki Al₂O₃ değeri %8.22 dir. Yerkabuğundaki değerinin ortalama değerden yaklaşık 6 katıdır.

İnceleme alanın genelini temsil edecek şekilde alınan numunelerden SiO₂ oranı %0.99 - %33.20 arasında değişmektedir. Anakitle aritmetik ortalama değeri %8.16'dır, bu değer yerkabuğundaki Si ortalamasının (%27) üçte birine karşılık gelmektedir.

Fe₂O₃'ün ortalaması %19.99, alınan numuneler arasındaki en düşük değer %13.95, en yüksek değer ise %25.00'tir. %6.14 olan yerkabuğundaki Fe ortalamasının 3 katıdır. Boksitlerden alınan numunelerde TiO₂ konsantrasyonu en düşük %1.67, en yüksek %3.23 ve ortalama %2.63'tür. Yerkabuğunda ortalama değer %1.07 olup ortalama değer iki katıdır (Lee an Yao, 1970).

Al₂O₃ - SiO₂-Fe₂O₃ diyagramı, boksit petrografik sınıflandırmasını tanımlamak için kullanılabilir (Aleva, 1994). Lateritleşme derecesini, mineral kontrolünü ve boksit sınıflandırmasını göstermek için Al₂O₃-SiO₂-Fe₂O₃'ün üçgen varyasyonu yaygın

olarak kullanılmaktadır (Meshram ve Randive, 2011; Gu ve ark., 2013; Zamanian ve ark., 2015). Aleva (1994)'nın mineralojik sınıflandırmasına göre alınan boksit numuneleri *Ferrik Boksit ve boksit* alanında görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. SiO_2 - Fe_2O_3 - Al_2O_3 diyagramı

Çizelge 4.5. İnceleme alanındaki boksitlere ait iz element değerleri (%) (Ort : Aritmetik ortalama, Std Sap: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum)

	Ba	Cr	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zr	Ag	As	Cd	Co	Cu	Li	Mo	Ni	Pb	Sc	Tl	Zn
YA-2	127	420	4,7	76	17	64	50,7	12	64	4	59	11	448	9	88	648	1	53	1	14	37	60	36	71	90	22	<10	31
AK-2	126	240	5,0	73	15	50	64,2	11	68	4	49	8	401	6	167	547	<0,5	10	<0,5	47	27	50	<1	396	34	37	<10	183
BE-2	82	190	4,9	51	11	37	34,5	8	126	3	35	4	312	6	149	396	<0,5	10	2	15	2	400	1	212	76	28	<10	80
CE-2	13	300	0,3	72	15	52	1,0	11	35	4	48	7	428	9	174	540	<0,5	17	<0,5	21	4	10	1	427	19	36	<10	179
KMZ-2-1	107	210	2,1	63	13	47	36,7	9	49	4	55	6	277	7	137	508	<0,5	11	2	20	41	10	2	117	37	27	<10	118
KMZ-2-2	246	210	6,7	49	11	37	91,4	7	63	2	32	5	242	6	77	409	1	22	<0,5	30	46	60	2	140	42	23	<10	150
SA-2	114	210	2,1	74	15	53	30,5	11	64	4	50	6	357	8	102	565	<0,5	8	<0,5	30	5	10	<1	154	45	34	<10	139
KU-2	4	420	0,4	77	18	73	0,6	13	11	4	33	4	309	11	44	670	<0,5	8	<0,5	25	6	<10	<1	130	16	45	<10	89
SO-2	17	280	0,3	71	17	56	4,7	11	40	4	51	8	420	8	161	615	<0,5	11	<0,5	8	4	10	<1	48	18	15	<10	113
NO-2	7	360	0,2	76	15	57	0,4	11	13	4	43	5	351	6	46	584	<0,5	34	<0,5	22	7	<10	<1	143	15	41	<10	
Min	4	190	0	49	11	37	0	7	11	2	32	4	242	6	44	396	<0,5	8	<0,5	8	2	10	1	48	15	15	<10	31
Maks	246	420	7	77	18	73	91	13	126	4	59	11	448	11	174	670	1	53	2	47	46	400	36	427	90	45	<10	183
Ort	84	284	3	68	15	52	31	10	53	4	46	6	355	8	114	548	1	18	1	23	18	76	8	184	39	31	<10	120
Strd Sap	77	88	2	10	2	11	31	2	33	1	10	2	69	2	50	91	0	15	1	11	18	122	11	128	26	9	<10	49

Analizi yapılan boksit numunelerinde ortalama 284 ppm Cr bulunmaktadır ve yöredeki boksitlerde en düşük 190 ppm ve en yüksek 420 ppm Cr konsantrasyonu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Yerkabuğunun 121 ppm olan Cr ortalamasına göre boksitler en az iki kat daha yüksek Cr içermektedir.

Boksit numunelerinde ortalama 355 ppm, en az 242 ppm ve en çok 448 ppm V konsantrasyonu bulunmuştur (Çizelge 4.5). Yerkabuğunun 130 ppm olan V ortalamasına göre boksitler yaklaşık 3 kat daha zenginleşmiş durumdadır.

Boksitlerin Zr miktarı en düşük 396 ppm ile 670 ppm arasında ortalama 548 ppm olup (Çizelge 4.5) yer kabuğundaki ortalaması 16 ppm olan zirkonyumun boksitlerde yaklaşık 35 kat zenginleştiği anlaşılmaktadır.

Numunelerin en düşük Niyobyum değeri 37 ppm, en yüksek 73 ppm ve ortalama değeri 52 ppm'dir (Çizelge 4.5). Yer kabuğunda ortalama 17 ppm olan Niyobyum boksit numunelerinde yaklaşık 3 kat zenginleşmiştir.

4.6.1. Nadir Toprak Elementleri jeokimyası

İnceleme alanından alınan 10 adet boksit numunesi üzerinde Nadir Toprak Elementlerinden bazılarının analizleri yapılmış ve bunlara göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. İnceleme alanındaki boksitlere ait nadir toprak elementleri çizelgesi

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
YA-2 (Yatağan)	151,5	250	26,6	90,8	13,3	2,54	10,9	1,78	11,9	2,69	9,24	1,35	9,56	1,61
AK-2 (Ovacıkışlacık)	212	304	41	155	27,6	5,33	21,9	3,04	18,25	4,09	12,1	1,73	11,6	1,96
BE-2 (Bencik)	150	212	25,1	90,6	15,4	3,31	14,75	2,28	15,1	3,4	10,7	1,58	10,05	1,65
CE-2 (Damlıboğaz)	286	320	51,2	175,5	34	7,06	28,1	4,75	29,3	6,11	18,15	2,84	19,85	3,16
KMZ-2-1 (Gümüşlük)	220	328	42,9	161,5	28,4	5,5	23,5	3,13	18,6	3,87	11,85	1,66	11,9	1,89
KMZ-2-2 (Gümüşlük)	122,5	203	23	83,2	14,85	3,04	12,7	1,83	11,5	2,4	7,53	1,02	7,19	1,14
SA-2 (Savran)	133,5	320	24,5	86,8	16,1	2,99	12,45	1,92	13,25	3	9,61	1,52	9,89	1,67
KU-2 (Kurudere)	92,9	152,5	12,6	45,7	10,7	2,44	8,61	1,2	6,15	1,3	4,53	0,78	7,15	1,33
SO-2 (Sodra)	168,5	333	29,4	106	19,45	4,94	23,4	3,74	24,6	5,28	15,55	2,14	15,1	2,34
NO-2 (Hisarcık)	105	151	14,15	39,7	5,31	1,07	4,75	0,97	6,31	1,49	5,33	0,92	6,99	1,27

Analiz sonuçlarına göre derlenen numunelerdeki ortalama NTE konsantrasyonları; Ce : 80.4 ppm, LA : 57.8 ppm, Nd : 39.22 ppm, Pr : 10.49 ppm ve Sm : 7.88 ppm değerleri ile belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE kimyasal analiz sonuçları (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)

	Numune No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Pınarcık	PI-7-1	416.00	277.00	79.80	346.00	62.60	12.55	39.90	2.28	5.20	0.41	0.58	0.03	0.11	0.04
	PI-7-2	3.50	3.20	0.60	1.80	0.30	0.08	0.30	0.04	0.15	0.03	0.05	0.01	0.03	0.02
	PI-7-3	3.60	2.70	0.55	2.10	0.33	0.11	0.32	0.03	0.16	0.02	0.05	0.01	0.03	0.01
	PI-7-4	2.20	1.50	0.31	1.60	0.32	0.07	0.28	0.05	0.18	0.04	0.05	0.01	0.03	0.02
Yatağan	YA-1	0.10	0.40	0.06	0.30	0.16	0.07	0.47	0.09	0.67	0.18	0.70	0.10	0.86	0.15
	YA-2	151.50	250.00	26.60	90.80	13.30	2.54	10.90	1.78	11.90	2.69	9.24	1.35	9.56	1.61
	YA-3	7.00	4.70	2.44	13.20	5.74	1.45	5.87	0.69	3.17	0.56	1.47	0.18	1.08	0.16
	YA-4	0.80	0.80	0.25	1.50	1.01	0.34	1.80	0.25	1.45	0.29	0.78	0.08	0.64	0.11
	YA-7-1	0.60	0.70	0.14	0.50	0.13	0.02	0.11	0.02	0.09	0.03	0.10	0.01	0.08	0.01

Çizelge 4.7. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE kimyasal analiz sonuçları (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit) (devamı)

	YA-7-2	0.50	0.50	0.11	0.70	0.27	0.16	0.72	0.09	0.74	0.14	0.37	0.07	0.43	0.05
	YA-7-3	0.40	0.40	0.06	0.20	0.04	0.02	0.05	0.01	0.07	0.01	0.03	0.01	0.05	0.01
	YA-7-4	0.50	0.70	0.13	0.60	0.10	0.03	0.19	0.01	0.10	0.01	0.03	0.01	0.06	0.01
Hisarcık	NO-1	1.40	2.00	0.27	1.50	0.35	0.09	0.63	0.11	0.83	0.18	0.51	0.07	0.55	0.08
	NO-2	105.00	151.00	14.15	39.70	5.31	1.07	4.75	0.97	6.31	1.49	5.33	0.92	6.99	1.27
Ovacıkışlacık	AK-2	212.00	304.00	41.00	155.00	27.60	5.33	21.90	3.04	18.25	4.09	12.10	1.73	11.60	1.96
Bencik	BE-1	96.10	130.50	15.80	53.90	8.05	1.39	7.07	1.10	7.41	1.78	5.31	0.82	5.62	0.88
	BE-2	150.00	212.00	25.10	90.60	15.40	3.31	14.75	2.28	15.10	3.40	10.70	1.58	10.05	1.65
	BE-3	31.60	45.90	5.30	20.10	3.88	0.92	3.70	0.49	3.29	0.75	2.41	0.29	2.21	0.35
Damlıboğaz	CE-2	286.00	320.00	51.20	175.50	34.00	7.06	28.10	4.75	29.30	6.11	18.15	2.84	19.85	3.16
	CE-3	11.30	17.80	3.45	17.80	5.83	1.21	4.48	0.54	2.61	0.47	1.13	0.18	1.33	0.23
	CE-4	3.00	5.60	1.08	6.30	3.29	0.98	3.73	0.49	2.26	0.40	1.09	0.14	1.06	0.17
	CE-6	97.70	153.50	18.15	62.00	9.70	1.83	8.85	1.49	11.10	2.55	8.03	1.14	7.98	1.31
Gümüşlük	KMZ-1	46.00	61.50	7.73	27.50	3.78	0.58	2.03	0.24	1.11	0.21	0.59	0.11	0.75	0.11
	KMZ-2-1	220.00	328.00	42.90	161.50	28.40	5.50	23.50	3.13	18.60	3.87	11.85	1.66	11.90	1.89
	KMZ-2-2	122.50	203.00	23.00	83.20	14.85	3.04	12.70	1.83	11.50	2.40	7.53	1.02	7.19	1.14
	KMZ-3	9.90	16.80	2.12	8.40	1.75	0.43	1.94	0.30	1.74	0.31	0.90	0.12	0.70	0.13
	KMZ-4	3.90	5.30	0.75	3.00	0.94	0.11	1.04	0.12	0.57	0.12	0.31	0.05	0.24	0.04
Savran	SA-1	0.90	1.80	0.21	1.10	0.67	0.15	0.93	0.16	1.07	0.22	0.71	0.10	0.77	0.11
	SA-2	133.50	320.00	24.50	86.80	16.10	2.99	12.45	1.92	13.25	3.00	9.61	1.52	9.89	1.67
	SA-3	2.10	1.70	0.91	5.10	2.01	0.45	1.75	0.20	0.98	0.16	0.47	0.05	0.30	0.05
	SA-4	36.50	30.60	6.00	23.80	6.41	1.62	6.02	0.85	4.62	0.93	2.58	0.33	1.86	0.29
	SA-5	13.60	31.00	2.58	9.00	1.78	0.38	1.39	0.21	1.23	0.33	0.93	0.13	0.86	0.14
Kurudere	KU-1	46.80	58.40	9.44	36.70	6.39	1.02	5.06	0.67	3.91	0.83	2.37	0.29	1.96	0.27
	KU-2	92.90	152.50	12.60	45.70	10.70	2.44	8.61	1.20	6.15	1.30	4.53	0.78	7.15	1.33
	KU-3	57.90	87.20	6.29	20.30	4.78	1.44	6.72	1.27	8.98	1.90	4.76	0.55	3.34	0.43
	KU-4	44.75	52.03	10.60	34.29	6.68	1.65	7.24	0.77	5.15	0.88	3.59	0.43	2.71	0.35
Sodra	SO-1	13.20	30.40	3.52	14.40	24.80	11.85	78.80	13.85	89.10	18.05	47.10	6.13	35.80	4.72
	SO-2	168.50	333.00	29.40	106.00	19.45	4.94	23.40	3.74	24.60	5.28	15.55	2.14	15.10	2.34
	SO-3	1.30	2.00	0.32	1.40	0.69	0.16	0.81	0.12	0.64	0.14	0.42	0.04	0.33	0.06
	SO-4	3.10	13.40	2.18	13.30	6.15	1.12	2.84	0.20	0.72	0.08	0.22	0.04	0.23	0.03
	SO-5	1.40	1.20	0.17	0.70	0.19	0.05	0.17	0.02	0.12	0.02	0.07	0.01	0.06	0.01
	SO-7-1	0.20	0.40	0.06	0.30	0.09	0.02	0.08	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01
	SO-7-2	0.50	0.80	0.09	0.40	0.11	0.02	0.12	0.02	0.15	0.03	0.06	0.01	0.04	0.01
	SO-7-3	0.20	0.60	0.06	0.20	0.05	0.02	0.06	0.01	0.05	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01
	SO-7-4	0.30	0.40	0.06	0.30	0.10	0.03	0.07	0.01	0.09	0.02	0.05	0.01	0.05	0.01
	Ort.	57.8	80.4	10.49	39.22	7.88	1.79	7.92	1.14	6.99	1.46	4.28	0.60	4.03	0.63
	N.S.	45.0	45.0	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	St.S.	89.9	112.8	16.68	65.67	12.01	2.82	13.89	2.24	14.33	2.95	7.99	1.08	6.78	0.99
	A.L.	0.1	0.4	0.06	0.20	0.04	0.02	0.05	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01
	Ü.L.	416.0	333.0	79.80	346.00	62.60	12.55	78.80	13.85	89.10	18.05	47.10	6.13	35.80	4.72

NTE'lerin $\sum NTE$, $\sum HNTE$, $\sum MNTE$ ve $\sum ANTE$ 'leri hesaplanarak kondirite göre normalize hali çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. NTE'lerin $\sum NTE$, $\sum HNTE$, $\sum MNTE$ ve $\sum ANTE$ ile kondirite göre normalize edilmiş hali

	Numune No	$\sum NTE$	$\sum HNTE$	$\sum MNTE$	$\sum ANTE$	(La/Lu)N	(Gd/Yb)N	(La/Sm)N	(La/Yb)N	Eu/Eu*	Ce/Ce*
Pınarcık	PI-7-1	6252.44	2476.39	1249.66	2526.39	945.45	295.56	4.03	2521.21	0.83	0.31
	PI-7-2	130.49	19.91	24.39	86.20	15.91	8.15	7.07	77.78	0.89	0.46
	PI-7-3	149.58	19.74	41.73	88.11	32.73	8.69	6.61	80.00	1.12	0.37
	PI-7-4	85.11	12.96	17.98	54.16	10.00	7.60	4.17	48.89	0.78	0.33
Yatağan	YA-1	11.86	6.02	3.26	2.58	0.06	0.45	0.38	0.08	0.85	1.28
	YA-2	1197.62	1131.02	47.61	18.99	8.55	0.93	6.90	10.56	0.70	0.82
	YA-3	110.13	88.27	15.72	6.15	3.98	4.43	0.74	4.32	0.83	0.26

Çizelge 4.8. NTE'lerin Σ NTE, Σ HNTE, Σ MNTE ve Σ ANTE ile kondirite göre normalize edilmiş hali
(devamı)

	YA-4	25.80	16.71	6.55	2.53	0.66	2.29	0.48	0.83	0.84	0.38
	YA-7-1	20.57	4.75	6.91	8.90	5.45	1.12	2.80	5.00	0.56	0.55
	YA-7-2	15.54	7.86	4.16	3.52	0.91	1.36	1.12	0.78	1.20	0.42
	YA-7-3	20.57	2.54	4.64	13.39	3.64	0.81	6.06	5.33	1.48	0.51
	YA-7-4	22.01	4.74	7.36	9.92	4.55	2.58	3.03	5.56	0.72	0.61
Hisarcık	NO-1	25.14	14.89	4.85	5.40	1.59	0.93	2.42	1.70	0.64	0.64
	NO-2	721.32	666.51	31.35	23.46	7.52	0.55	11.98	10.01	0.71	0.75
Ovacıkışlacık	AK-2	1670.78	1588.39	64.14	18.25	9.83	1.54	4.66	12.18	0.72	0.69
Bencik	BE-1	703.22	649.42	33.87	19.93	9.93	1.03	7.24	11.40	0.61	0.68
	BE-2	1140.23	1068.73	54.22	17.28	8.26	1.20	5.90	9.95	0.73	0.70
	BE-3	268.29	232.94	19.36	15.99	8.21	1.36	4.94	9.53	0.81	0.72
Damlıboğaz	CE-2	2000.60	1891.04	93.54	16.02	8.23	1.15	5.10	9.61	0.76	0.55
	CE-3	152.42	130.46	13.70	8.26	4.47	2.74	1.17	5.66	0.79	0.64
	CE-4	67.88	53.74	10.08	4.06	1.60	2.87	0.55	1.89	0.93	0.69
	CE-6	795.35	738.37	41.28	15.70	6.78	0.90	6.10	8.16	0.66	0.77
Gümüşlük	KMZ-1	394.44	301.47	43.34	49.62	38.02	2.21	7.38	40.89	0.70	0.66
	KMZ-2-1	1757.93	1674.39	65.09	18.44	10.58	1.61	4.69	12.32	0.71	0.72
	KMZ-2-2	1020.05	958.33	43.82	17.90	9.77	1.44	5.00	11.36	0.73	0.81
	KMZ-3	114.82	87.01	13.38	14.43	6.92	2.26	3.43	9.43	0.77	0.80
	KMZ-4	59.78	31.57	13.84	14.37	8.86	3.53	2.51	10.83	0.37	0.65
Savran	SA-1	22.73	14.77	4.87	3.09	0.74	0.98	0.81	0.78	0.63	0.87
	SA-2	1300.26	1235.21	49.15	15.90	7.27	1.03	5.03	9.00	0.70	1.18
	SA-3	47.46	30.30	10.78	6.38	3.82	4.75	0.63	4.67	0.80	0.28
	SA-4	277.00	233.65	25.54	17.81	11.44	2.64	3.45	13.08	0.87	0.41
	SA-5	154.50	123.43	13.98	17.09	8.83	1.32	4.63	10.54	0.80	1.12
Kurudere	KU-1	387.90	338.19	28.16	21.55	15.76	2.10	4.44	15.92	0.60	0.59
	KU-2	720.04	674.67	29.77	15.60	6.35	0.98	5.26	8.66	0.84	0.84
	KU-3	446.56	390.92	35.11	20.53	12.24	1.64	7.34	11.56	0.84	0.79
	KU-4	372.83	328.67	27.73	16.43	11.69	2.18	4.06	11.02	0.79	0.56
Sodra	SO-1	792.69	573.41	216.80	2.49	0.25	1.79	0.32	0.25	0.89	1.03
	SO-2	1531.46	1440.47	76.56	14.43	6.55	1.26	5.25	7.44	0.77	0.97
	SO-3	26.06	15.17	5.72	5.17	1.97	2.00	1.14	2.63	0.71	0.69
	SO-4	118.05	85.73	20.98	11.34	9.39	10.06	0.31	8.99	0.89	1.16
	SO-5	44.81	8.08	15.35	21.38	12.73	2.31	4.47	15.56	0.92	0.44
	SO-7-1	14.00	2.46	4.14	7.40	1.82	2.17	1.35	4.44	0.78	0.82
	SO-7-2	24.15	4.41	7.31	12.43	4.55	2.44	2.75	8.33	0.58	0.76
	SO-7-3	15.60	2.55	3.61	9.44	1.82	1.63	2.42	4.44	1.21	1.36
	SO-7-4	14.49	2.77	4.11	7.61	2.73	1.14	1.82	4.00	1.19	0.61

Boksit ve Diaspor numunelerinin PASS, NASC ve Kondrite göre Normalize edilmiş NTE değerleri çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Boksit ve Diaspor numunelerinin PASS, NASC ve Kondrite göre Normalize edilmiş NTE değerleri

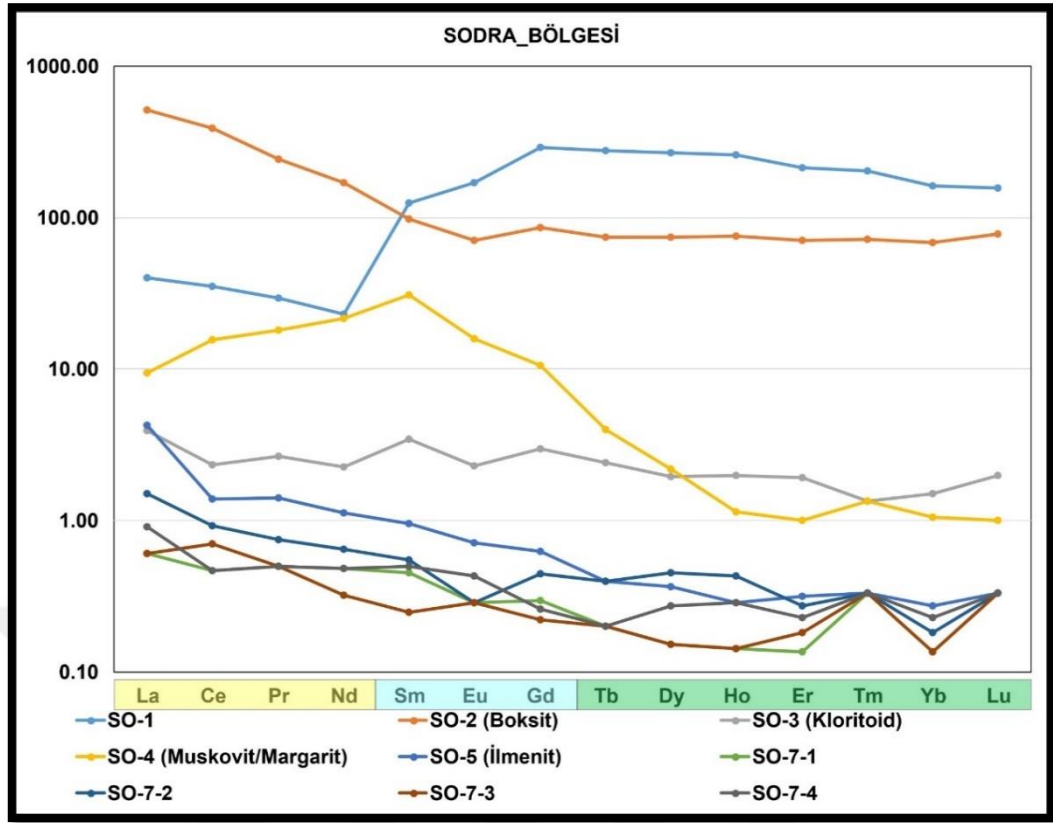
	Numune	Kondrit						PASS						NASC					
		(La/Lu) N	(Gd/Yb) N	(La/Sm) N	(La/Yb) N	Eu/Eu*	Ce/Ce*	(La/Lu) N	(Gd/Yb) N	(La/Sm) N	(La/Yb) N	Eu/Eu*	Ce/Ce*	(La/Lu) N	(Gd/Yb) N	(La/Sm) N	(La/Yb) N	Eu/Eu*	Ce/Ce*
Boksit	YA-2	8.55	0.93	6.90	10.56	0.70	0.82	1.06	0.69	1.65	1.17	0.99	0.89	1.40	0.65	2.07	1.51	0.88	0.88
	NO-2	7.52	0.55	11.98	10.01	0.71	0.75	0.93	0.41	2.87	1.11	1.00	0.85	1.23	0.39	3.58	1.43	0.89	0.84
	AK-2	9.83	1.54	4.66	12.18	0.72	0.69	1.22	1.14	1.12	1.35	1.02	0.73	1.60	1.08	1.39	1.74	0.90	0.73
	BE-2	8.26	1.20	5.90	9.95	0.73	0.70	1.02	0.89	1.42	1.10	1.03	0.76	1.35	0.84	1.77	1.42	0.91	0.76
	CE-2	8.23	1.15	5.10	9.61	0.76	0.55	1.02	0.86	1.22	1.06	1.08	0.60	1.34	0.81	1.53	1.37	0.95	0.60
	KMZ-2-1	10.58	1.61	4.69	12.32	0.71	0.72	1.31	1.20	1.13	1.36	1.00	0.76	1.73	1.13	1.40	1.76	0.89	0.76
	KMZ-2-2	9.77	1.44	5.00	11.36	0.73	0.81	1.21	1.07	1.20	1.26	1.04	0.86	1.59	1.01	1.50	1.62	0.92	0.86
	SA-2	7.27	1.03	5.03	9.00	0.70	1.18	0.90	0.76	1.20	1.00	0.99	1.26	1.19	0.72	1.50	1.29	0.88	1.26
	KU-2	6.35	0.98	5.26	8.66	0.84	0.84	0.79	0.73	1.26	0.96	1.20	0.93	1.04	0.69	1.57	1.24	1.06	0.92
	SO-2	6.55	1.26	5.25	7.44	0.77	0.97	0.81	0.94	1.26	0.82	1.09	1.05	1.07	0.89	1.57	1.06	0.96	1.05
Pınarcık	PI-7-1	945.45	295.56	4.03	2521.21	0.83	0.31	117.07	219.50	0.97	279.18	1.18	0.33	154.24	207.74	1.20	360.55	1.04	0.33
	PI-7-2	15.91	8.15	7.07	77.78	0.89	0.46	1.97	6.05	1.70	8.61	1.26	0.51	2.60	5.73	2.12	11.12	1.11	0.51
	PI-7-3	32.73	8.69	6.61	80.00	1.12	0.37	4.05	6.45	1.58	8.86	1.59	0.41	5.34	6.11	1.98	11.44	1.41	0.40
	PI-7-4	10.00	7.60	4.17	48.89	0.78	0.33	1.24	5.65	1.00	5.41	1.10	0.35	1.63	5.35	1.25	6.99	0.97	0.35
Yatağan	YA-7-1	5.45	1.12	2.80	5.00	0.56	0.55	0.68	0.83	0.67	0.55	0.79	0.57	0.89	0.79	0.84	0.72	0.70	0.57
	YA-7-2	0.91	1.36	1.12	0.78	1.20	0.42	0.11	1.01	0.27	0.09	1.71	0.40	0.15	0.96	0.34	0.11	1.51	0.41
	YA-7-3	3.64	0.81	6.06	5.33	1.48	0.51	0.45	0.61	1.45	0.59	2.11	0.56	0.59	0.57	1.81	0.76	1.86	0.56
	YA-7-4	4.55	2.58	3.03	5.56	0.72	0.61	0.56	1.92	0.73	0.62	1.02	0.60	0.74	1.81	0.91	0.79	0.91	0.61
Sodra	SO-7-1	1.82	2.17	1.35	4.44	0.78	0.82	0.23	1.61	0.32	0.49	1.11	0.78	0.30	1.53	0.40	0.64	0.98	0.79
	SO-7-2	4.55	2.44	2.75	8.33	0.58	0.76	0.56	1.82	0.66	0.92	0.82	0.79	0.74	1.72	0.82	1.19	0.72	0.79
	SO-7-3	1.82	1.63	2.42	4.44	1.21	1.36	0.23	1.21	0.58	0.49	1.72	1.38	0.30	1.15	0.73	0.64	1.52	1.39
	SO-7-4	2.73	1.14	1.82	4.00	1.19	0.61	0.34	0.85	0.44	0.44	1.69	0.61	0.44	0.80	0.54	0.57	1.49	0.62

Sodra, Yatağan ve Pınarcık bölgelerinden alınan diaspor numuneleri kimyasal analizleri sonuçlarına göre NTE konsantrasyonları kullanılarak kondirite göre normalize edilmiştir.

Çizelge 4.10. Sodra bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE’lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi. (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)

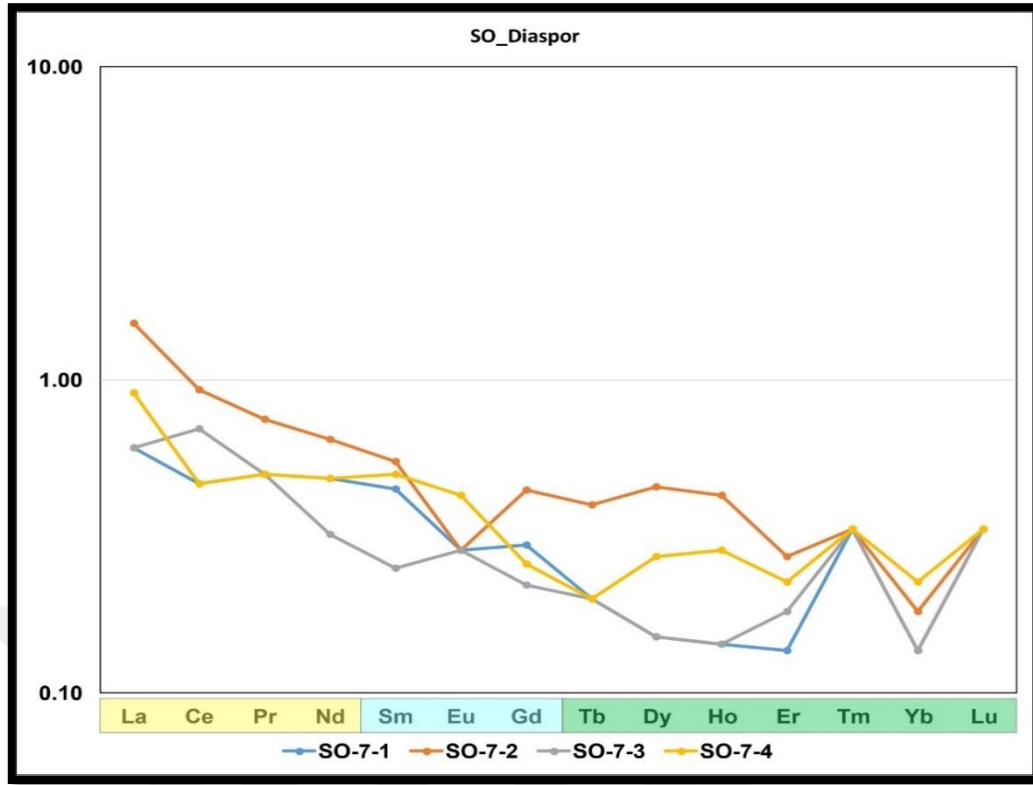
Numune No	NTE	HNTE (La-Nd)	MNTE (Sm-Gd)	ANTE (Tb-Lu)	Numune No	NTE	HNTE (La-Nd)	MNTE (Sm-Gd)	ANTE (Tb-Lu)
SO-1 (Kusmen Diaspor)	391.72	61.52	115.45	214.75	SO-7-1	1.3	0.96	0.19	0.15
SO-2 (Boksit)	753.44	636.9	47.79	68.75	SO-7-2	2.36	1.79	0.25	0.32
SO-3 (Kloritoid)	8.43	5.02	1.66	1.75	SO-7-3	1.35	1.06	0.13	0.16
SO-4 (Muskovit/Margarit)	43.61	31.98	10.11	1.52	SO-7-4	1.5	1.06	0.2	0.24
SO-5 (İlmenit)	4.19	3.47	0.41	0.31	Ort.	1.63	1.22	0.19	0.22
SO-7-1 (Diaspor)	1.3	0.96	0.19	0.15	N.S.	4	4	4	4
SO-7-2 (Diaspor)	2.36	1.79	0.25	0.32	St.S.	0.50	0.38	0.05	0.08
SO-7-3 (Diaspor)	1.35	1.06	0.13	0.16	A.L.	1.30	0.96	0.13	0.15
SO-7-4 (Diaspor)	1.5	1.06	0.2	0.24	Ü.L.	2.36	1.79	0.25	0.32
Ort.	134.21	82.64	19.58	31.99	Ort. =	Ortalama			
N.S.	9	9	9	9	N.S. =	Numune Sayısı			
St.S.	264.81	208.87	39.16	72.14	St.S. =	Standart Sapma			
A.L.	1.30	0.96	0.13	0.15	A.L. =	Alt Limit			
Ü.L.	753.44	636.90	115.45	214.75	Ü.L. =	Üst Limit			

Sodra bölgesinde NTE değerleriyle kondirite göre yapılan normalleştirmeye göre grafik üzerinde değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 4.7). Grafiğe göre SO-7-1, SO-7-4, SO-7-3, SO-5 ve SO-7-2 arasında grafikte belirgin bir uyum vardır.



Şekil 4.7. Soda bölgesi NTE'nin kondirite göre normalleştirilme grafiği

Sodra bölgesi diasporları bünyesinde bulunan diasporların kondirite göre normalleştirme grafiği Şekil 4.8.'de verilmiştir. Buna göre; SO-7-1, SO-7-2, SO-7-3 ve SO-7-4 arasında belirgin bir uyum gözlenmiştir.



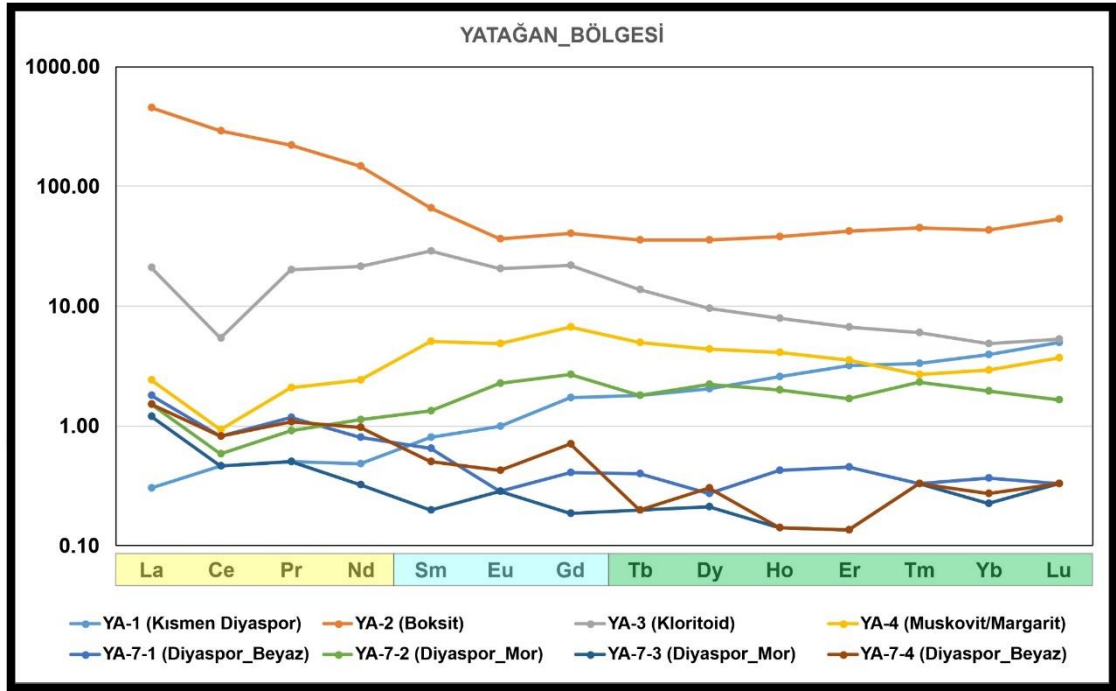
Şekil 4.8. Soda bölgesi diasporlarının kondirite göre normalleştirilme grafiği

Yatağan bölgesinden derlenen diaspor numunelerinin NTE konsantrasyon değerlerine göre hazırlanan kondirit normleşmesi Çizelge 4.11’da verilmiştir.

Çizelge 4.11. Yatağan bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE’lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi. (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)

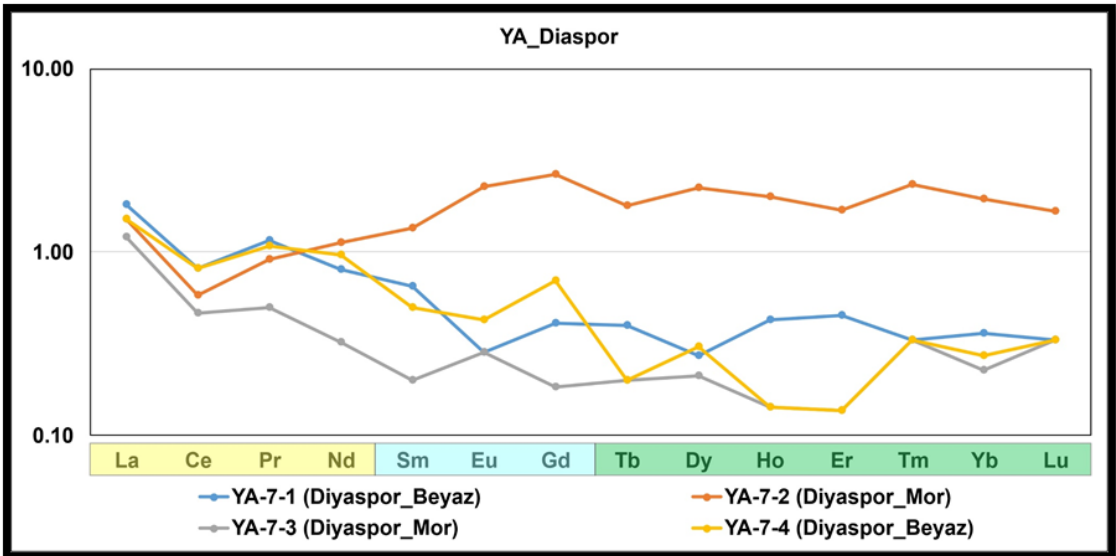
Numune No	NTE	HNTE (La-Nd)	MNTE (Sm-Gd)	ANTE (Tb-Lu)	Numune No	NTE	HNTE (La-Nd)	MNTE (Sm-Gd)	ANTE (Tb-Lu)
YA-1 (Kısmen Diaspor)	4.31	0.86	0.7	2.75	YA-7-1	2.54	1.94	0.26	0.34
YA-2 (Boksit)	583.77	518.9	26.74	38.13	YA-7-2	4.85	1.81	1.15	1.89
YA-3 (Kloritoid)	47.71	27.34	13.06	7.31	YA-7-3	1.36	1.06	0.11	0.19
YA-4 (Muskovit/Margarit)	10.1	3.35	3.15	3.6	YA-7-4	2.48	1.93	0.32	0.23
YA-7-1 (Diaspor_Mor)	2.54	1.94	0.26	0.34	Ort.	2.81	1.69	0.46	0.66
YA-7-2 (Diaspor_Mor)	4.85	1.81	1.15	1.89	N.S.	4	4	4	4
YA-7-3 (Diaspor_Beyaz)	1.36	1.06	0.11	0.19	St.S.	1.47	0.42	0.47	0.82
YA-7-4 (Diaspor_Beyaz)	2.48	1.93	0.32	0.23	A.L.	1.36	1.06	0.11	0.19
Ort.	82.14	69.65	5.69	6.81	Ü.L.	4.85	1.94	1.15	1.89
N.S.	8	8	8	8					
St.S.	203.28	181.75	9.55	12.88					
A.L.	1.36	0.86	0.11	0.19					
Ü.L.	583.77	518.90	26.74	38.13					

Kondirite göre normalize edilen NTE değerlerine göre hazırlanan grafiğe (Şekil 4.9.) göre, YA-7-4, YA-7-3 ve YA-7-1 numuneleri arasında belirgin bir uyum, YA-1, YA-7-2 ve YA-2 numuneleri arasında da belirgin bir uyum gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. Yatağan bölgesindeki NTE'nin kondirite göre normalleştirme grafiği

Yatağan bölgesinden alınan diaspor numuneleri arasında uygulanan kondirite göre yapılan normalleşme grafiği Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Bu grafiğe göre; YA-7-4, YA-7-3 ve YA-7-1 arasında uyum gözlemlenmiştir.

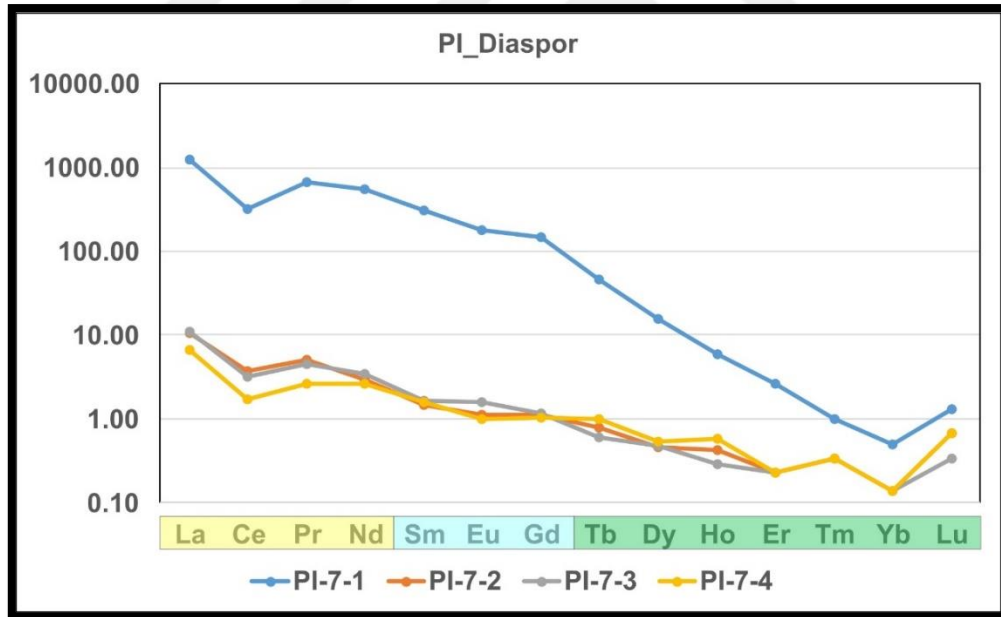


Şekil 4.10. Yatağan bölgesinden alınan diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirme grafiği

Pınarcık bölgesinden toplanan diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirilmesi Çizelge 4.12’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre normalleştirme grafikleri hazırlanmıştır (Şekil 4.11). Bu grafiğe göre; PI-7-2, PI-7-3 ve PI-7-4 diaspor numunelerinin kondirite göre normalleşme grafiğinde belirgin bir uyum görülmektedir.

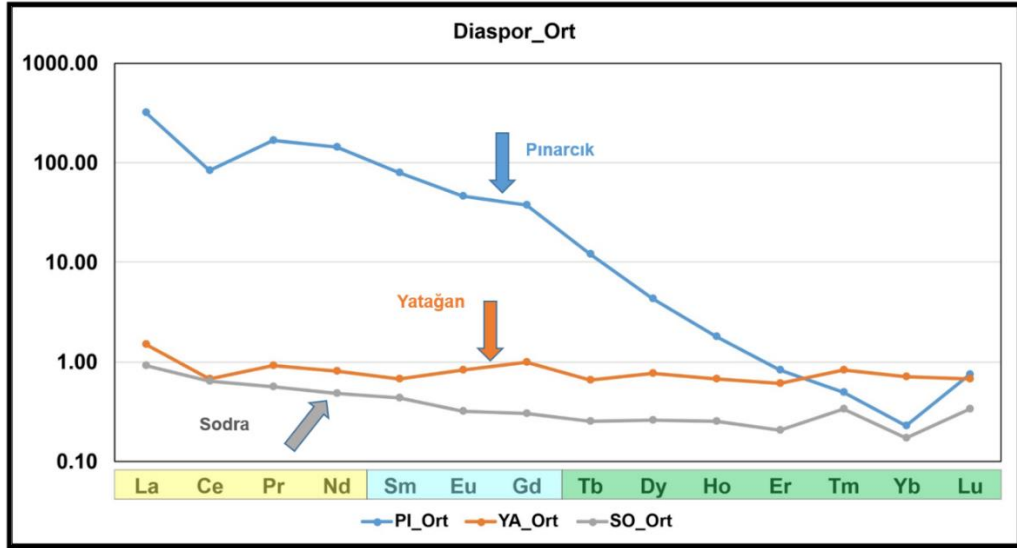
Çizelge 4.12. Pınarcık bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE’lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi. (%) (Ort : Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L. : Üst limit)

Numune No	NTE	HNTE (La-Nd)	MNTE (Sm-Gd)	ANTE (Tb-Lu)
PI-7-1 (Diaspor)	1242.5	1118.8	115.05	8.65
PI-7-2 (Diaspor)	10.11	9.1	0.68	0.33
PI-7-3 (Diaspor)	10.02	8.95	0.76	0.31
PI-7-4 (Diaspor)	6.66	5.61	0.67	0.38
Ort.	317.32	285.62	29.29	2.42
N.S.	4	4	4	4
St.S.	616.79	555.46	57.17	4.16
A.L.	6.66	5.61	0.67	0.31
Ü.L.	1242.50	1118.80	115.05	8.65



Şekil 4.11. Pınarcık bölgesindeki diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirme grafiği

Sodra, Yatağan ve Pınarcık bölgelerinden alınan diaspor numunelerin ortalama konsantrasyonlarına göre kondirite göre normalleştirilme grafiği hazırlanmıştır (Şekil 4.12). Buna göre; Yatağan ve Sodra yatağından alınan numuneler arasında belirgin bir uyum görülmektedir.



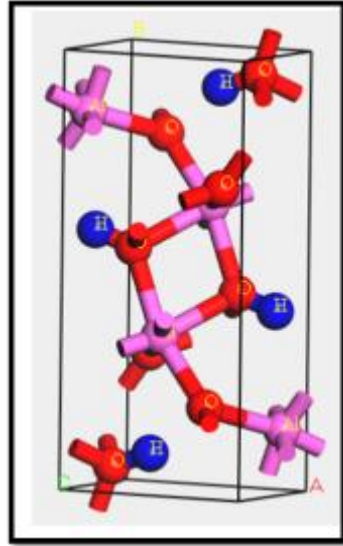
Şekil 4.12. Soda, Yatağan ve Pınarcık bölgesi diaspor numunelerinin ortalama konsantrasyonlarının kondirite göre normalleştirme grafiği

4.6.2. Diaspor jeokimyası

Bu çalışmanın konusunu oluşturan diasporun süstaşı olarak kullanımının henüz yakın tarihli olması ve 2020 yılına kadar sadece ülkemizdeki küçük bir alanda çıkıyor olması sebebi ile yapılan gemolojik incelemeler kısıtlı olmuştur. Tüm talep gören süstaşlarında oluşan sentetik veya sahte üretim sorunu diaspor da kendini göstermiştir. Renk değiştirme özelliği ve nadirliği dolayısıyla oldukça yüksek miktarda sentetik/sahte malzeme piyasada doğal diaspor olarak satılmaktadır. Bu sorunun önüne geçebilmenin yegane yolu ise analizler olmuştur.

Çizelge 4.13. Süstaşı diasporunun özellikleri (Url.10)

Diaspor	
Mineral ismi:	Boksit
Süstaşı İsmi:	Diaspor
Kimyasal formülü:	AlO(OH)
Sertlik:	6.5 - 7
Özgül Ağırlığı:	3.30 - 3.40
Dilinim:	Mükemmel {010}
Kırılma İndisi:	1.702 – 1.750
Çift Kırılım:	0.048
Kırınım:	Konkoidal
Renk:	Renksiz/ Yeşilimsi kahverengi/ pembe/ mor/yeşil
Parlaklık:	Camsı – İnci
Kristal Sistemi:	Ortorombik
Bulunduğu Yer:	Menderes Masifi



Şekil 4.13. Diaspor moleküler model (Fang, 2017)

Diaspor kristalleri, ileri girişim renkleri ve yüksek optik engebelerinin yanısıra özellikle iri kristallerin de mükemmel dilinimleri ile kolayca tanınırlar. Uzun prizmatik irice kristallerinde ayrıca bol sıvı kapanımının yanı sıra yer yer kloritoid kapanımlarına rastlanır (Lüle, 1998). Tüm bu safsızlıklara rağmen ülkemizden çıkarılan numuneler en önemli süstaşı numuneleridir.

Diaspor dünya da ilk defa 1800’lü yılların başında Ural dağlarında keşfedilmiştir. Ülkemizde ise 1950’li yıllarda Milas, Danişment 1 boksit ocağında fark edilen süstaşı kalitesindeki diaspor kristalleri ikincil mineral olarak görülmüş ve ekonomik olarak değerlendirilmemiştir. 1978 yılına kadar önemsenmeyen ve işçilerin zevklerine bırakılan diaspor kristallerinin bu yıla kadar ki üretim miktarı hakkında net bir şey söylemek mümkün değildir (Saatçioğlu, 2002). 1972-1982 yılları arasında ise Etibank tarafından işletilen ocakta renk değiştiren diaspor kristalleri ilk defa 1972 yılında raporlanmıştır (Hatipoğlu, 2009a). 1978 ile 1982 yılları arasında tutulan envantere göre 950 – 1000 kg arasında diaspor kristali çıkarılmış ve yetkili makamlara sunulmuştur. (Saatçioğlu, 2002).

1982 yılında Etibank tarafından madencilik faaliyeti sonlandırılmış ve 2005 yılına kadar kaderine terk edilmiştir. 2005 yılında yeni maden kanunun çıkmasıyla birlikte Amerika merkezli bir firma tarafından 4. grup olarak ruhsatlandırılmış ve meta boksit üretimi ruhsatı alınarak diaspor üretimi yapmaya başlanmıştır. Firma ticari isim olarak ise *Zultanite* ismini seçmiştir (Hatipoğlu ve ark., 2009) Günümüzde ise bölge hem 4. grup hem de 5. grup ruhsat ile ruhsatlandırılmış olup üretim belli galerilerde bakanlık tarafından durdurulmuş, diğer galerilerde ise üretime ara verilmiştir.

Her ne kadar diaspor kristallerinin sadece Türkiye’de çıktığı şeklinde yaygın kanı olsa da esas olarak diaspor kristalleri, Norveç, İsveç, Fransa, İspanya, Yunanistan, Uruguay’a kadar rapor edilmiştir. Bu ülkelerden 5 cm’i geçmeyen numuneler çıkarıldığı rapor edilmiştir (Hatipoğlu, 2009a).



Şekil 4.14. Diaspor kristalleri (Url.11)

Güzel diaspor numunelerine mermer biriminin içerisindeki breşik dolgulu, 2-25 m genişlik ve 1 km uzunluktaki mercekssel damarların boşluklarında rastlanılmıştır (Hatipoğlu, 1988 ve 1999). Milas’ta bulunan diasporlar genellikle yastık şekilli ve levha halinde iken, Yatağan sahasında bulunan diasporlar genellikle küçük ve kırlangıç kuyruğu yapısındadır.

4.7. Diaspor Yatakları

Bu çalışmanın da amacı olan süstaşı kalitesindeki diaspor kristallerinin ülkemiz sınırlarındaki yerlerinin belirlenmesinin oldukça önemi bulunmaktadır. Bu amaçla 2014-2019 yılları arasında belirlenen bölgelerde arazi çalışması yapılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.16. Kurudere bölgesi A) Boksit yatağının genel görüntüsü B) Mercek şekilli boksit yatağı

4.7.2. Çırpı üst (Yatağan Kırmızı)/ Çırpı alt (Yatağan kırmızı)

a) Çırpı (üst) bölgesi;

Çırpı üst mevki diasporitik boksitler içerisinde kırmızı - pembemsi diasporit oluşumları gözlenmiştir. Bölgede “metalik diasporlar”ın karstik bir çöküntüye bağlı olarak geliştiği tespit edilmiştir. “Diaspor” oluşumları dolomitik kireçtaşları kontağında karbonatlı altere zon içerisinde boyutları 2 cm’ye varan genelde mika (muskovit-kalk-mika şist) oluşumları içerisinde gözlenmiştir. Diaspor yatağı içerisinde kontakt zondan itibaren hematit, limonit ve yer yer muhtemel bakır içerikli (kovellin bornit) oluşumları

ile geçişli oolitik boksit zonları belirlenmiştir. Kristal diasporlar oluşumlarının yığılma yerleri açılan yarmalar sonucuna göre dolomitik kireçtaşları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Diasporların demirce zengin diasporlarla ilişkisi gözlenmemiştir. Kristal diasporlar dolomitik kireçtaşlarının çatlak düzlemleri boyunca yer yer muskovit oluşumları ile paralel gözlemlenmiştir (Şekil 4.17). Ancak bu bölgede muskovit oluşumları çok azdır. Boksit yatağı bu bölgede 400 m uzunluğa ve 100 m genişliğe sahip bir karstik oluşum şeklindedir.

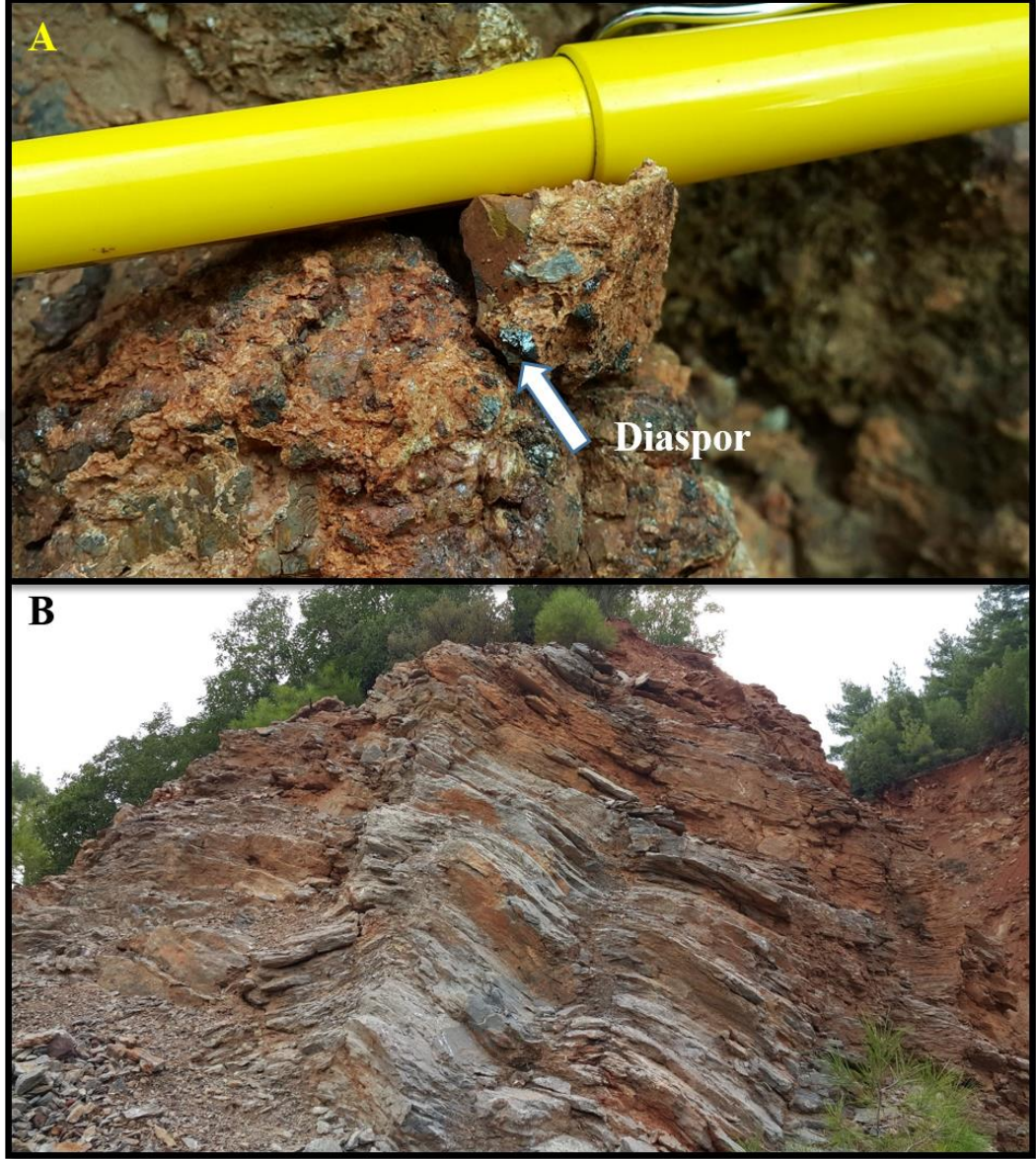


Şekil 4.17. Çırpı üst bölgesine ait dolomitik kireçtaşlarının çatlak/boşluklarında gelişmiş diaspor

b) Çırpı (alt) bölgesi;

Bölgedeki diaspor oluşumları çökme breşi şeklinde gelişmiş olup çatlaklar oldukça fazla miktarda kalsit dolguludur. Diaspor oluşumu derinliği ve yoğunluğu oldukça az bir yapı göstermektedir. Kristal diaspor oluşumları bu bölgede de kontakt zona yakın mika (muskovit) oluşumları ile paralellik göstermektedir ancak kristal diaspor oluşumları fazla gözlenmemiştir. Kireçtaşları ise lamine bol çatlaklı ve yer yer dolomit-dolomitik kireçtaşı özelliktedir. Kristal diaspor damarları yer yer 3 cm kadar

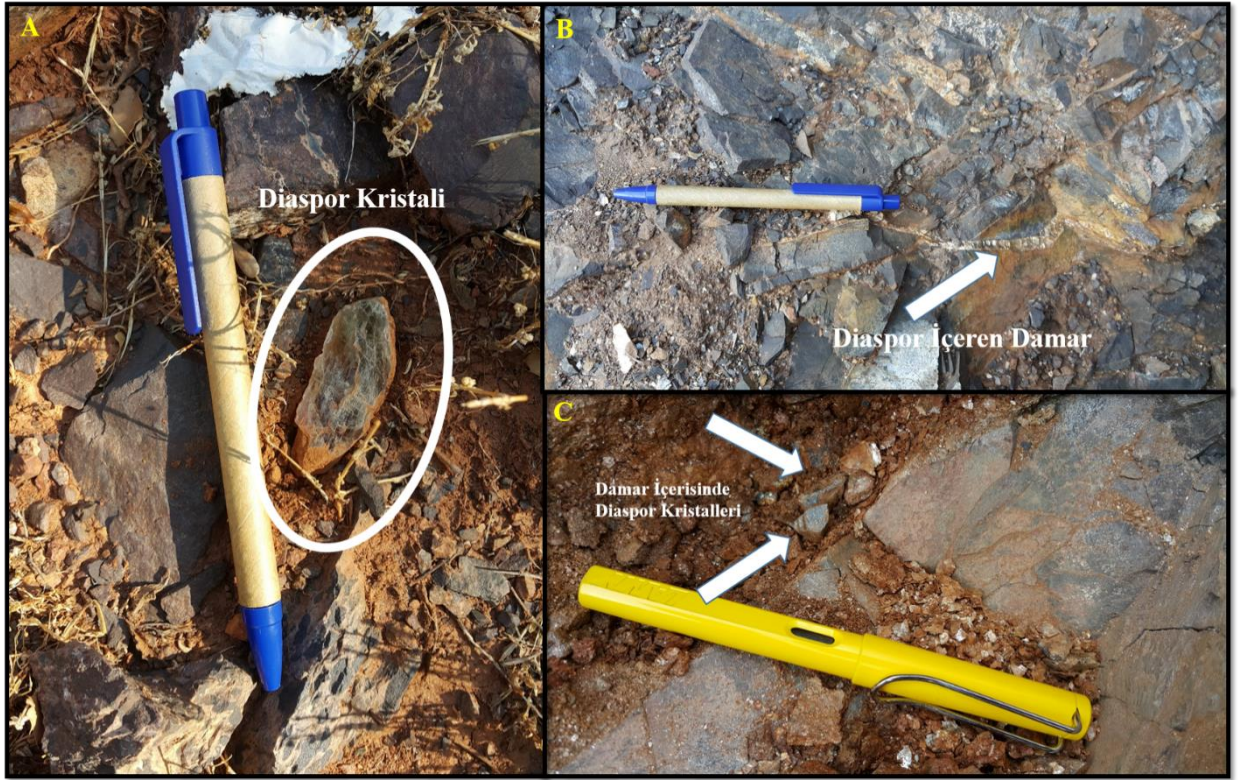
gözlemlenmiştir (Şekil 4.18). Kristal diasporların balköpüğü (yeşil)-kırmızı oluşum renkleri bu bölgede gözlenmemiştir. Diaspor merceği yaklaşık 15-20 m genişliğinde ve 50 60 m uzunluğundadır.



Şekil 4.18. Çırpı (alt) bölgesi küçük cep ve mercekler halinde kısmen diaspor oluşularının genel görüntüsü.

4.7.3. Sodra bölgesi

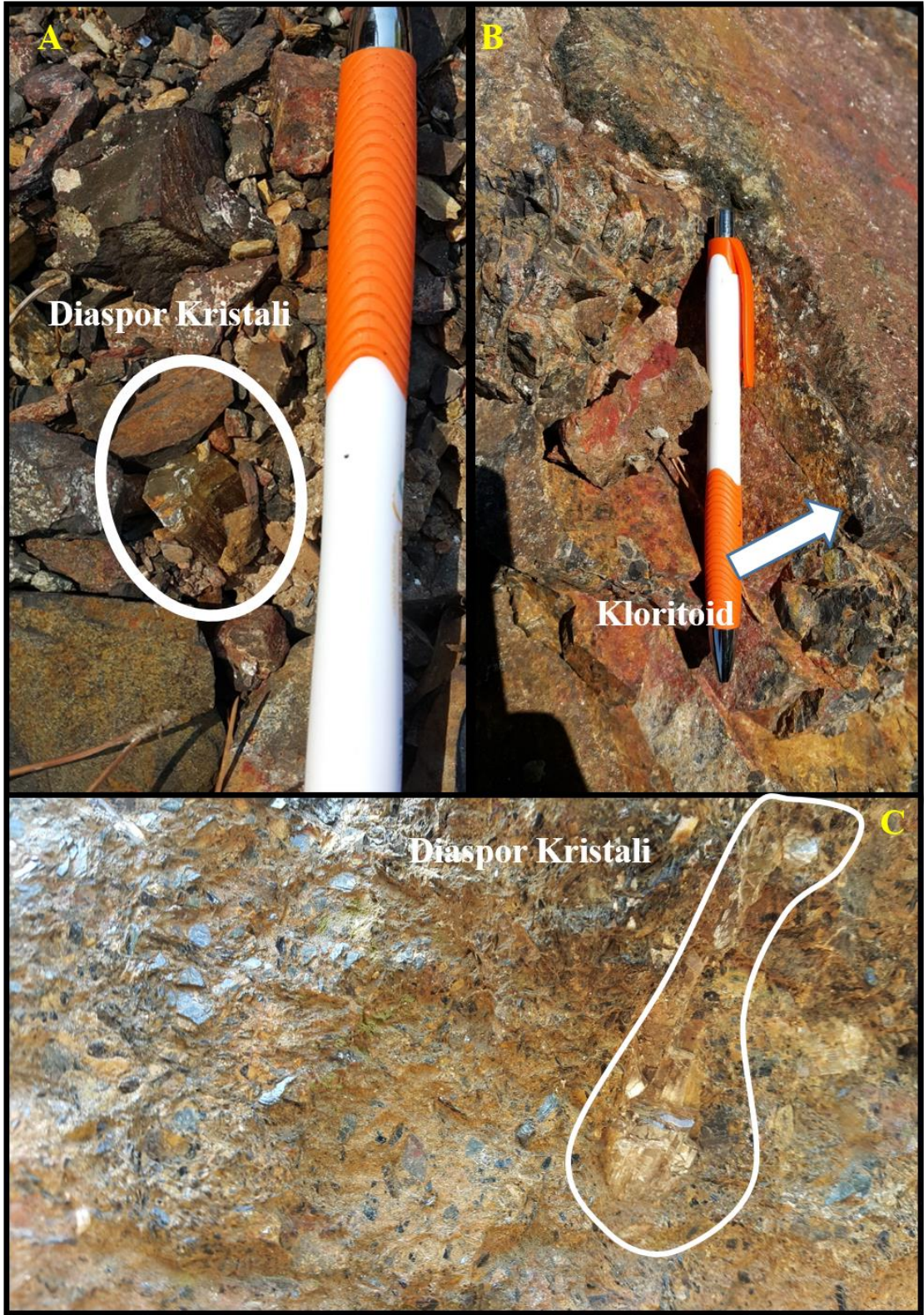
Bölgede metalik diasporlar'ın karstik bir çöküntüye bağlı olarak geliştiği tespit edilmiştir. Diaspor oluşumları dolomitik kireçtaşları kontağında karbonatlı altere zon içerisinde genelde mika (muskovit-kalk-mika şist ?) oluşumları içerisinde gözlenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Soda bölgesi diaspor oluşumları

4.7.4. Pınarcık bölgesi

Bölgedeki metalik diaspor oluşumları kısmen damar ve mercekler şeklindedir. Tabanda mikaşist ve kalk şist oluşumları üste doğru dolomitik kireçtaşı/kireçtaşına geçiş göstermektedir. Diaspor oluşumları dolomitik kireçtaşları kontağında karbonatlı altere zon içerisinde çatlak ve boşluk dolguları şeklinde gözlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Pınarcık bölgesi diaspor oluşumları A) Diaspor kristali B) Diaspor ile birlikte bulunan kloritoid minerali C) Kireçtaşı içerisinde diaspor içeren cep şekilli oluşum

4.7.5. Kozağaç, Yatağan-Muğla

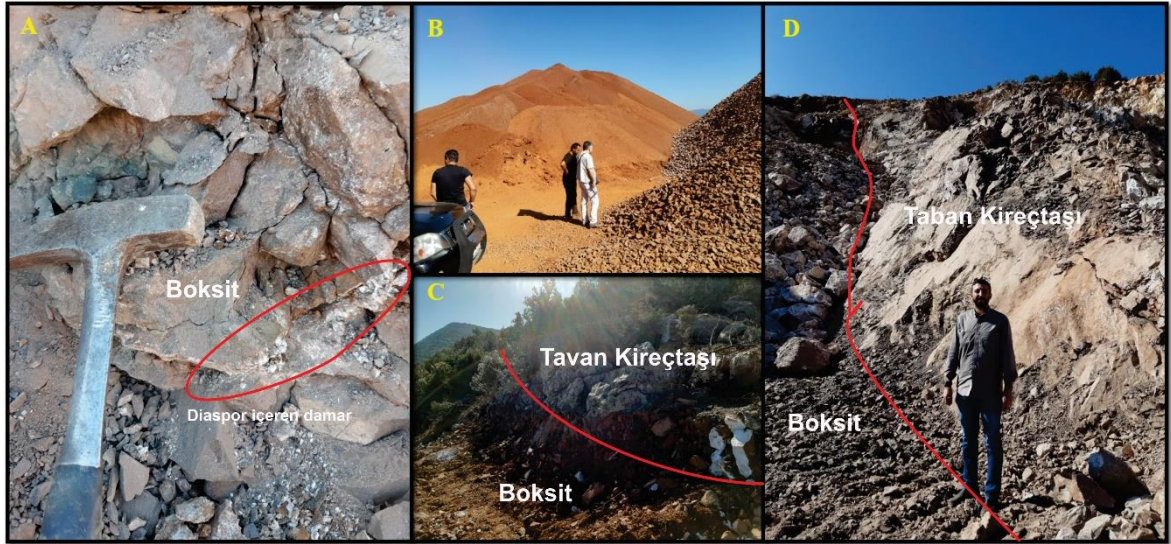
Uzaktan algılama yöntemi ile belirlenen ilk lokasyonun kalkşist-kireçtaşı geçişi olan litolojiye sahip olduğu ve boksit oluşumunun olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Kozağaç bölgesi Boksit içeriği tespit edilemeyen kalkşist oluşumlarının genel görüntüsü

4.7.6. Gümüşlük, Milas/Muğla

Bu bölgede boksit beyaz renkli kireçtaşı ile koyu renkli kireçtaşı (dolomitik kireçtaşı) sınırında oluşmuştur. Diaspor oluşumları dolomitik kireçtaşları kantağında karbonatlı altere zon içerisinde ve diasporitlerin çatlaklarında genelde mika (muskovit) oluşumları ile birlikte gözlenmiştir. Diaspor oluşumları 3-4 cm kalınlığında damarlar ya da küçük cepler halinde gözlenmiştir. Boksit yatağı bu bölgede 200 m uzunluğa ve 60 m genişliğe sahip bir karstik oluşum şeklindedir (Şekil 4.22). Ayrıca bölgede bu oluşuma dik ikinci bir oluşum tespit edilmiştir. Ancak iki oluşumun birbirleriyle ilişkisi gözlenememiştir. Bu yataktaki cevherin dokusu masif, pisolitik-oolitik dokuludur.



Şekil 4.22. Gümüşlük, Milas/Muğla bölgesindeki; A) Boksit dokanağı B) Boksit depolama sahası C) Boksit içeren kireçtaşı sınırı D) Boksit taban kireçtaşı sınırı.

4.7.7. Hisarcık, Milas/Muğla

Bölgede boksit işletmesi yeni açılmaktadır. Boksit oluşumları beyaz renkli kireçtaşı ile koyu renkli kireçtaşı (dolomitik kireçtaşı) sınırında karstik bir dolgu şeklinde gözlenmiştir. Diaspor oluşumları dolomitik kireçtaşları contağında karbonatlı altere zon içerisinde ve diasporitlerin çatlaklarında genelde mika (muskovit)- oluşumları ile birlikte gözlenmiştir. Diaspor oluşumları 8-10 cm kalınlığında damarlar ya da küçük cepler halinde gözlenmiştir. Bu yataktaki cevherin dokusu masif, pisolitik-oolitik dokuludur (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Hisarcık, Milas/Muğla boksit yatağı genel görünümü.

4.7.8. Ovakışlacık, Milas/Muğla

Bölgede boksit işletmesi bulunmamaktadır. Bölgede şist, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları bulunmaktadır. Boksit oluşumları küçük cepler halinde gözlenmiştir. Boksit oluşumunun litolojik ilişkisi gözlenememiştir. Diaspor oluşumları tespit edilmemiştir. Bu yataktaki cevherin dokusu masif, pisolitik-oolitik dokuludur.



Şekil 4.24. Ovacık bölgesi işletmeye açılmamış aktaş boksit yatağının genel görüntüsü

4.7.9. Damlıboğaz

Bölgede boksit işletmesi galeri ve yarmalar halinde yapılmış ve terk edilmiştir. Boksit oluşumları beyaz renkli kireçtaşı ile koyu renkli kireçtaşı (dolomitik kireçtaşı) sınırında karstik bir dolgu şeklinde gözlenmiştir. Diaspor oluşumları dolomitik kireçtaşlarının kantağında karbonatlı altere zon içerisinde ve diasporitlerin çatlaklarında genelde mika (muskovit) ve kalsit oluşumları ile birlikte gözlenmiştir. Diaspor oluşumları 8-10 cm kalınlığında damarlar ya da küçük cepler halinde gözlenmiştir. Ancak iyi kristal oluşumları derlenememiştir. Ayrıca boksit yatağı içerisinde kontakt zondan itibaren hematit, limonit ve yer yer pirit oluşumları belirlenmiştir. Boksit yatağı bu bölgede 500 m uzunluğa ve 60 m genişliğe sahip bir karstik oluşum şeklindedir. Bu yataktaki cevherin dokusu masif, pisolitik-oolitik dokuludur.



Şekil 4.25. Boksit –Kireçtaşı kontağında A) Bol çatlaklı boksit oluşumları B) Boksit ve diaspor oluşumları C) Boksit içerisinde belirlenen muskovit, kloritoid ve aragonit içeren damar olumları

4.7.10. Savran

Bölgede boksit işletmesi bulunmamaktadır. Bölgede şist, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları bulunmaktadır. Boksit oluşumları küçük parçalar halinde gözlenmiştir. Boksit oluşumunun litolojik ilişkisi gözlenememiştir. Diaspor oluşumları tespit edilmemiştir. Bu yataktaki cevherin dokusu masif, pisolitik-oolitik dokuludur.



Şekil 4.26. Savran bölgesindeki işletmeye açılmamış boksit yatağı ve boksit oluşumları

4.7.11. amlıca- Bencik

Bölgede boksit işletmesi galeri ve yarmalar halinde yapılmış ve kısmen terk edilmiştir. Boksit oluşumları beyaz renkli kireçtaşı ile koyu renkli kireçtaşı (dolomitik kireçtaşı) sınırında karstik bir dolgu şeklinde gözlenmiştir. Diaspor oluşumları dolomitik kireçtaşları kontağında karbonatlı altere zon içerisinde ve diasporitlerin çatlaklarında genelde mika (muskovit) oluşumları ile birlikte gözlenmiştir. Ancak iyi kristalli diaspor oluşumları derlenememiştir. Ayrıca boksit yatağı içerisinde kontakt zondan itibaren hematit ve limonit oluşumları belirlenmiştir. Boksit yatağı bu bölgede 1500 m uzunluğa ve 60 m genişliğe sahip bir karstik oluşum şeklindedir. Bu yataktaki cevherin dokusu masif, pisolitik-oolitik dokuludur.





Şekil 4.27. Çamlıca-Bencik bölgesi boksit yatağı ve genel görüntüsü

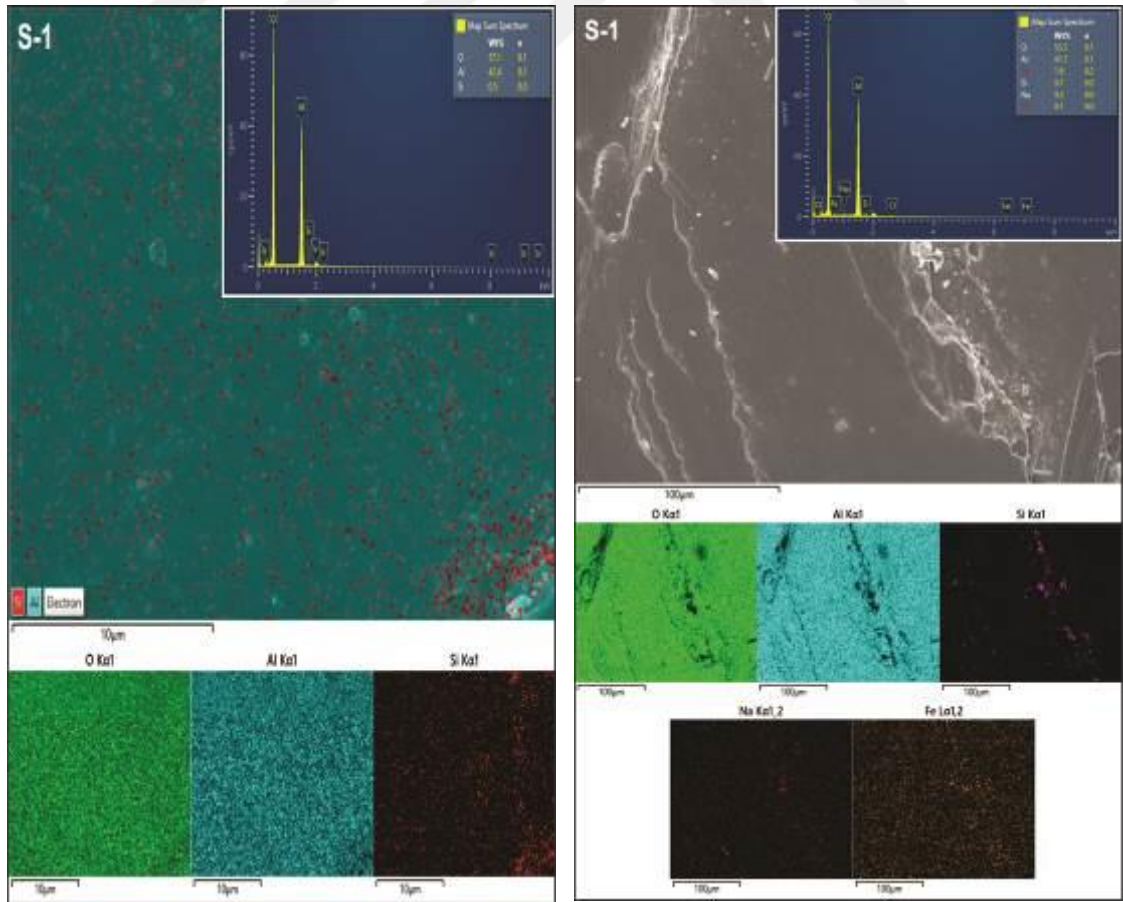
4.8. SEM-EDS Çalışmaları

Taramalı elektron mikroskobu yüksek çözünürlük özelliği ile birlikte EDX özelliği kullanılarak bilinmeyen organik veya inorganik malzemenin kimyasal özellikleri hakkında bilgi verebilmektedir. Özellikle yer bilimleri alanında tahribat yaratmadan yüzey taraması ile bünye içine girmiş element veya minerallerin kimyasal özelliklerinin

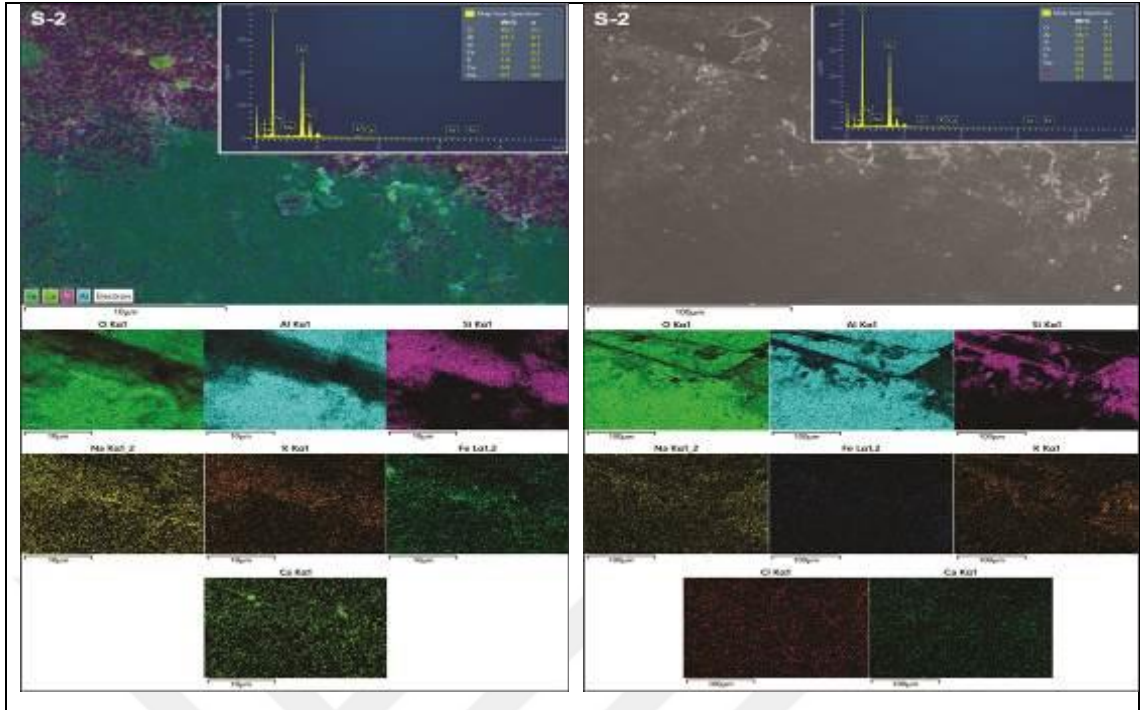
belirlenebilmesinde etkili bir yöntem olarak kullanılabilir. Bu çalışmada da diaspor numuneleri üzerinde tahribatlı ve tahribatsız analizler gerçekleştirilmiştir. Tahribatsız analiz yöntemlerinden olan SEM-EDS ve Raman spektrometresi yöntemleri kullanılmıştır. SEM-EDS analizi ile yüzey taraması yapılarak farklı bir element veya mineral varlığı araştırılmıştır. Yapılan yüzey taraması ve EDX sonucuna göre %40-50 Oksijen, %23-30 arasında Alüminyum ana bileşen bulunmuştur. Bu yöntem Raman spektrometresi ile birlikte kullanılarak analizlerin birbirini desteklediğinin kontrolü yapılmıştır.

4.8.1. Soda bölgesine ait SEM-EDS görüntüleri

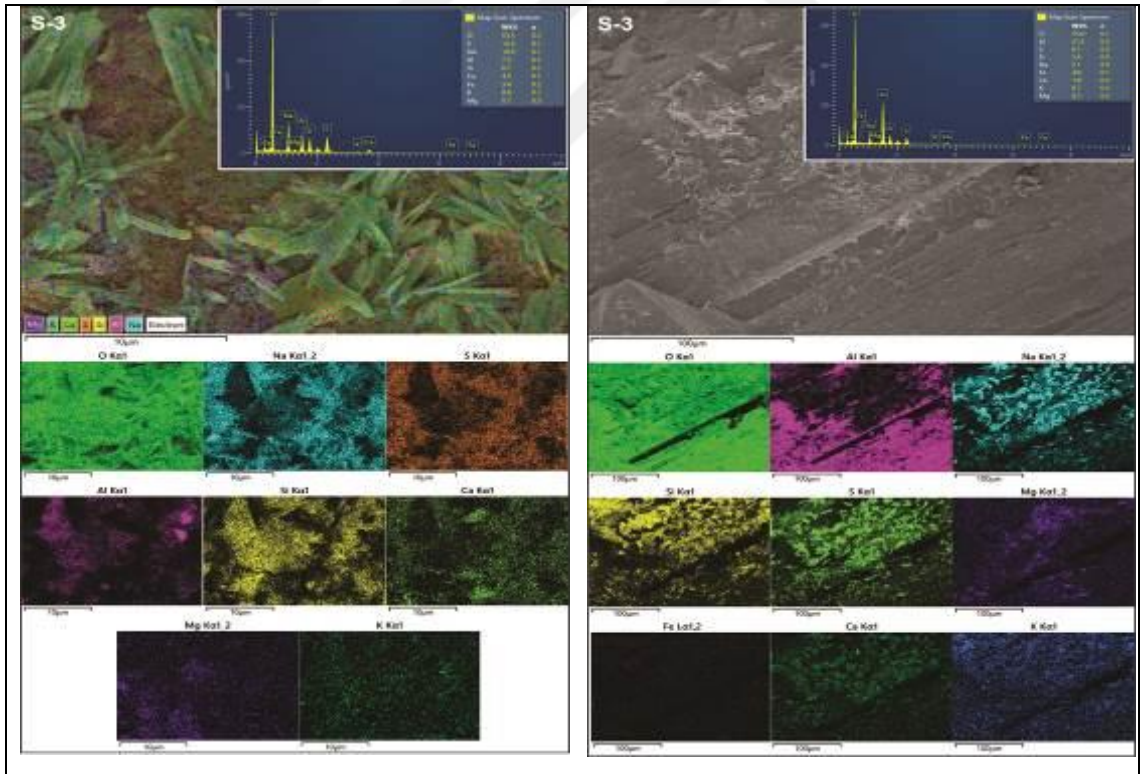
Soda bölgesinden alınan numunelerde yapılan SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda numunelerde ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği görülmüş, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe ve Mg'nin varlığı da tespit edilmiştir (Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31).



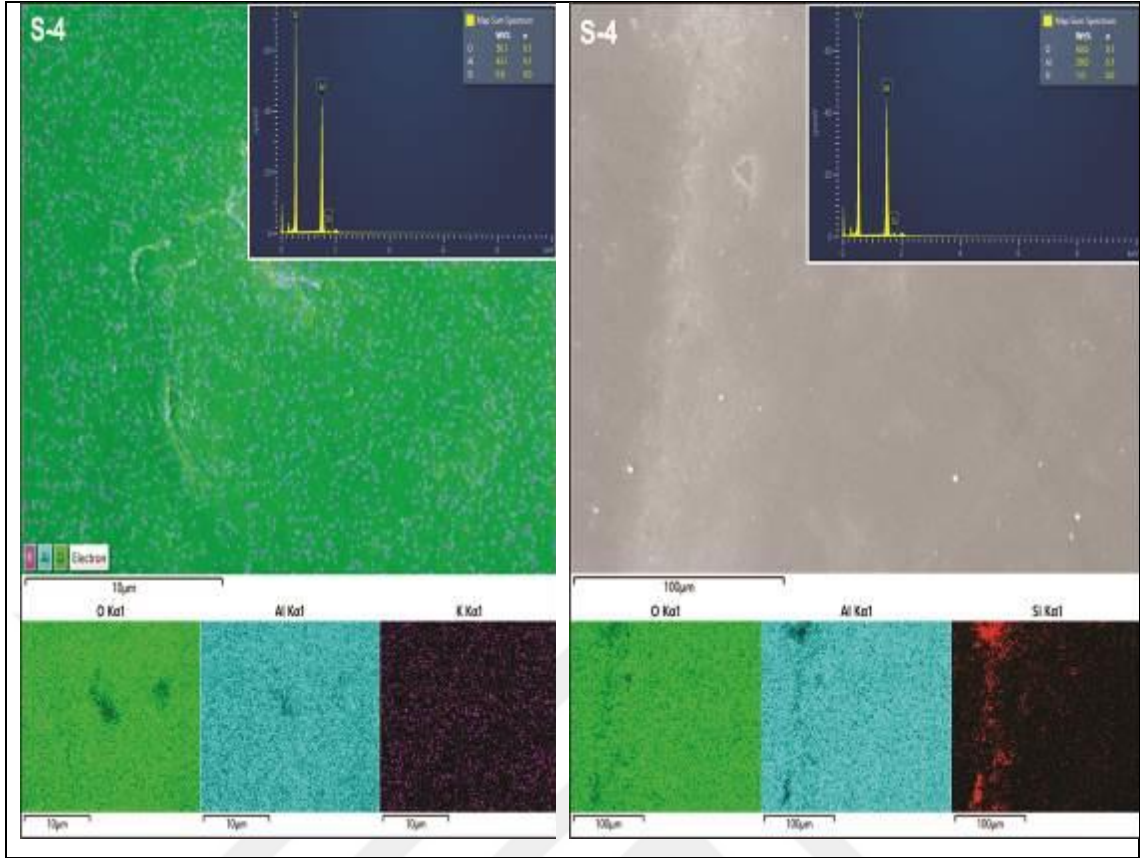
Şekil 4.28. Soda 1. bölgeye ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS görüntüleri



Şekil 4.29. Sodra 2. bölgeye ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri



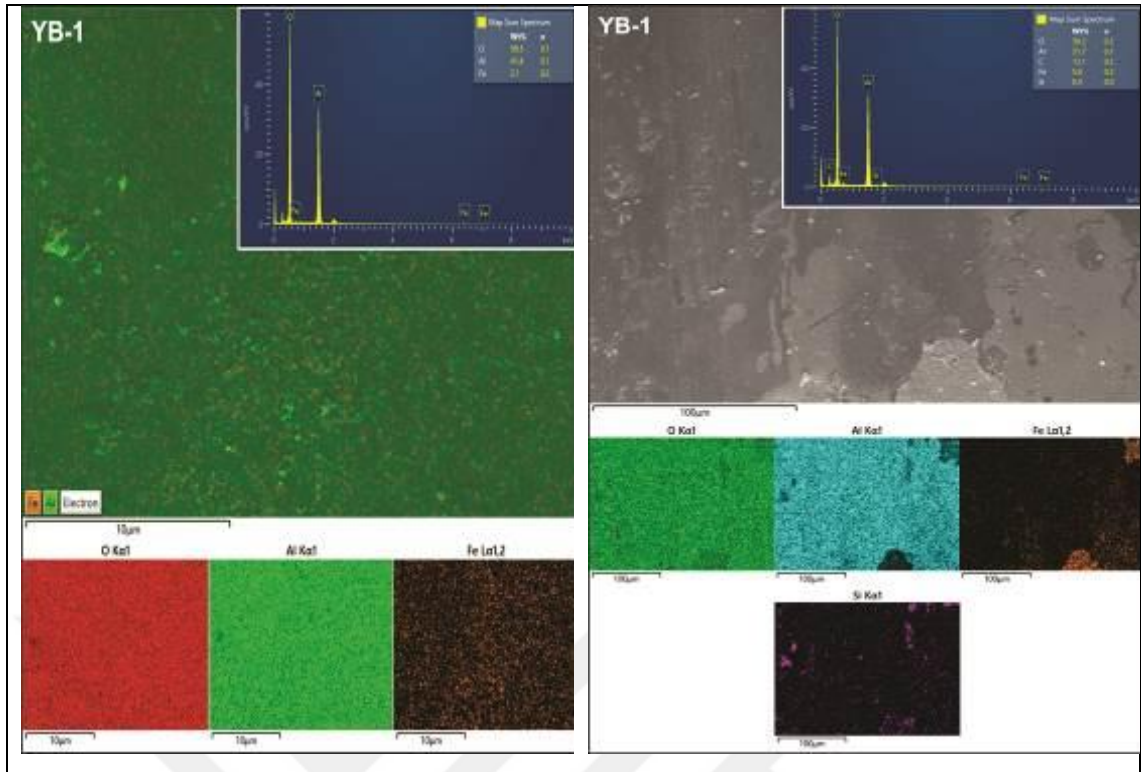
Şekil 4.30. Sodra 3. bölgeye ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri



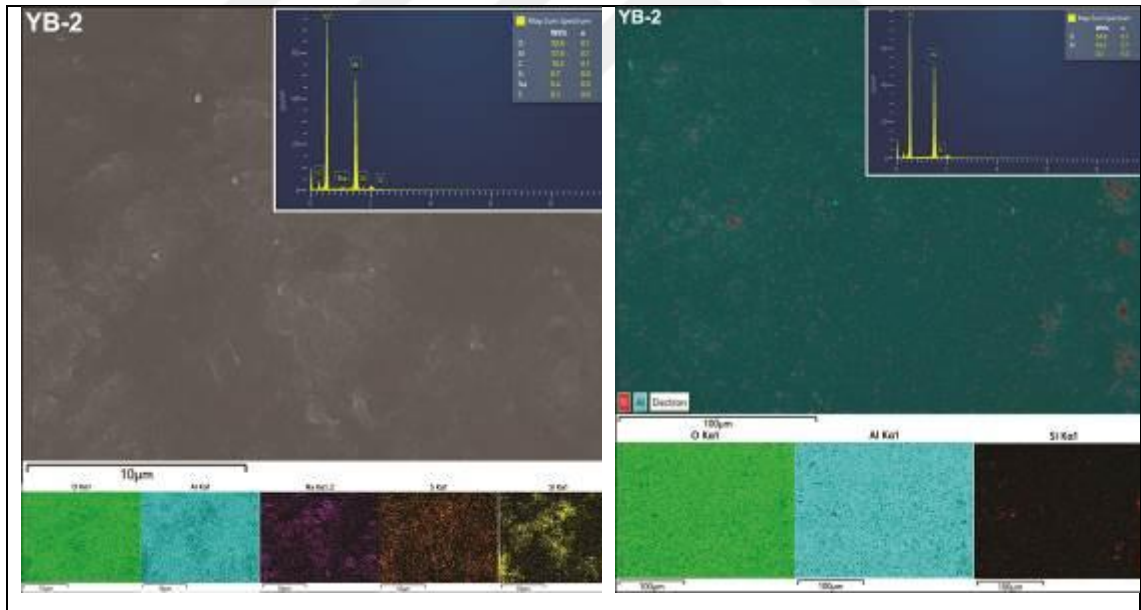
Şekil 4.31. Soda 4. bölgeye ait 10μ ve 100μ büyütme SEM-EDS görüntüleri

4.8.2. Yatağan bölgesine ait SEM-EDS görüntüleri

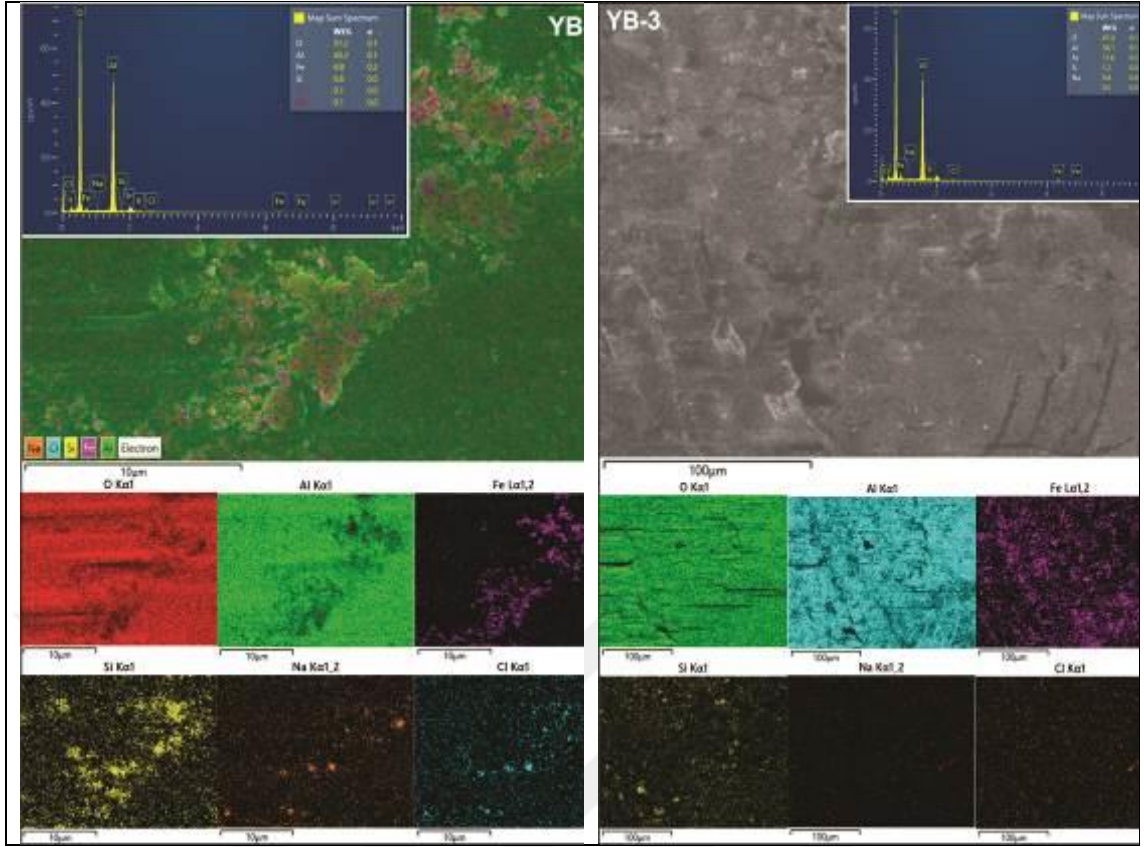
Yatağan bölgesinden derlenen SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda numunelerde ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği görülmüş, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe ve Mg'nin varlığı da tespit edilmiştir (Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37, Şekil 4.38, Şekil 4.39, Şekil 4.40).



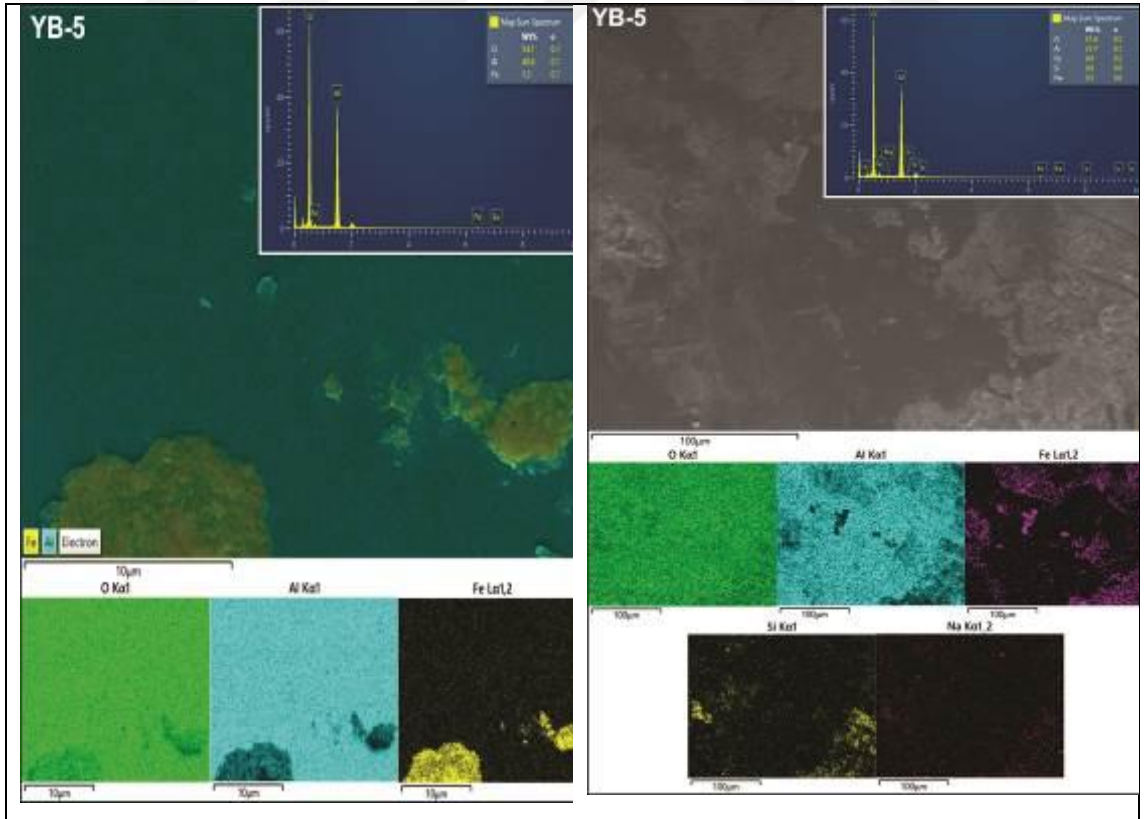
Şekil 4.32. YB1 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütme SEM-EDS görüntüleri



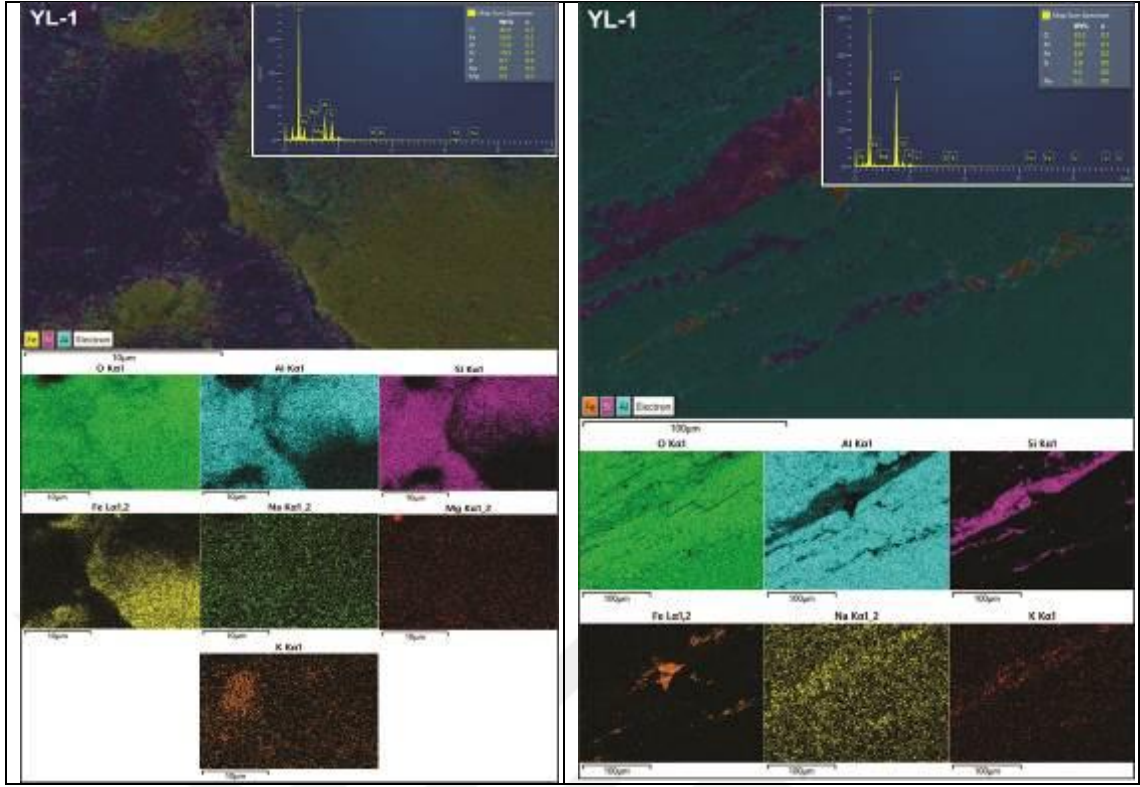
Şekil 4.33. YB2 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütme SEM-EDS görüntüleri



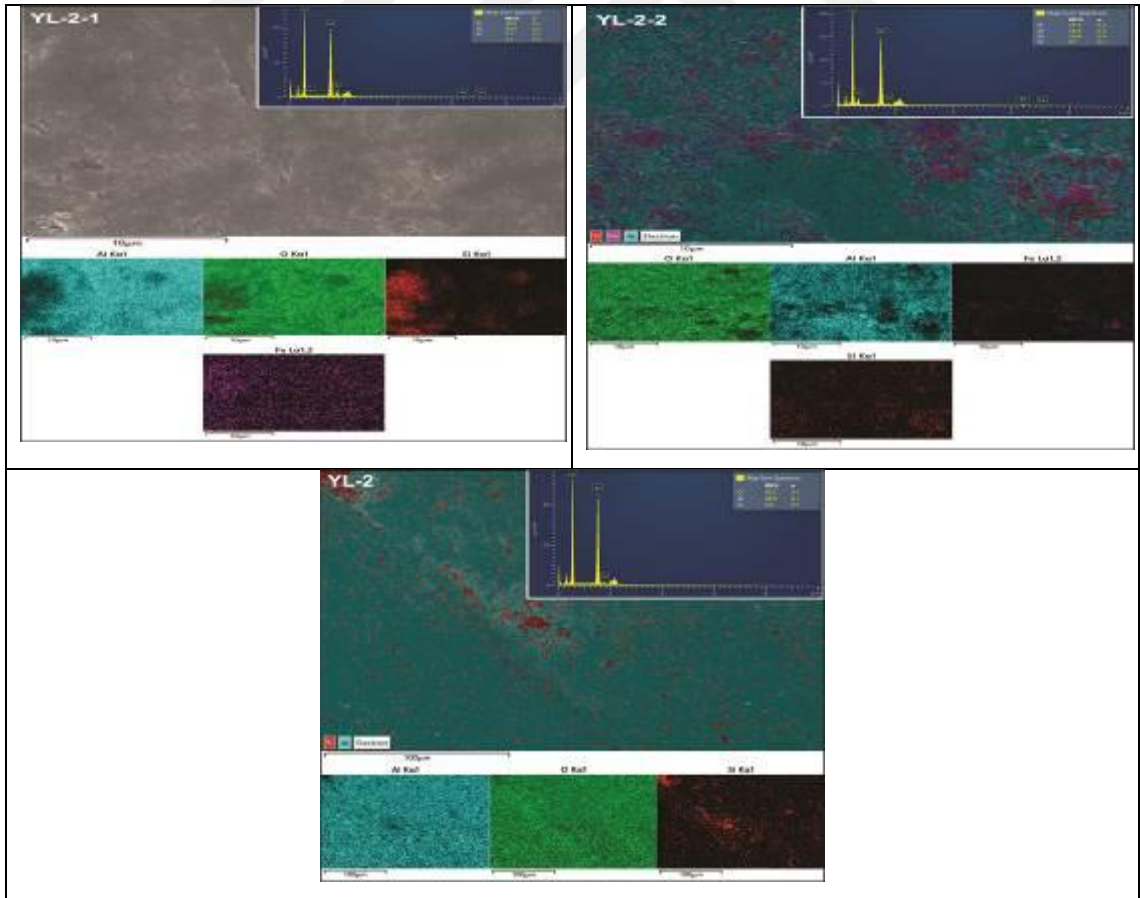
Şekil 4.34. YB3 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütme SEM-EDS görüntüleri



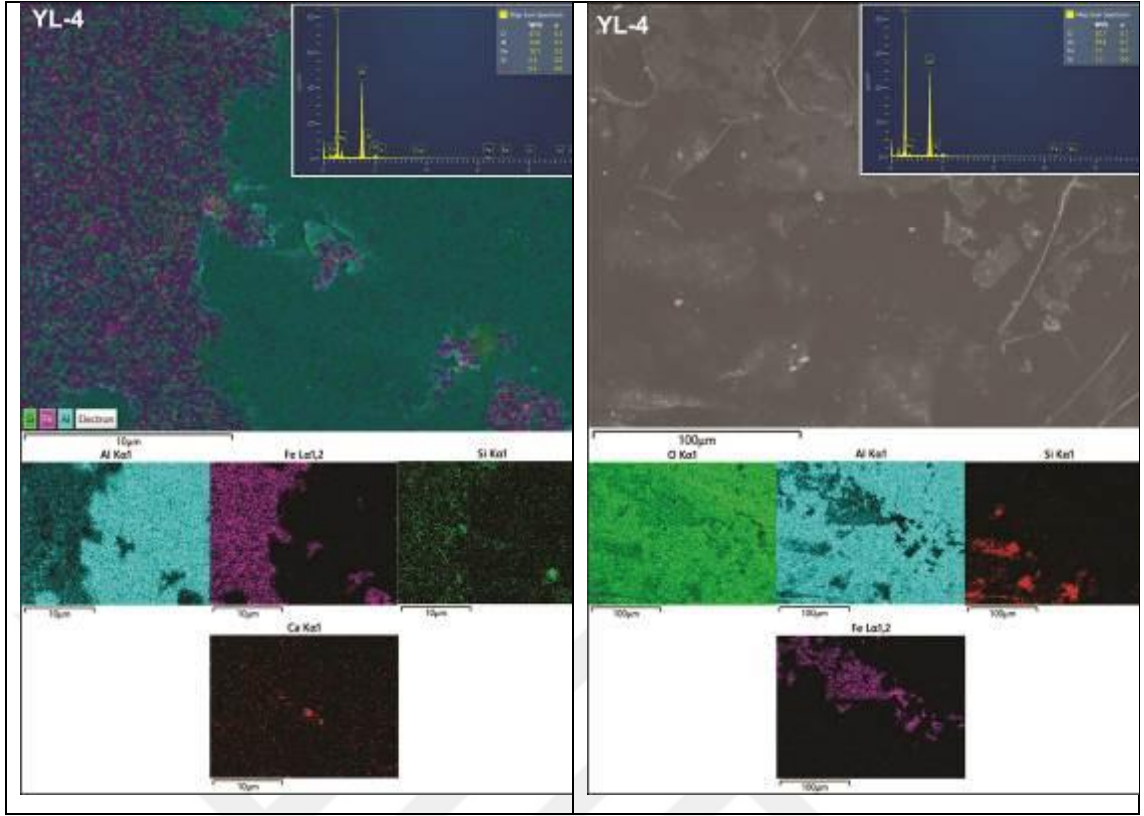
Şekil 4.35. YB5 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütme SEM-EDS görüntüleri



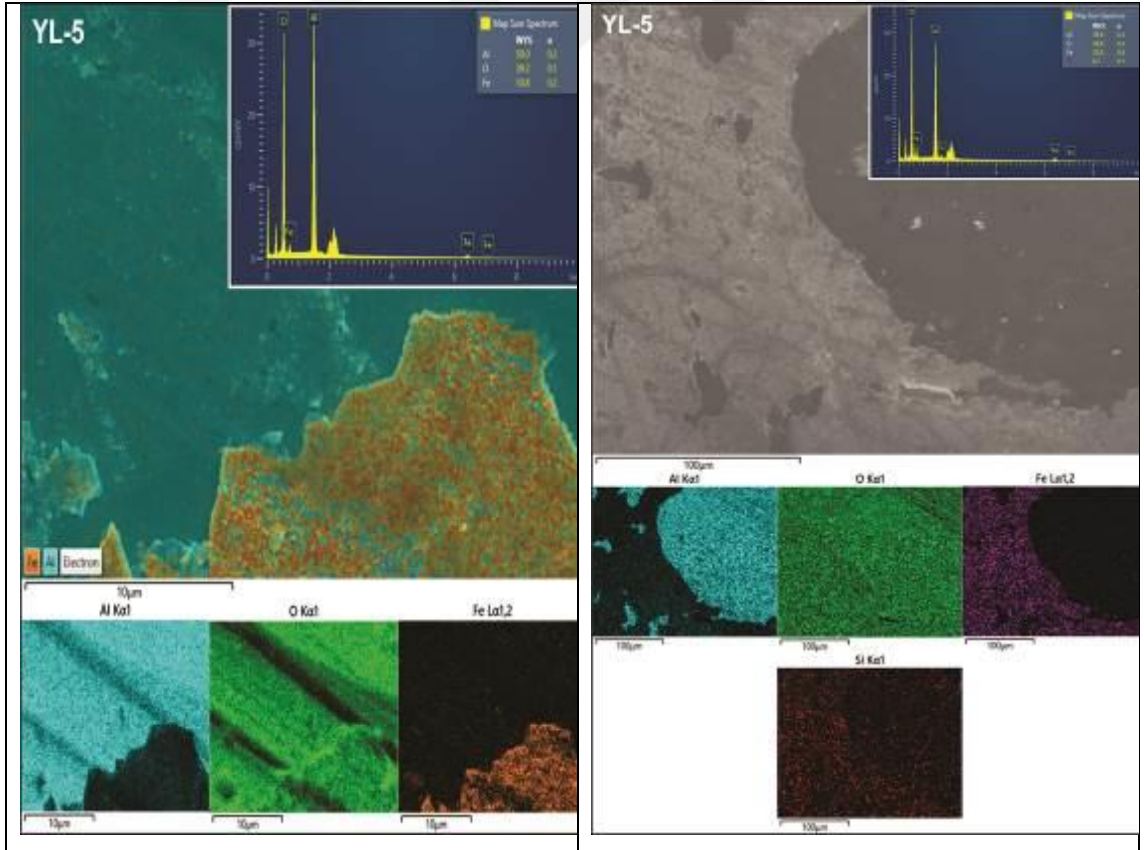
Şekil 4.36. YL-1 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri



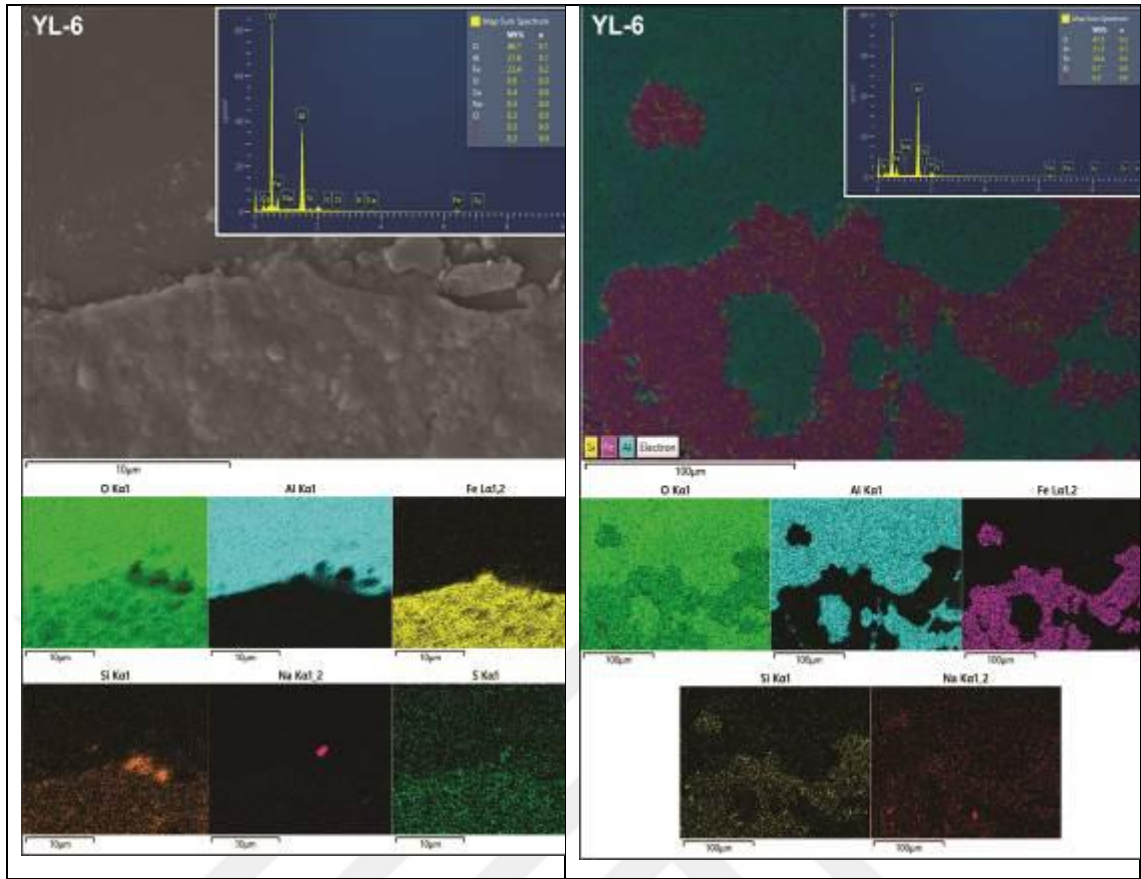
Şekil 4.37. YL-2 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri



Şekil 4.38. YL-4 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri



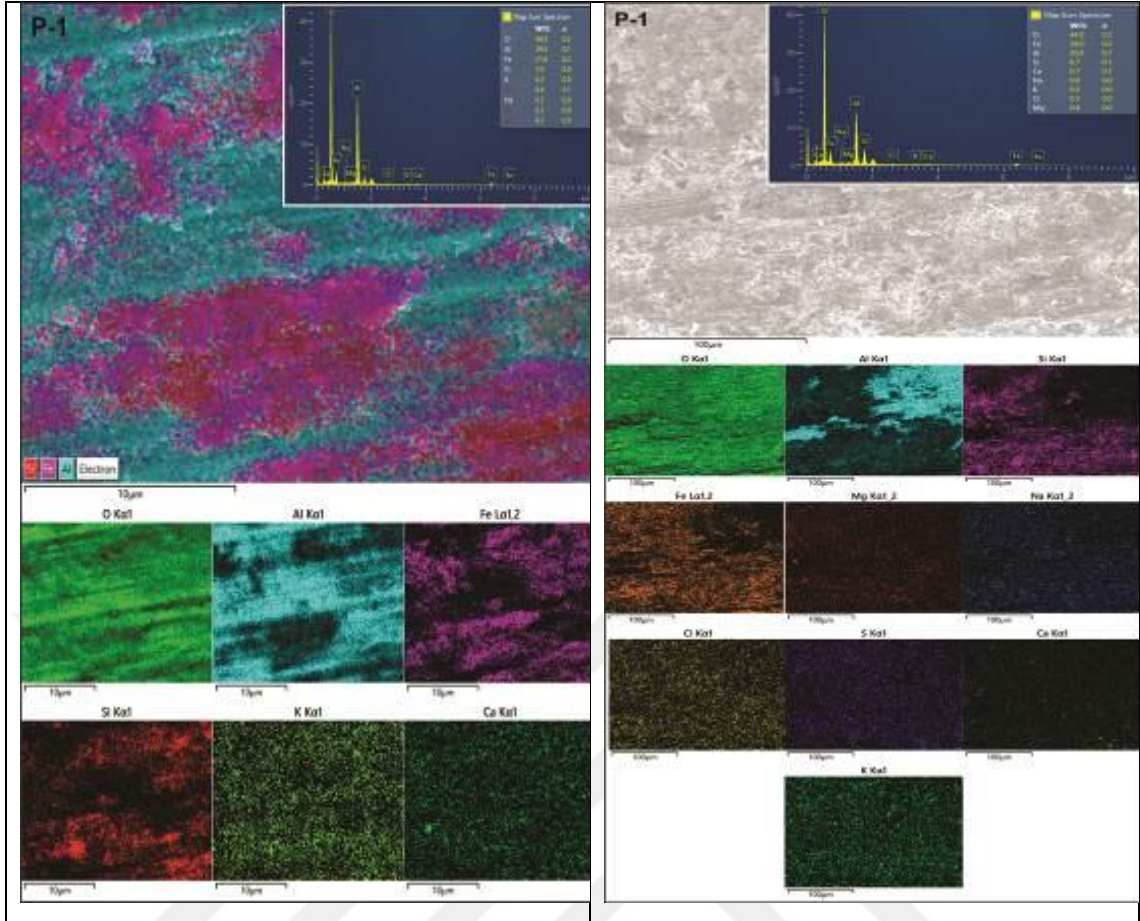
Şekil 4.39. YL-5 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri



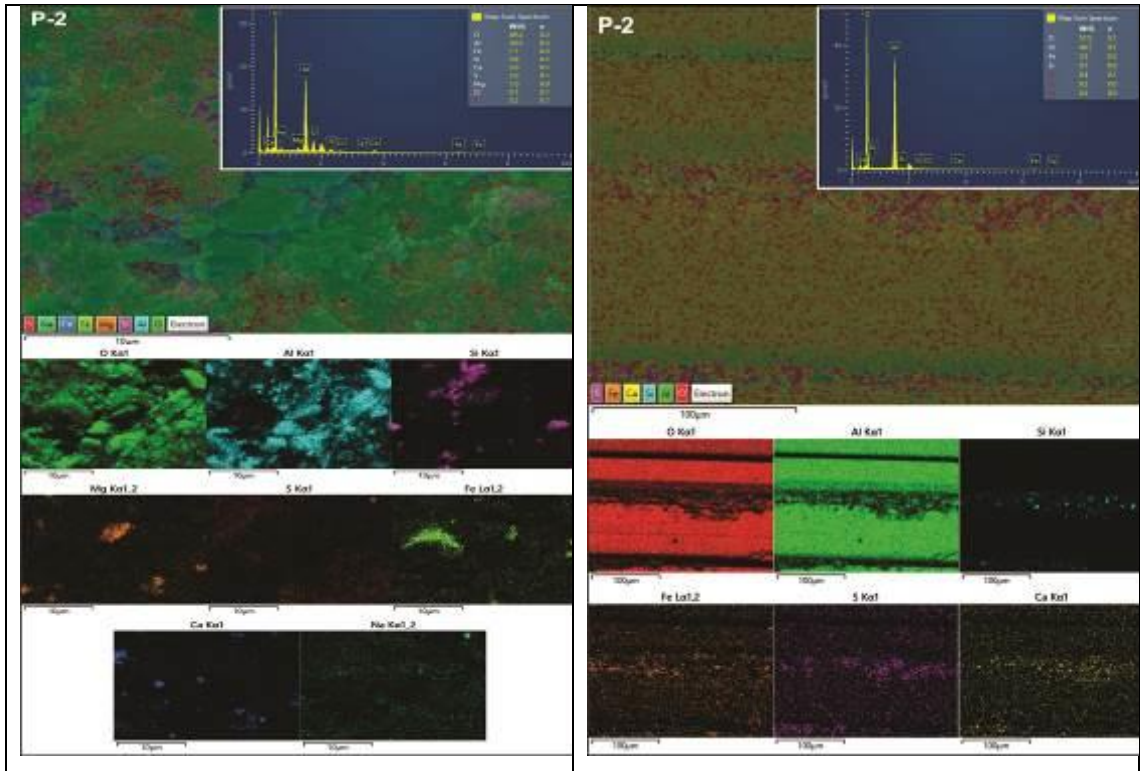
Şekil 4.40. YL-6 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri

4.8.3. Pınarcık bölgesine ait SEM-EDS görüntüleri

Pınarcık bölgesinden derlenen numunelerde SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği görülmüş, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin varlığı da tespit edilmiştir (Şekil 4.41, Şekil 4.42).



Şekil 4.41. P-1 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri

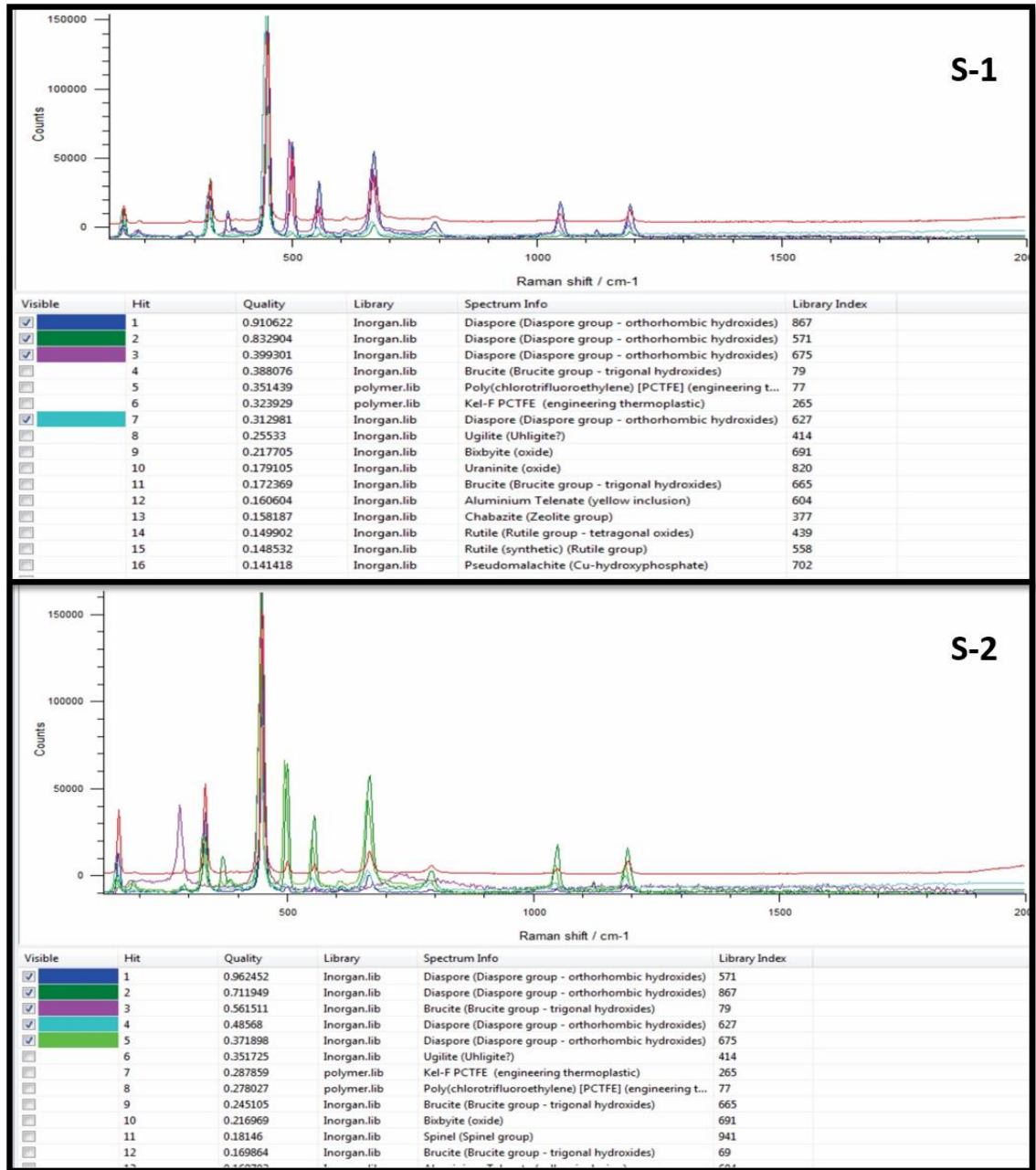


Şekil 4.42. P-2 numunesine ait 10μ ve 100μ büyütmeli SEM-EDS görüntüleri

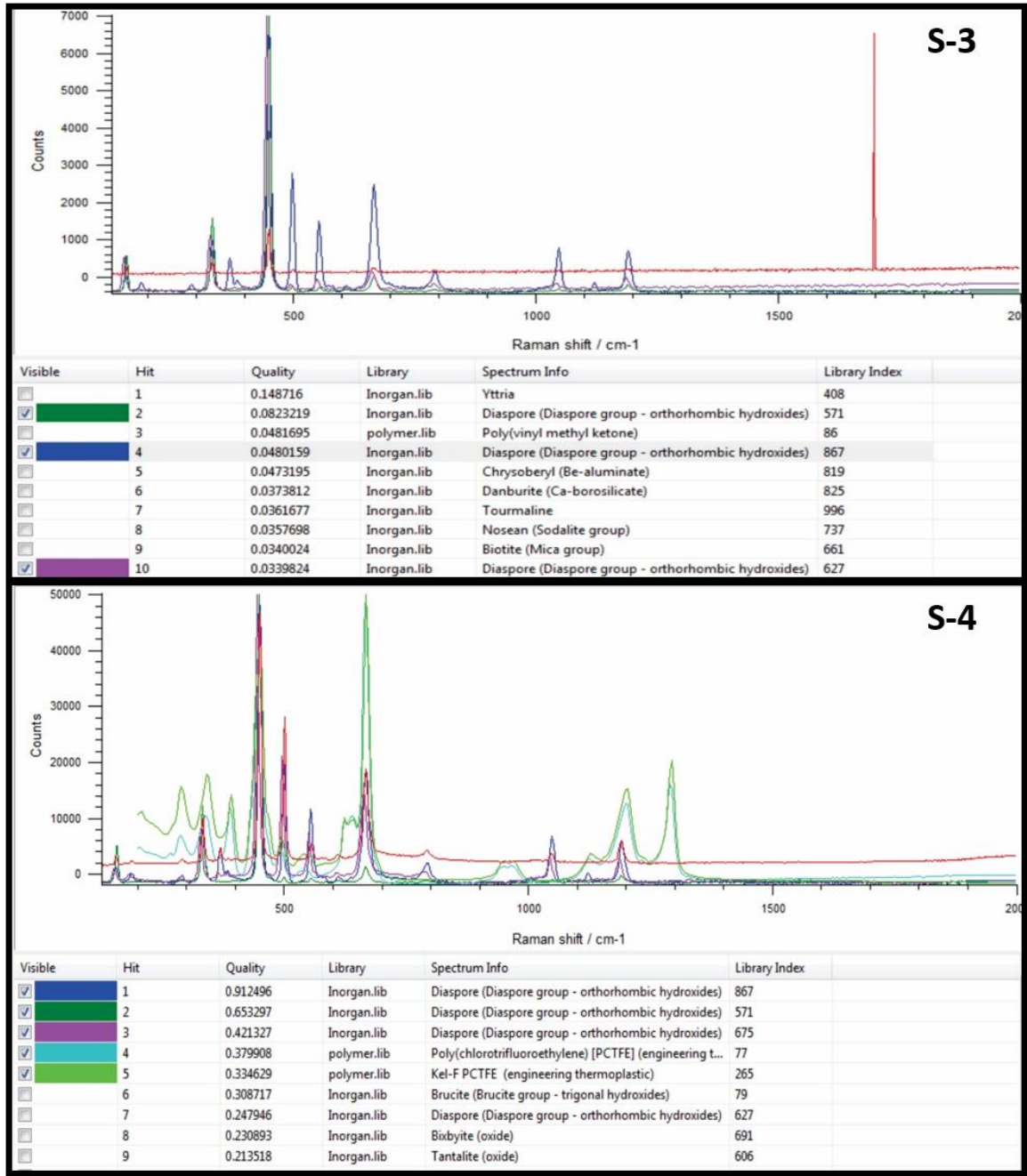
4.9. Raman Çalışmaları

4.9.1. Soda bölgesine ait Raman Spektroskopisi sonuçları

Yapılan çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında numunenin diaspor olduğu tespit edilmiş, bunun yanı sıra Brusit($Mg(OH)_2$) olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Soda bölgesine ait raman spektroskopisi grafikleri

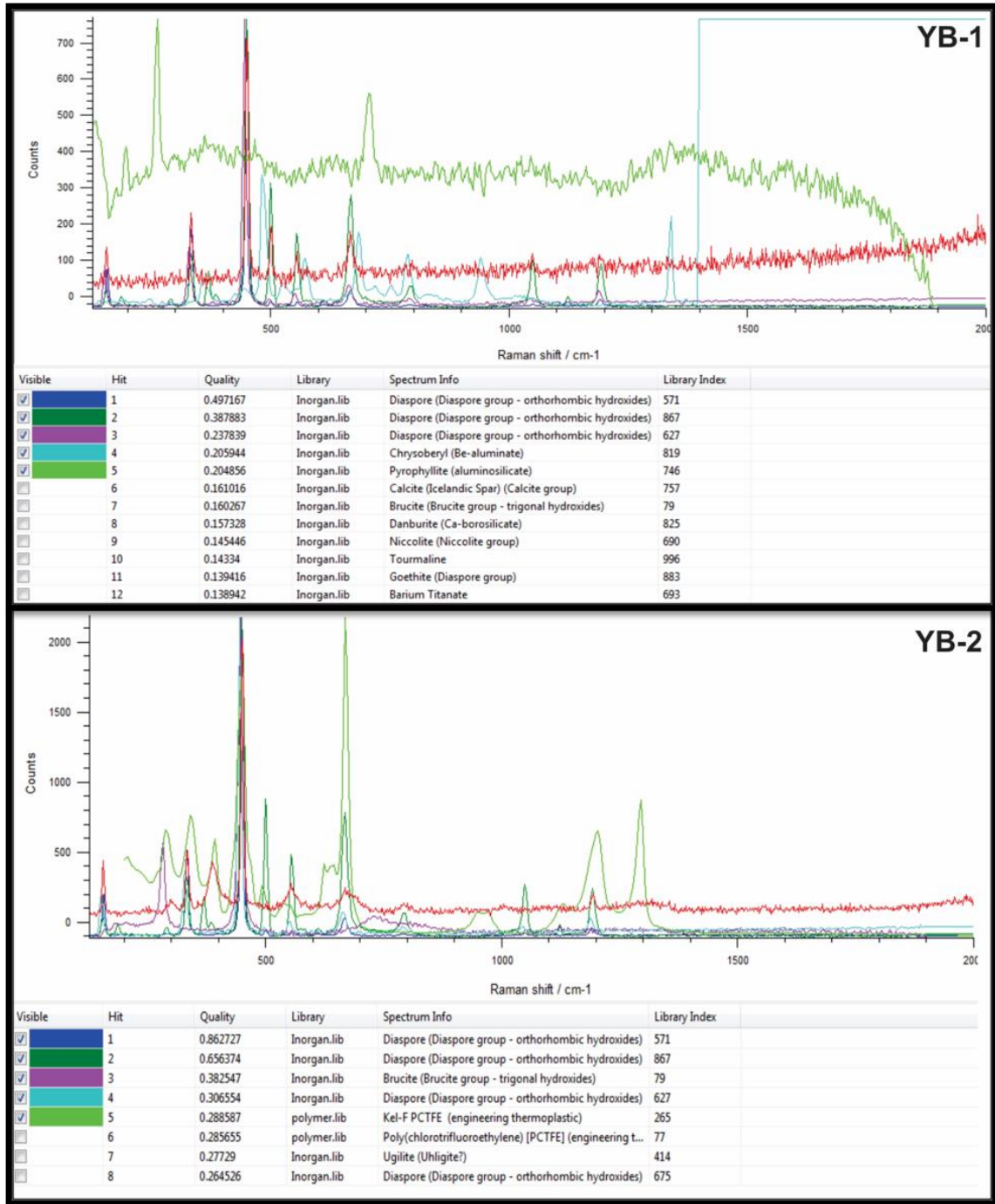


Şekil 4.43. Soda bölgesine ait raman spektroskopisi grafikleri (devamı)

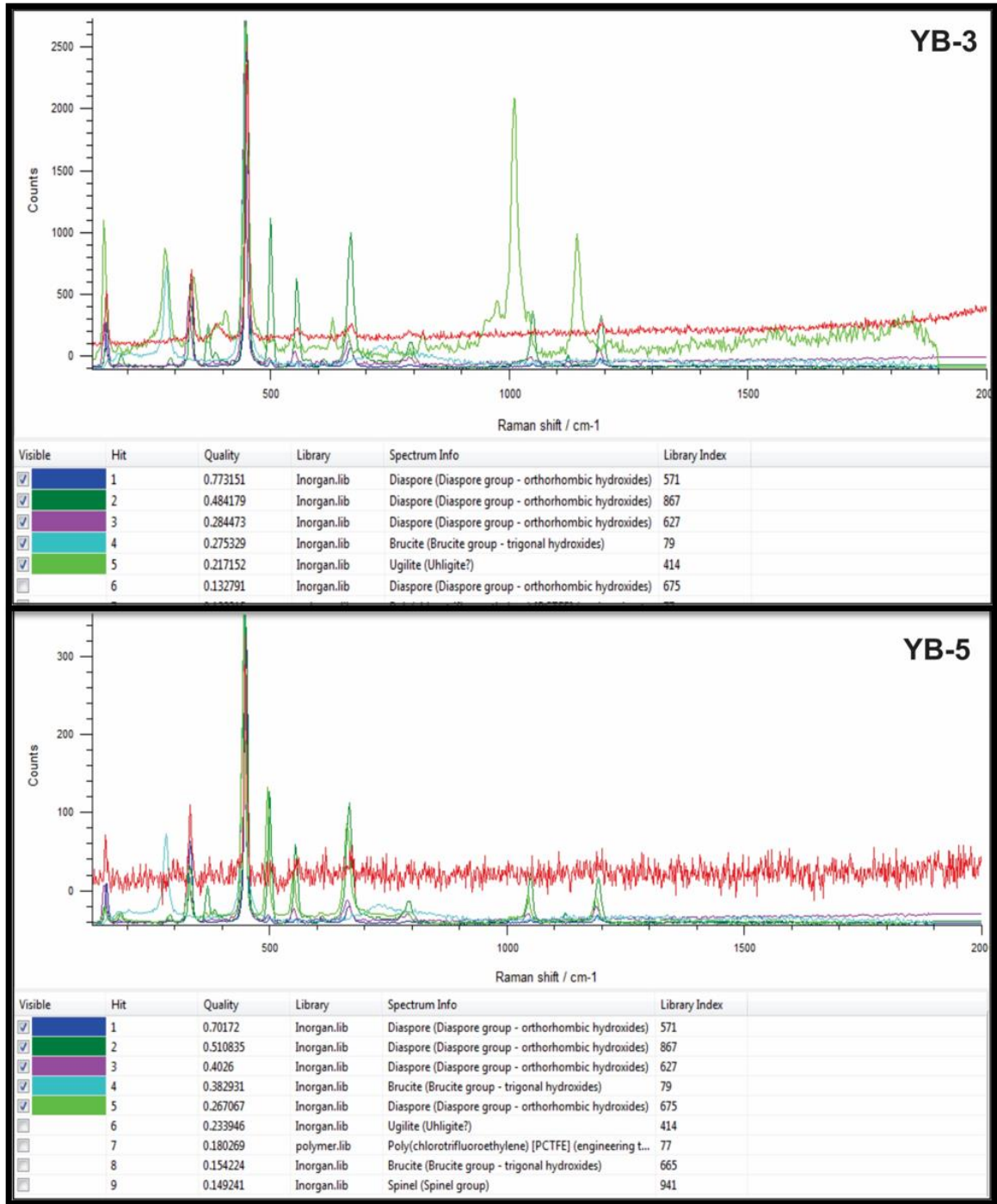
4.9.2. Yatağan bölgesine ait Raman Spektroskopisi sonuçları

A. Beyaz Diaspor

Yapılan çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında örneğin diaspor olduğu görülmüş, bunun yanı sıra brusit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), krizoberil (BeAl_2O_4), pirofillit ($\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) ve ugilit ($\text{Ca}_3(\text{Ti},\text{Al},\text{Zr})_9\text{O}_{20}$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.44).



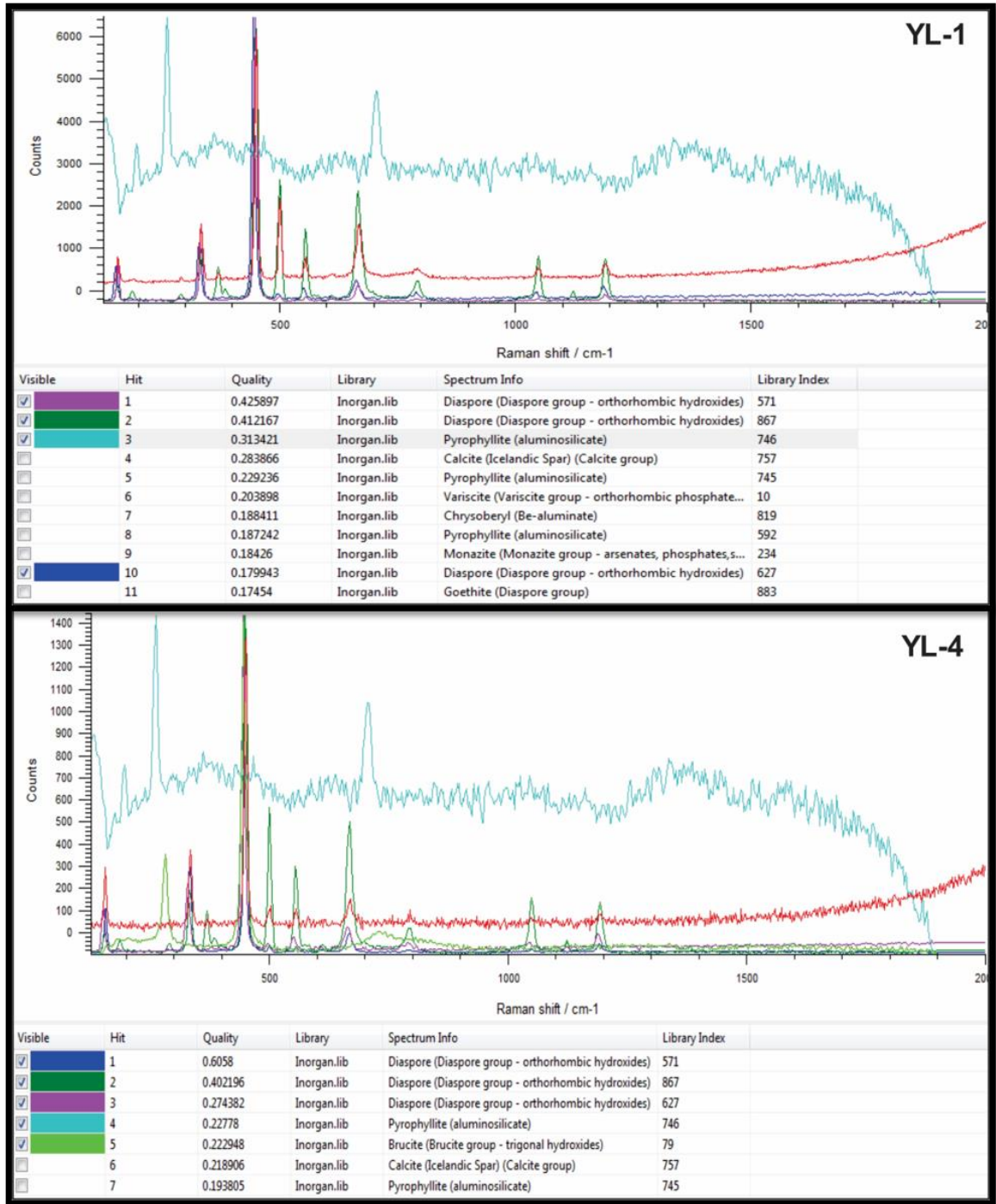
Şekil 4.44. Yatağan bölgesine (beyaz diaspor) ait raman spektroskopisi grafikleri



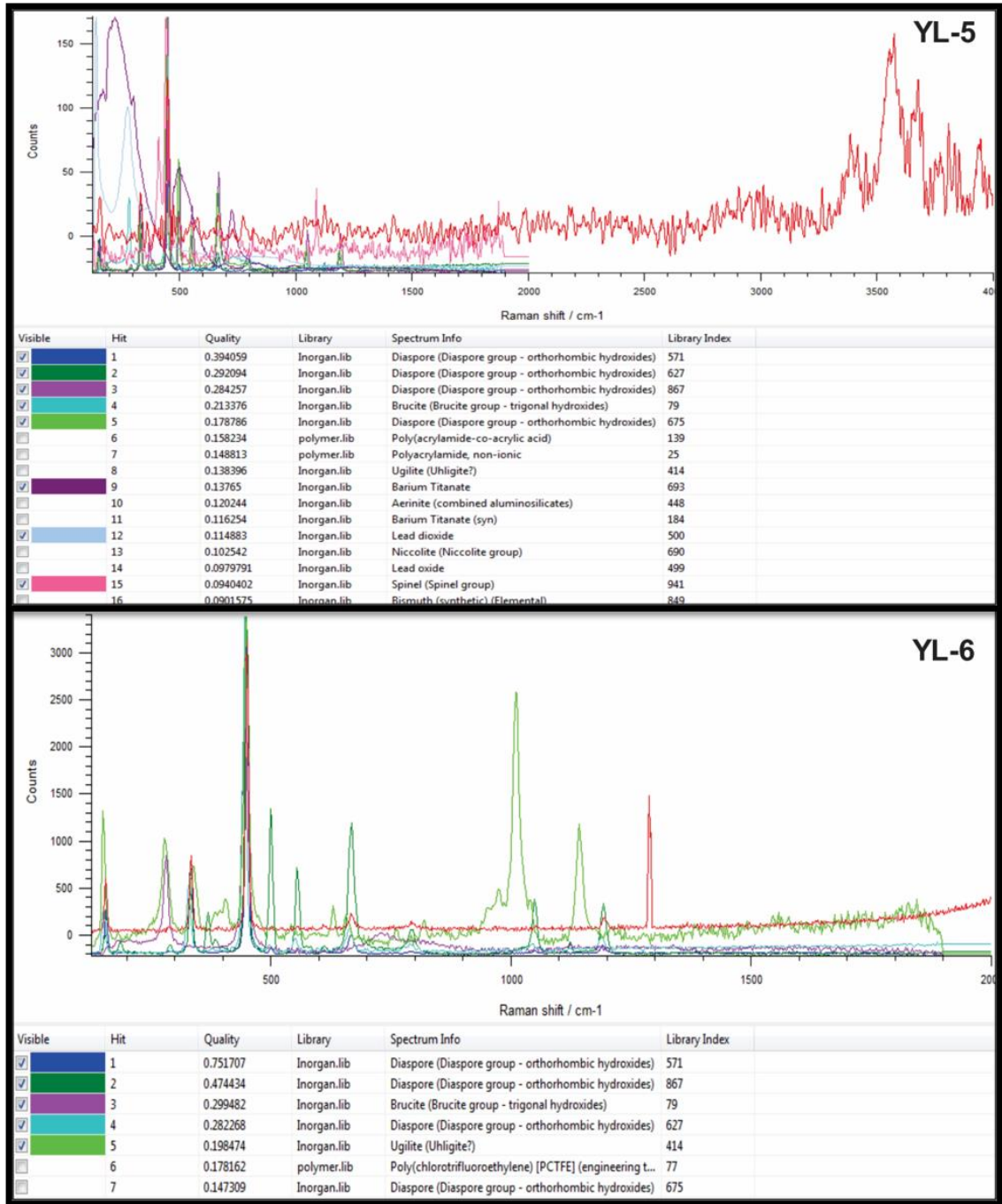
Şekil 4.44. Yatağan bölgesine (beyaz diaspor) ait raman spektroskopi grafikleri (devamı)

B. Lila-Mor Diaspor

Yapılan çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında örneğin diaspor olduğu görülmüş, bunun yanı sıra brusit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), pirofillit ($\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), baryum titanit (BaTiO_3) ve spinel grup mineralleri MgAl_2O_4 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.45).



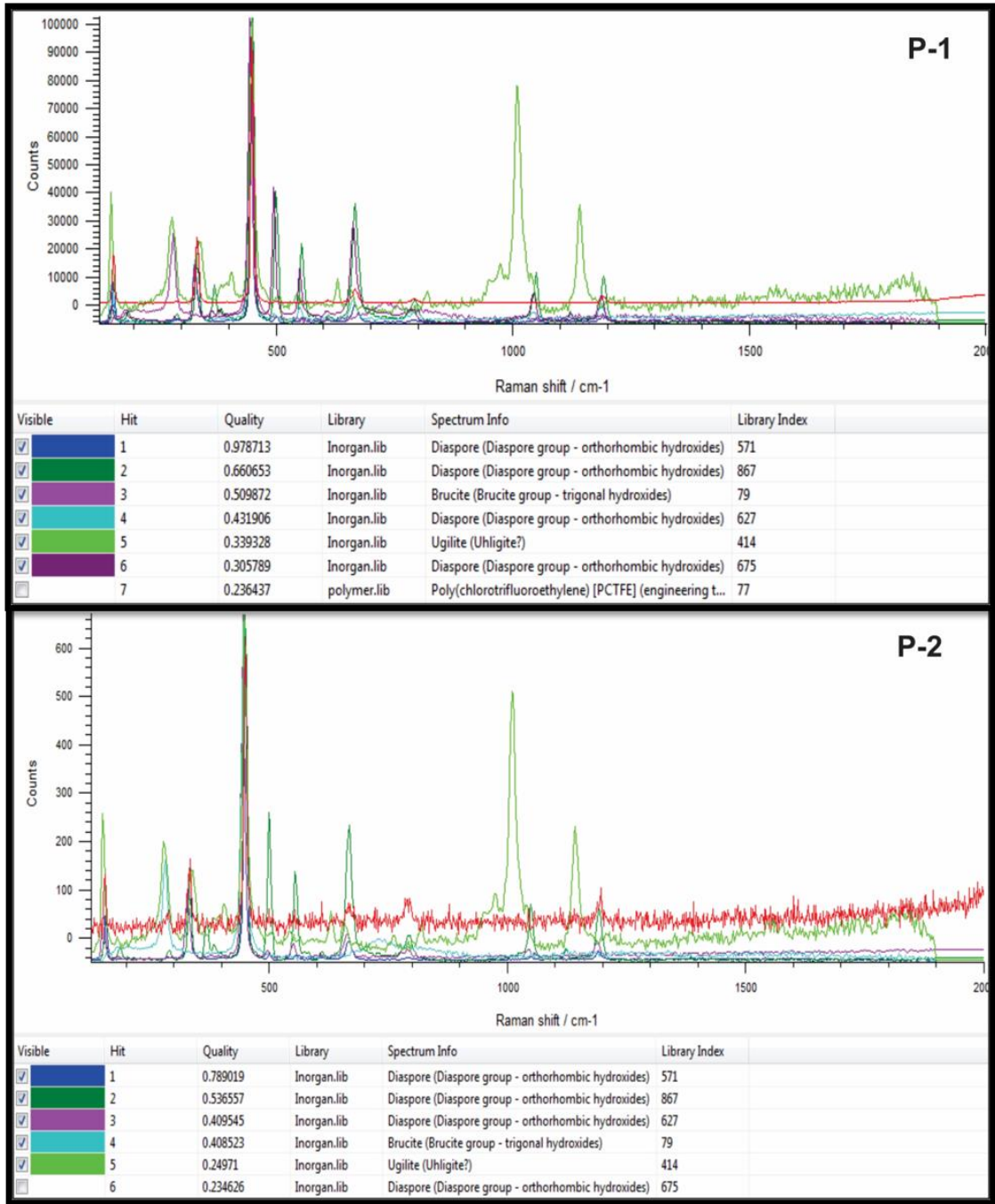
Şekil 4.45. Yatağan bölgesine (lila-mor diaspor) ait raman spektroskopisi grafikleri



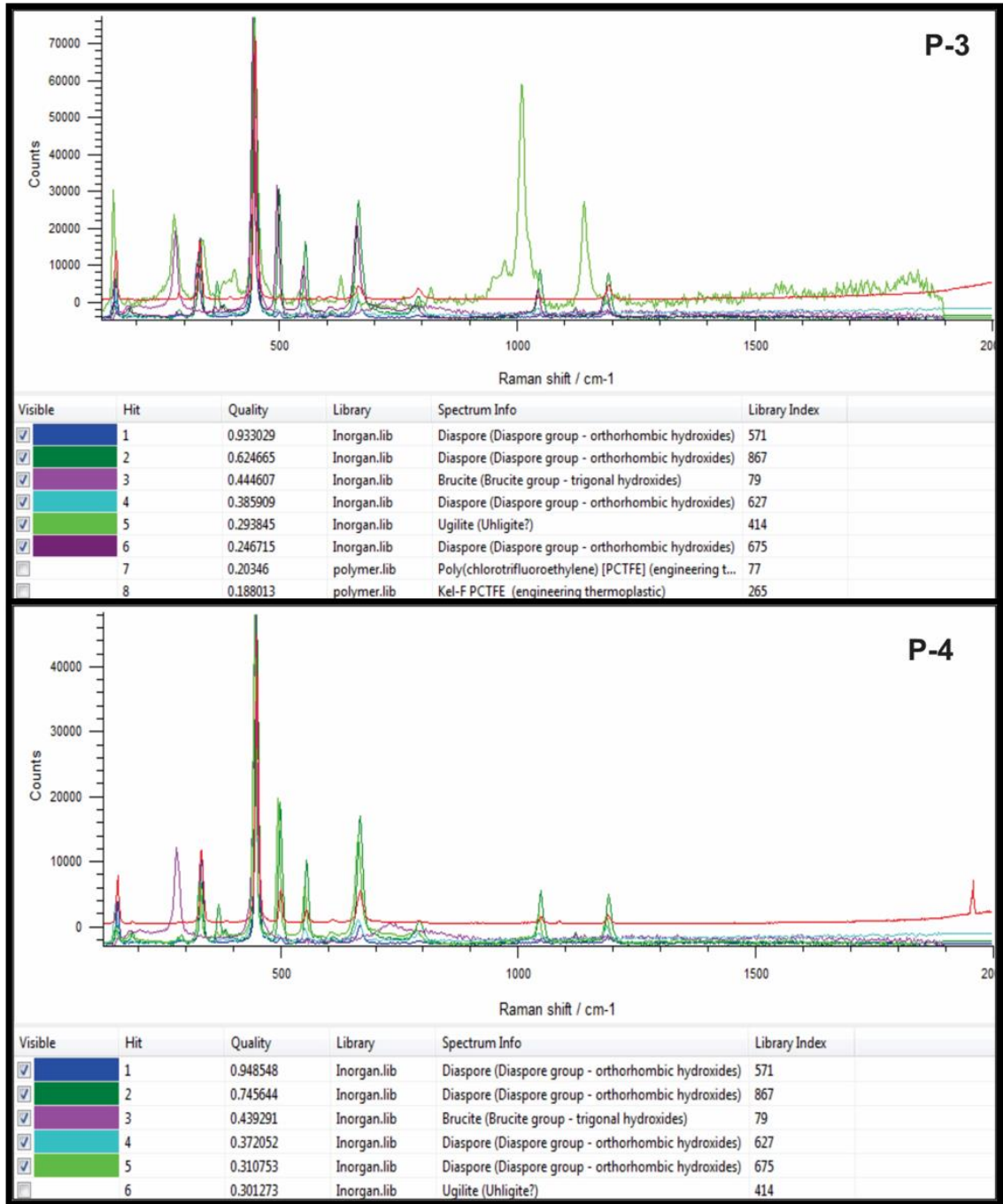
Şekil 4.45. Yatağan bölgesine (lila-mor diaspor) ait raman spektroskopisi grafikleri (devamı)

4.9.3. Pıncık bölgesine ait Raman Spektroskopisi sonuçları

Yapılan çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında örneğin diaspor olduğu görülmüş, bunun yanı sıra brusit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) ve ugilit ($\text{Ca}_3(\text{Ti}, \text{Al}, \text{Zr})_9\text{O}_{20}$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Pınarcık bölgesine ait raman spektroskopi grafikleri



Şekil 4.46. Pınarcık bölgesine ait raman spektroskopisi grafikleri (devamı)

5. GEMOLOJİ

Gemoloji bilimi; değerli ve yarı değerli taşlar ile ilgilenen bilim dalıdır. Gemoloji, kapsadığı konular arasında taşların doğada tespitinden başlayarak, tanımlanması, işlenmesi, ticareti ve sertifika süreçlerini içine alır. Süstaşlarının keşfinden itibaren etkileyici görüntüleri sebebiyle, artan ilgiyle beraber araştırma, işleme ve inceleme yöntemleri de gelişmiştir. Milattan sonra 77’de Pliny The Elder tarafından yazılmış olan Doğa Tarihi kitabında da süstaşı ile ilgili bilgilere rastlamak mümkündür. Yine 1040 yıllarında el-Biruni’nin yazmış olduğu el-cemahir fi Ma’rifet’l-Cevahir (Kıymetli Taşlar ve Metaller Kitabı) de süstaşı kitapları arasında gösterilebilir. Ancak modern anlamıyla ilk İngilizce süstaşı kitabı 1652 yılında Thomas Nichols tarafından yazılan Arcula Gemma isimli kitap olarak gösterilebilir (Read, 2005).

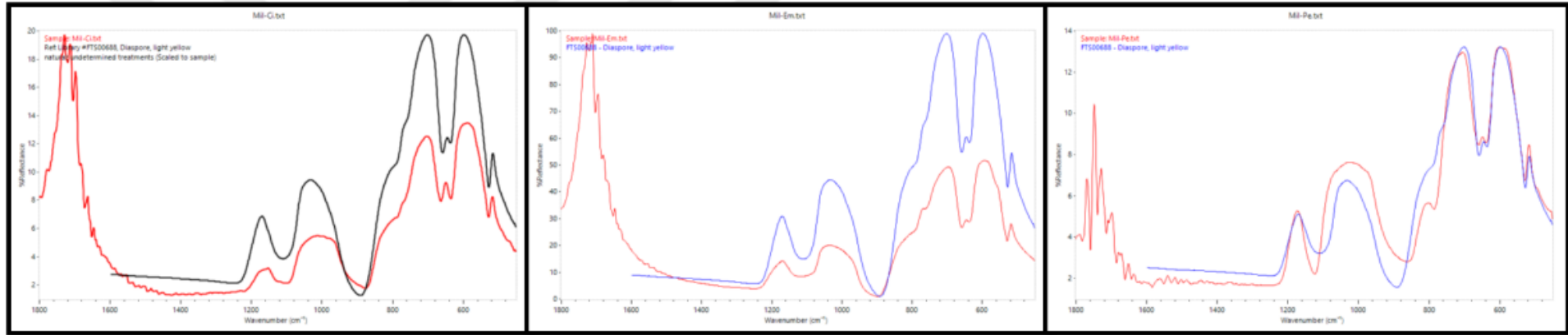
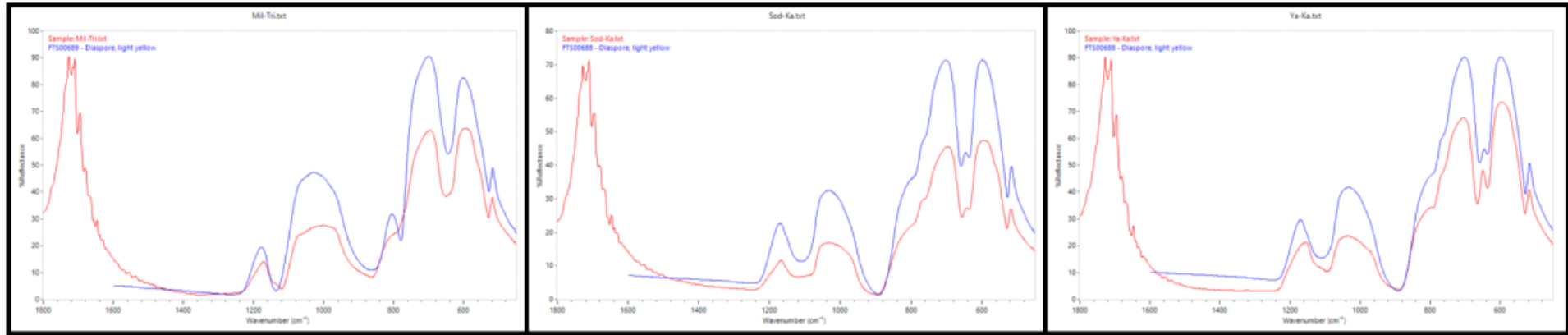
19 yy. sonlarında keşfedilen sentetik üretim yöntemleri gemoloji biliminin gelişmesine ön ayak olmuştur. 1837’de Fransız kimyager Marc Gaudin tarafından üretilen yakut kristallerinin tanımlaması gemoloji bilimi için bir dönüm noktasıdır. (Read, 2005). Daha önceki dönemlerde cam ve/veya benzeri malzemeler ile taklit edilmeye çalışılan süstaşlarının kolay ayırt edilebilmesi dolayısı ile ihtiyacı hissedilmeyen gemoloji bilimi, sentetik üretim sonucu etkilenen süstaşı piyasasına olumlu bir etki yapmıştır.

Gemoloji biliminin bir diğer dönüm noktası ise Elmas olmuştur. Yoğun elmas talebi ile birlikte ortaya çıkan sentetik elmas sorununun çözümünü sertifikalandırma yaparak çözen gemoloji bilimi ilerleme kaydetmiştir.

İlerleyen yıllarda dünyada olduğu gibi ülkemizde de önem kazanan gemoloji bilimi önceleri önlisans programı şeklinde daha sonraları ise lisans ve yüksek lisans dereceleri şeklinde eğitim programlarına devam etmektedir. Eğitim programlarının yanı sıra özel sektörde bu konuda çalışmakta olan uluslararası ve yerel labotuvarlarda sertifikalandırma konusunda hizmet vermektedir.

5.1. Gemolojik Özellikler

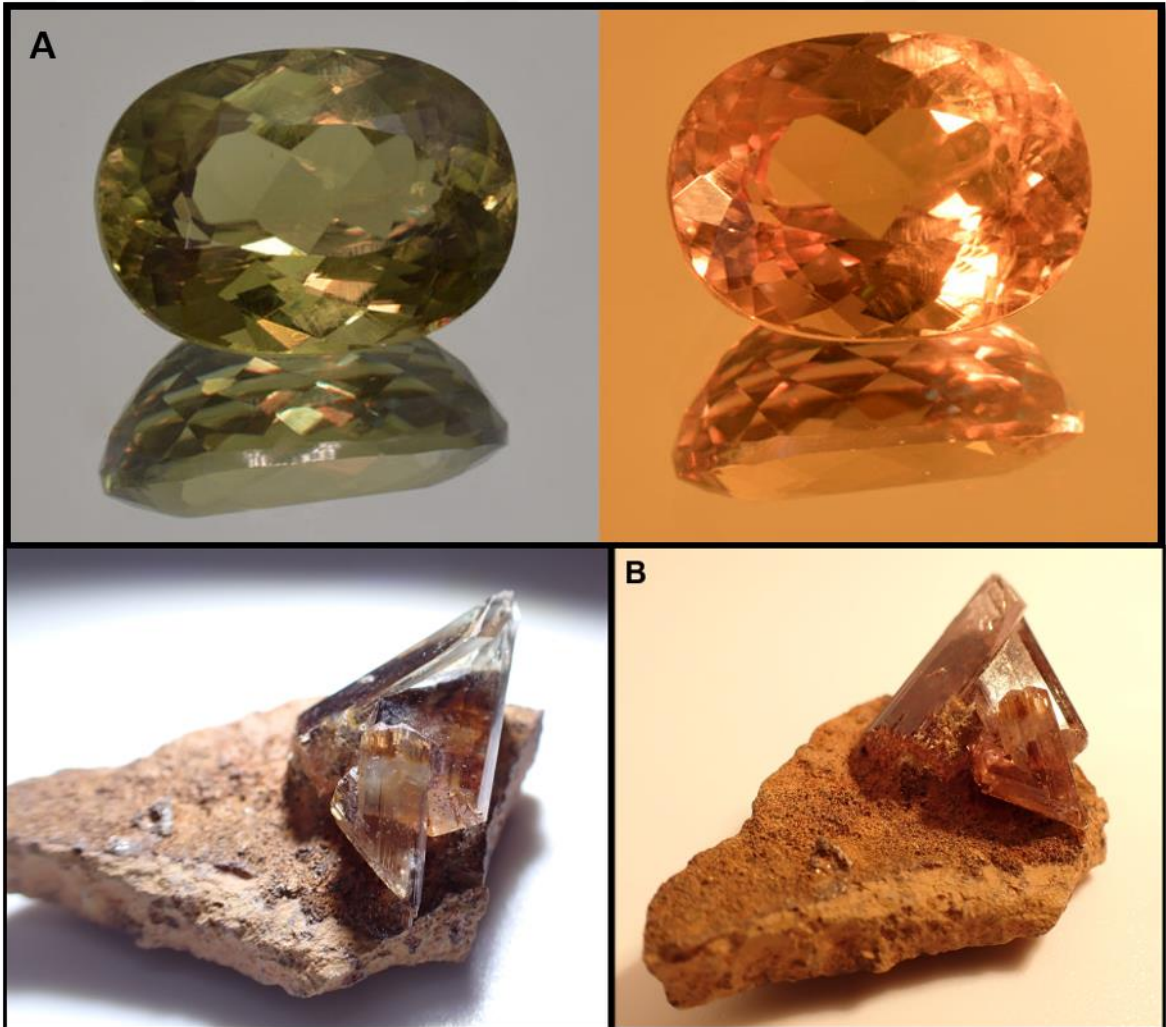
İnceleme alanından alınan numuneler üzerinde FTIR analiz yapılmış ve bu analiz sonuçlarına göre iki belirgin dalga boyu ön plana çıkmıştır. 600 – 700 dalga boyu diaspor içinde bulunan alüminyum hidroksitleri temsil etmektedir (Şekil 5.1). Yapılan Gemolojik incelemeler sonucunda bölgeden toplanarak fasetlenen numunelerin çeşitli renk varyasyonlarına sahip süstaşı kalitesinde diaspor kristali olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır.

**Pınarcık-1****Pınarcık-2****Pınarcık-3****Pınarcık-4****Sodra****Yatağan***Şekil 5.1. Numulerin FTIR sonuçları*

5.2. Diasporun Renk Kökeni

Her bir mineralin rengi o mineral tarafından yansıtılan ışığın rengidir. Absorbe edilen kısım göze ulaşamazken yansıtılan kısım göze ulaşarak renk algısı oluşturmaktadır (Gübelin ve ark., 1982).

Renk bir süstaşının kalitesini ve ekonomik değerini belirleyen 4 ana unsurdan birisidir. Aynı kristal içinde iki ya da daha fazla rengin olması o süstaşının kalitesini oldukça artırmaktadır. Turmalin, peridot, aquamarin gibi pleokroizma özelliği taşıyan süstaşlarının yanı sıra bir de aleksandrit etkisi ya da diasporada kullanılan adı ile “color change” denen renk değişimi sağlayan süstaşları da mevcuttur. Aleksandrit etkisi, bazı minerallerde gün ışığında mavi-yeşil veya yeşilimsi menekşeden akkor ışıktaki kırmızı veya kırmızımsı menekşe gibi belirgin renk değişimini ifade eder. (Gübelin ve ark., 1982).



Şekil 5.2. (A) Renk Değiştiren diaspor (Url.12) (B) Toplanan Numune Örneği.

19. yüzyılın başında mineraloji bir bilim haline geldiğinden, minerallerin tanımlanmasında renk yaygın bir gösterge olarak kullanılmıştır. Ancak kısa süre sonra,

insanlar aynı mineral türünün kristallerinin renk bakımından farklı olabileceğini keşfetmişler ve bazı tonların minerallerle değil, belirli safsızlıklarla ilişkili olduğunu tahmin etmeye başlamışlardır. (Fritsch ve Rossman, 1987).

Mineralde/mücevherde renklenmenin oluşumunda metal iyonunun sadece kimliğinin değil, aynı zamanda değerlik durumunun, komşu atomların doğasının, koordinasyonunun ve çevresinin ayrıntılarının önemli olduğu ortaya konulmuştur (Fritsch ve Rossman, 1987).

Bir atomda bulunan elektronun, bir yörüngeden daha yüksek enerjili başka bir yörüngeye hareket etmesi ile soğurma ve aydınlatma olaylarının meydana geldiği belirtilmiştir. (Fritsch ve Rossman, 1987).

İyonun enerjisindeki karşılık gelen değişim, emilen ışığın enerjisine eşittir. Uyarılmış durum doğası gereği kararsızdır, bu nedenle elektron normal temel durumuna geri dönmelidir. Genellikle bunun gerçekleşmesinin iki yolu vardır. Daha yaygın olan yol, elektronun enerjiyi atomik titreşimler (ısı) şeklinde kristal kafese bırakmasıdır. Diğerisi ise gemolojik olarak önem arz eden geçiş sırasında kazanılan enerjinin bir kısmının mineral/mücevher tarafından yayılan ışığa/ışıldamaya dönüştürüldüğü ifade edilmektedir (Fritsch ve Rossman, 1987).

Elektron soğurduğundan daha fazla enerji yayamayacağından ışıldama-soğurmada kazanılan enerjiye eşit veya bundan daha az bir enerji yayımı ile gerçekleşmelidir. Bu, ışıldamanın dalga boyunun küçük veya eşit olması gerektiği anlamına gelir. Örneğin, yakuttaki Cr^{3+} sarı-yeşil renkte ve kırmızının parlaklığını emer. Bu aynı zamanda, değerli taşın ultraviyole (yüksek enerji) radyasyona maruz kaldığında bu kadar görünür (düşük enerjili) ışıldama yaymasının nedenidir. Ultraviyole spektral aralıktaki absorpsiyon, daha düşük bir enerjide, yani görünür aralıkta bir emisyonla sonuçlanır. (Fritsch ve Rossman., 1987).

Gerçekte, çok az iyon görünür ışığı emme yeteneğine sahiptir. Değerli taşlarda en sık karşılaşılanlar Titanyum (Ti), Vanadyum (V), Krom (Cr), Manganez (Mn), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), ve Bakır (Cu) elementlerin iyonlarıdır. Bazı turuncu kübik zirkonlarda Seryum ve ısıl işlem görmüş mavi zirkonda Uranyum gibi bir dizi başka element de renge neden olabilse de, bunlar yalnızca bir materyalle sınırlı olma eğilimindedir.

Çoğu durumda, farklı metal iyonları farklı renkler üretir. Örneğin, genel olarak, demirin ürettiği renkler, aynı mineraldeki kromun oluşturduğu renklere oldukça farklı olacaktır; yani spinelde Fe^{2+} grimsi mavi renge, Cr^{3+} ise kırmızıya neden olur. Aşağıdaki

numuneler, metal iyonlarının mücevher malzemelerinde nasıl renk oluşturduğunu etkileyen çeşitli faktörleri göstermektedir (Çizelgeler 5.1, 5.2, 5.3, 5.4).

Çizelge 5.1. Birden çok atomları içeren renk üretim süreçleri ve çeşitli süstaşlarında bunların neden olduğu renk numuneleri (Fritsch ve Rossman, 1988)

SÜREÇ Yük Transferi Oksijen → Metal yük transferi	RENK ve SÜSTAŞI
O²⁻ → Fe³⁺	Sarıdan Kahverengine: Beril/Heliodor(Wood and Nassau, 1968), Korund (Schmetzer et al., 1982), Kuars/Sitrin, Ametist (Isıl işlem görmüş) (Balitsky ve Balitskaya, 1986), Sinhalit (Farrell and Nevnham, 1965)
O²⁻ → Fe⁴⁺	Mor: Kuars/Ametist (Cox, 1977)
O²⁻ → Cr⁶⁺	Sarıdan Kırmızıya: Krokoit (Loeffler and Burns, 1976)
Aralıklı yük transferi	
Fe²⁺ - O - Fe³⁺	Menekşe: Lavanta Jadeit (Rossman, 1974) Mavi: Beril/Akuamarin (Goldman et al., 1978), Kordiyerit/İyolit (Faye et al., 1968), Lazulit (Amthauer and Rossman, 1984), Amfibol/Glokofan (Smith and Strens, 1976), Kyanit (Parkin et al., 1977), Euclase (Mattson and Rossman, 1987b)
Fe²⁺ - O - Ti⁴⁺	Mavi: Korund (Smith and Strens, 1976), Kyanit (Parkin et al., 1977) Kahverengi: Dravit (Smith, 1977), Andalusit (Smith, 1977) Sarıdan Siyaha: Titan Andradit/Melanit (Tam olarak kanıtlanmadı, Moore and White, 1971)
Mn²⁺ - O - Ti⁴⁺	Yeşilimsi Sarı: Turmalin (Rossman and Mattson, 1986)
Metal iyonları içermeyen süreçler	
S³⁻	Mavi: Lazurit/Lapis Lazuli (Loeffler and Burns, 1976)
Çeşitli Organik Bileşikler	Sarıdan Kahverengine: Kehribar, Kopal, Kaplumbağa kabuğu (Nassau, 1975)
Porifirin	Yeşil ve Pembe: İnci İstiridyesi (Fox et al., 1983)
Karotenoidler	Pembeden Kırmızıya: Conch incisi ve Mercan (Döle- Dubois and Merlin, 1981)

Çizelge 5.2. Rengin kökeninin bir göstergesi ile renk merkezleri tarafından renklendirilen süstaşı numuneleri (Fritsch ve Rossman, 1988)

Süstaşı	Renk Kaynağı
Elmas	Yeşil: Nötr karbon boşluğu / (Collins, 1982) Sarı: 3 azot atomunun agregası / (Collins, 1982) Turuncu: Azot kümeleşmelerinde sıkışan boşluk (Collins, 1982)
Kuars	Dumanlı: Al ³⁺ safsızlıkları + ısınma (Cohen, 1986) Sarı: Al ³⁺ ilgili renk merkezleri (Samoilovich et al., 1969) Mor: Fe ³⁺ safsızlıkları + ısınma → Fe ⁴⁺ (Balitsky and Balitskaya, 1986)
Korund	Sarı: Renk Merkezi (Schiffman, 1981; Nassau, 1987)
Topaz	Mavi: Renk Merkezi (Schmetzer, 1986) Sarı: Renk Merkezi (Petrov, 1977) Kırmızımsı Kahve: Renk Merkezi (Petrov, 1977)
Turmalin	Kırmızı: Mn ³⁺ ısınma (Manning, 1973)
Feldispat	Maviden Yeşile: Pb içeren renk merkezi (Hofmeister and Rossman, 1985, 1986)

Çizelge 5.2. Rengin kökeninin bir göstergesi ile renk merkezleri tarafından renklendirilen süstaşı numuneleri (Fritsch ve Rossman, 1988)
(devamı)

Skapolit	Menekşe: Renk Merkezi (Marfunin, 1979)
Beril	Mavi: (Maxixe Beril) ışınma nedeniyle CO_3 veya/yada NO_3 (Andersson, 1979)
Spodümen	Yeşil: Işınma nedeniyle kararsız Mn^{4+} (Cohen and Janezic, 1983) Sarı: Renk Merkezi (Rossman and Qiu, 1982)
Fulorit	Mavi: Y^{3+} + Flor boşluğu + 2 elektron Pembe: YO_2 merkezi (Y^{3+} + O_2^{3-}) Sarı: O_3^- merkezi = O_2 yerine Flor (Bili and Calas, 1978)
Sodalit	Mavi: Geçiş oksijen iyonu O^- yakın alüminyum veya silisyum (Pizani et al., 1985) Pembe: Cl için kararsız elektronlar yerine bir dörtyüzlü/tetrahedrondaki Na^+ iyonları (Pizani et al., 1985)

Çizelge 5.3. Metal safsızlıkları geçişi ile allokromatik renklenme. (Nassau, 1978)

Krom	Yeşil: Zümrüt, Grossularit, Hiddenit, Cr-Jade, Cr-Turmalin Yeşil – Kırmızı: Alexandrit Kırmızı: Yakut, Spinel, Topaz
Kobalt	Mavi: Lusakit
Demir	Yeşil: Akuamarin, Turmalin, Sarı: Krizoberil, Sitrin, İdokraz, Ortoklaz Yeşil-Sarı-Kahverengi: Jade
Manganez	Pembe: Morganit, Spodümen, Turmalin Yeşil-Sarı: Andalusit
Nikel	Yeşil: Krizopras, Ni-Opal
Vanadyum	Yeşil: Apofillit, V-Zümrüt, Tsavorit, V-Grosular Yeşil-Kırmızı: Aleksandrit, Renkli Safir

Çizelge 5.4. Çeşitli süstaşlarında Saçılmış/dağılmış iyonlar ve sebep oldukları renkler (Fritsch ve Rossman, 1987)

İyon ve Düzen	Renk ve Süstaşı
Ti^{3+} Oktahedral	Pembe kuvarsın durumu tartışılmasına rağmen, Ti^{3+} renk kökeninin kanıtlandığı hiçbir süstaşı bulunmamaktadır. (Cohen and Makar, 1985)
V^{4+} Oktahedral	Mavi : Zoisit / Isıl işlem görmüş =Tanzanit (Hurlbut, 1969) Yeşil: Apofillit (Rossman, 1974)
V^{3+} Oktahedral	Mavi: Aksinit (Schmetzer, 1982) Kahverengi-Menekşe: Zoisit (Hurlbut, 1969) Yeşil: Beril/V-Zümrüt (Wood and Nassau, 1968); Grossular/Tsavorit Gübelin and Weibel, 1975); Kyanit, Diopsit, Uvit, Spodümen (Schmetzer, 1982) Renk Değişim Efeği: Korund, Pirop ve Spesartine (Schmetzer et al., 1980)
Cr^{3+} Oktahedral	Mavi: Kornerupin (Schmetzer, 1982) Yeşil: Beril/ Zümrüt, Spinel (Vogel, 1934); Spodümen/Hiddenit, Diopsit/Krom Diopsit, Jadeit/Krom Jadeit, Nefrit, (Anderson, 1954-55); Titanit/Krom Sfen, Zoisit (Schmetzer, 1982); Uvarovit (Calas, 1978) Renk Değişim Efeği: Krizoberil/Aleksandrit (Farrell and Newnham, 1965); Pirop (Schmetzer et al., 1980) Kırmızıdan Menekşeye: Korund/Yakut, Spinel(Vogel, 1934); Pirop (Manning, 1967a);Topaz (Anderson, 1954-55)
Mn^{3+} Oktahedral	Kırmızıdan Menekşe ve Pembeye: Beril/ Kırmızı Beril (Shigley and Foord, 1984); Piemontit (Burns, 1970); Elbait/Rubellit, Sugilit (Shigley et al., 1987); Rodonit (Gibbons et al., 1974); Zoisit/Thulite Yeşil: Andalusit/Viridin (Smith et al., 1982)
Mn^{2+} Oktahedral	Pembe: Beril/Morganite (Woods and Nassau, 1968); Rodokrozit (Lehmann, 1978); Lepidolit (Faye, 1968); Titanite (Mottana and Griffin, 1979) Yeşilimsi Sarı: Bazı Nadir Elbaitler (Rossman and Mattson, 1986)
Mn^{2+} Dağılımı Kübik	Turuncu: Spesartin (Manning, 1967a)
Fe^{3+} Oktahedral	Sarı: Krizoberil (Loeffler and Burns, 1976) Sarı Yeşil: Jadeit (Rossman, 1981); Epidot (Burns, 1970); Andradit (Manning, 1967b)
Fe^{3+} Tetrahedral	Sarı: Ortoklaz ve Diğer Feldispatlar (Hofmeister and Rossman, 1983); Sillimanite (Rossman et al., 1982)

Çizelge 5.4. Çeşitli süstaşlarında Saçılmış/dağılmış iyonlar ve sebep oldukları renkler (Fritsch ve Rossman, 1987) (devamı)

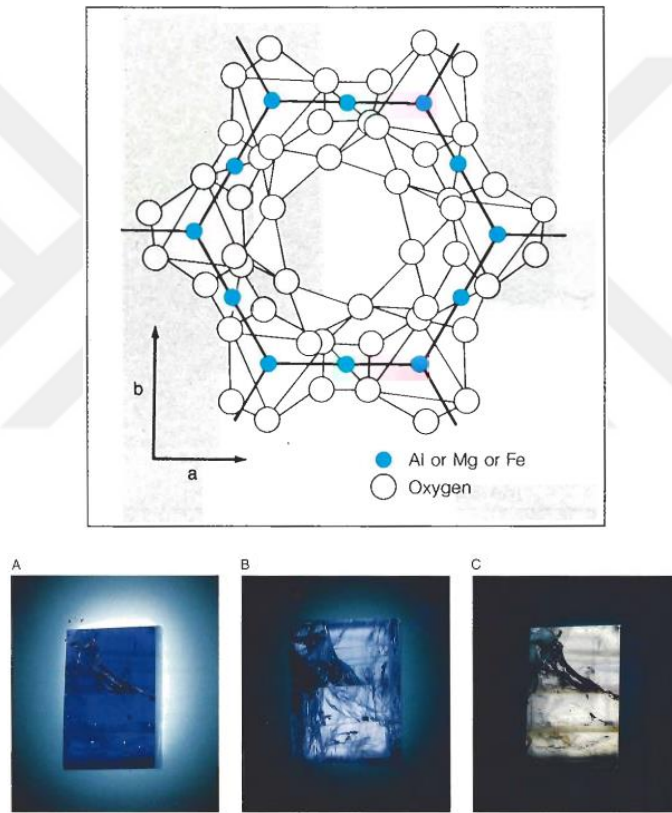
Fe²⁺ Oktahedral	Mavi: Elbait/İndicolit (Dietrich, 1985) Sarımsı yeşilden Yeşile: Olivin/Peridot (Loeffler and Burns, 1976); diopside, Aktinolit/Nefrit (Burns, 1970); Doğal Cam/Moldavit, Tektit (Pye et al., 1983)
Fe²⁺ Tetrahedral	Mavi: Gahnite ve "Gahnospinel" (Dickson and Smith, 1976)
Fe²⁺ Dağılımı Kübik	Kırmızı: Pirop, Pirop/Almandin (Rodolite),
Co²⁺ Oktahedral	Pembe: Kalsit/Kobaltokalsit (Webster, 1970) Yeşil: Sfalerit (Marfunin, 1979)
Co²⁺ Tetrahedral	Mavi: Spinel (Shigley and Stockton, 1984); Stavrolit (Cech et al., 1981)
Ni²⁺ Oktahedral	Yeşil: Krizopraddaki kil kapanımları ve bazı Opaller, e.g., Praz opal (Koivula and Fryer, 1984)
Cu²⁺ Oktahedral	Mavi: Turkuaz ve Krizokolla (Lehmann, 1978); Azurit (Marfunin, 1979) Yeşil: Malakit ve Dioptas (Lehmann, 1978)

Tek bir değerlik durumunda belirli bir iyon, aynı sayıda oksijen iyonu ile çevrelenmiş olsa bile, farklı süstaşları/mücevher malzemelerinde çeşitli renkler üretebilir. Örneğin, yakut, zümrüt ve aleksandrit, canlı renklerini oktahedral sistemde Cr³⁺ 'ya borçludur (Loeffler ve Burns, 1976). Hem yakut hem de zümrüt spektrumları görünür bölgede iki büyük soğurma bandından oluşur. En büyük fark, iki absorpsiyon bandının tepe noktalarının tam konumudur. İki iletim penceresine sahip olan yakut için en yüksek enerjide (en kısa dalga boyu) konumlandırılmışlardır - biri ana soğurma bantları arasında mavi (480 nm) ile merkezlenmiş ve diğeri kırmızı merkezlenmiştir (610 nm'den uzun dalga boyları). Göz, kırmızıda maviye göre 610 nm'nin hemen üzerinde daha hassas olduğundan yakut kırmızı görünür. Öte yandan, zümrütler için iletim penceresi, gözün en hassas olduğu yerde yeşile ortalınır ve taşlara zengin karakteristik rengini verir (Fritsch ve Rossman, 1987).

Yakut ve zümrüt arasındaki fark, krom etrafındaki kristalografik ortamın ayrıntılarıyla açıklanabilir. Krom ile komşu oksijen atomları arasındaki mesafe ve yerel geometrinin detayları gibi faktörler, kromla ilgili yerel elektrostatik alana katkıda bulunur. Bu ayrıntılar, iki mineral için yeterince farklıdır, her iki mineral için şekil olarak benzer olsa da, berilde korunda göre daha düşük enerjilerde görünecektir (Fritsch ve Rossman, 1987).

Krom içeren krizoberil çeşitlerinden biri olan aleksandrit Cr³⁺ bölgesi, yakut ve zümrüt arasında orta düzeydedir. Sonuç olarak, aleksandrit hem mavimsi yeşili hem de kırmızıyı iletir. Güneş ışığında, çoğunlukla yeşil görünecektir, çünkü burası güneş ışığının maksimum yoğunluğuna ve insan gözünün en büyük hassasiyetine sahip olduğu yerdir. Bununla birlikte, akkor ışıkla bakıldığında, taş kırmızı görünür, çünkü akkor ışık, güneş ışığına göre nispeten daha büyük oranda kırmızı içerir (Fritsch ve Rossman, 1987).

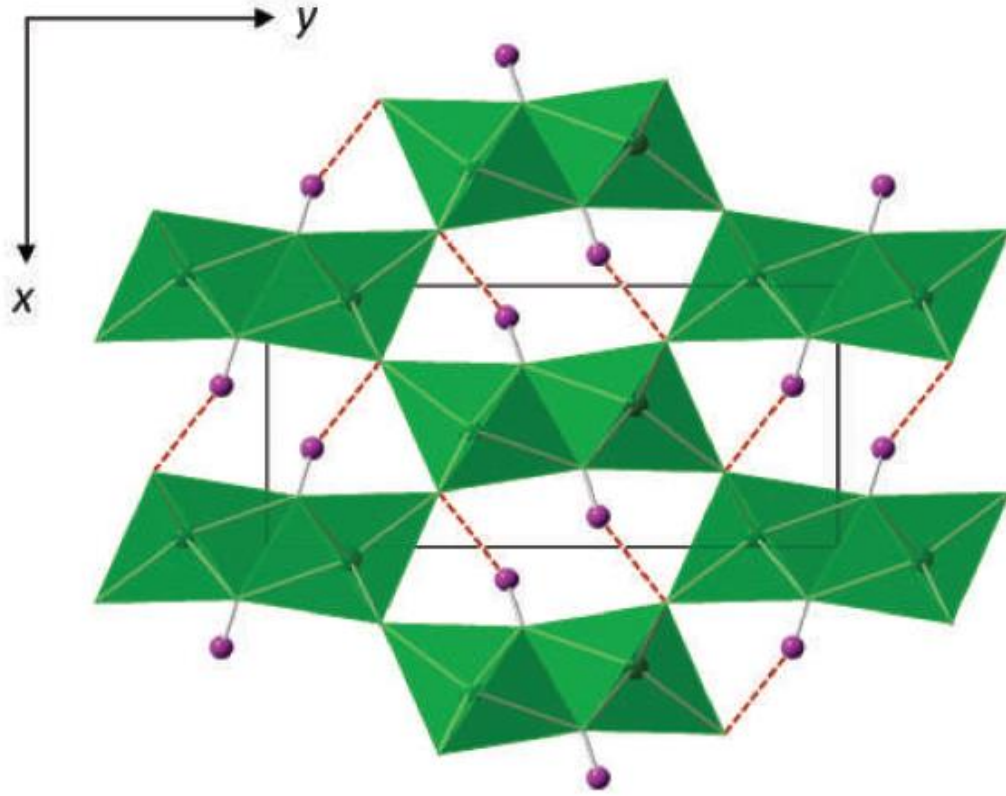
Belirli bir iyonun ortamını, özellikle metal-oksijen mesafesini etkileyebilecek bir faktör, konsantrasyonudur. Çeşitli yazarlar bu "konsantrasyon etkisini" korund, spinel ve granatta gözlemlemiştir (Galas, 1978). Kırmızı Mg-Al granat piropda Cr^{3+} iyonları düşük konsantrasyonda bulunur ve Cr-O mesafesi 1.96 Å'dır (Galas, 1978). Bununla birlikte, koyu mor Mg-Cr granat knorringitte Cr^{3+} iyonları aynı koordinasyonda, ancak daha yüksek konsantrasyonda, Cr-O mesafesi 2.03 Å ile oluşur (Berry ve Vaughan, 1985). Bu nedenle, granat gibi tek bir mineral grubunda, Cr^{3+} konsantrasyonundaki bir artış, Cr-O mesafesinde bir artışa ve rengin kırmızıdan mora değişmesine neden olacaktır (Fritsch ve Rossman, 1987).



Şekil 5.3. Pleokroizma ilişkisi (Fritsch ve Rossman, 1988)

Şekil 5.3'te, pleokroizm ile ilişkili olduğu için C ekseninden aşağıya bakıldığında kordiyeritin (iyolit) yapısını göstermektedir. Demir iyonları, Al veya Mg atomlarının yerini alır, bu nedenle aralık yük transferi, Al ve Mg atomlarının hizalandığı üç yönde (kalın çizgiler) meydana gelir. Bu yönlerden biri kesinlikle a eksenine paraleldir, bu nedenle bu yönde titreşen ışık güçlü bir şekilde emilir ve çok yoğun bir mavi (A) üretir. Diğer iki yönde titreşen ışık, b eksenine yaklaşık 30 ° 'de aralıklı yük aktarımlarını indükler ve böylece daha açık bir mavi (B) ile sonuçlanır. C eksenine paralel (şeklin

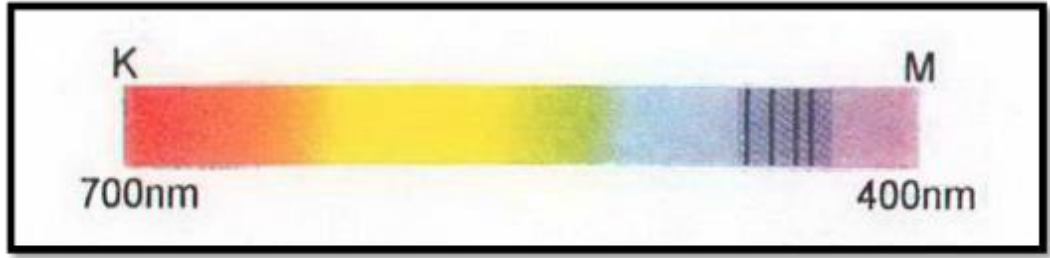
düzlemine dik) IVCT (aralık yük transfer aktarımı/intervalance charge transfer) yoktur, bu nedenle bu yönde ışık titreşimi için yük transferi gözlenmez; açık sarı renk izole edilmiş Fe^{3+} (C) nedeniyledir. (Fritsch ve Rossman, 1988).



Şekil 5.4. Z eksenı boyunca bakıldığında diasporun yapısı. (Yeşil renk: $\text{Al}(\text{O},\text{OH})$ oktahedral; leylak rengi: hidrojen iyonları; kırık kırmızı çizgiler: hidrojen bağları) (Hill, 1979)

Color change minerallerde eser miktarda bulunan Cr^{+3} veya Cr_2O_3 kafes yapılarında meydana getirdiği değişiklik gün ışığının ve akkor ışığın farklı spektrumlarında soğurulmasına sebep olur (Gübelin ve ark, 1982).

Al_2O_3 içerikli süstaşlarındaki Cr_2O_3 konsantrasyonu arttıkça kristal alanda değişimle kırmızıdan yeşile giden bir renk değiştirme ile sonuçlanır. Yine V^{3+} Al_2O_3 doğal veya sentetik "alexandrit renkli korund" da hemen hemen aynı etkiyi üretir (Nassau, 1987). Diasporun absorpsiyon spektrumu safirin spektrumuna benzer niteliktedir. Mavi rengin 471, 463, 454'üncü nanometrelerindeki ve kırmızı rengi 701'inci nanometresindeki siyah bant gözlemlenebilir (Scarrat, 1980) (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Yeşil diasporun absorpsiyon spektrumu (Günther, 1988)

Diaspor kristallerinin önemli bir kısmı süstaşı kalitesinde değildir, ancak geriye kalan küçük kısım oldukça şeffaf ve berrak kristallerden oluşmaktadır. Diaspor kristalleri ikizlenme, iri kristal yada tekli kristaller şeklinde olabilmektedir. Ve bu kristaller yağ yeşili, mor veya kırmızıya kadar renklenebilmektedir.

Diaspor kristalleri yaygın olarak Z'ye paralel uzatılmış {010} üzerinde ince plakalar şeklinde meydana gelir; {100}'e bazen iğnemsî, nadiren çizelge halinde paraleldirler. Diaspor ayrıca ince ölçeklerde ve büyük kümelenme halinde oluşur ve sarkıtlı olabilir. En yaygın olarak renksiz olmasına rağmen, diaspor demir ve manganez varlığı ile renklendirilebilir; renkli çeşitler ince kesitte oldukça kuvvetli pleokroiktir.

Diaspor, tanelerdeki veya ince kesitteki korunddan, daha yüksek kırılma indeksleri ve ikincisinin daha düşük çift kırılması ile daha düşük kırılma ve çift kırılması olan sillimanitten ayırt edilebilir (Deer ve ark., 2013), (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Korund, diaspor ve spinelin kristalografik parametreleri (Lewis ve ark., 1982; Hill, 1979; Peterson ve ark., 1991)

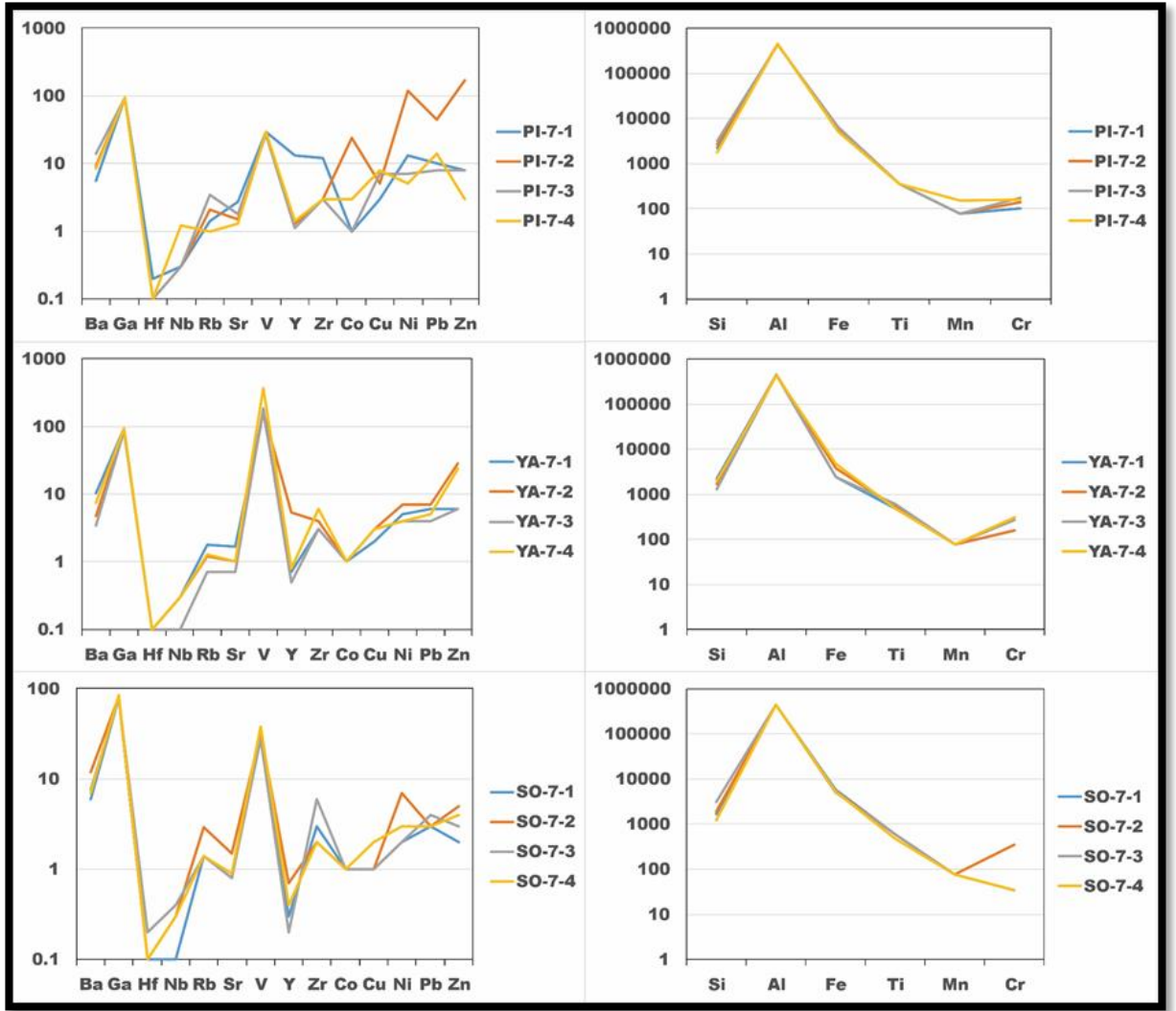
Süstaşı	Al-O'(Å) nün ortalama mesafesi	Oktahedral hacim	Oktahedral ikinci dereceden uzama	Ortalama Al-O mesafesi sapması (korunddan % fark)	Oktahedral hacim sapması (korunddan % fark)	İkinci dereceden uzama sapması (korunddan % fark)
Korund	1.9133	9.0754	1.0202	0	0	0
Diaspor	1.9154	9.1042	1.0203	0.10976	0.31734	9.8020 x 10 ⁻³
Spinel	1.9327	9.4955	1.0092	1.0140	4.6290	1.0782

Çizelge 5.6. LA-ICP-MS ile diasporun eser element bileşimi (ppm) (parantez içinde standart sapma) (Shen ve Lu, 2019)

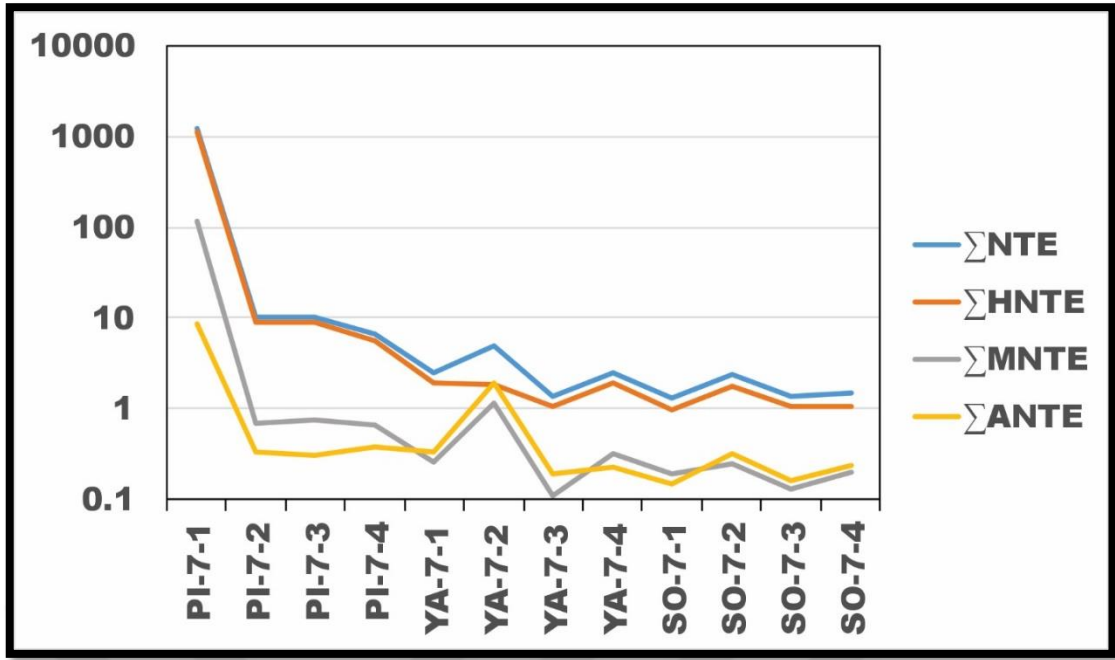
İz element- Dedeksiyon limiti				
Ti—9	110 (3)	185 (0.9)	220 (13)	418 (5)
V—0.1	6 (0.2)	4 (1)	44 (2)	359 (2)
Cr—1	36 (0.7)	32 (2)	2166 (58)	2081 (29)
Fe—20	1169 (12)	548 (53)	4 (bdl)	1 (bdl)
bdl = algılama sınırının altında				

Renk değiştiren diaspor da, Cr^{3+} , V^{3+} ve $\text{Fe}^{2+}\text{-Ti}^{4+}$ çiftleri kromoforlardır ve bunların hepsi yaklaşık 560-580 nm'de bir absorpsiyon alanı içerir. Bu kromoforların tümü, renk değiştirme etkisine neden olmada rol oynayabilir (Shen ve Lu, 2019).

İnceleme alanındaki diaspor numunelerin renkleri genellikle beyaz-gri, sarımsı yeşil (ışık kaynağına göre değişkenlik gösterebilir) renklerde gözlenmektedir. Ancak Yatağan bölgesinden derlenen numunelerde (YA-2 ve YA-3) lila-mor renklenmesi belirlenmiştir. Bu değişimi belirlemek için renk değişimine sebebiyet verebilecek oksit (elementsel olarak) (şekil 5.6) ve iz elementlerin (NTE dahil) (şekil 5.6) kondritlere göre normalize edilmiş halleri ve analiz değerleri karşılaştırmaları logaritmik olarak yapılmıştır (şekil 5.7). Metal yük transferi ($\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{4+}$), aralıklı yük transferi ($\text{Fe}^{2+} - \text{O} - \text{Ti}^{4+}$; $\text{Fe}^{2+} - \text{O} - \text{Fe}^{3+}$) ve saçılmış/dağılmış iyonlar (V^{3+} Oktahedral, Cr^{3+} Oktahedral, Mn^{3+} Oktahedral, Mn^{2+} Oktahedral) değerlendirilmesinde (Çizelge 5.1)) pembe, menekşe, mor ve renk değişimlerine neden oldukları ifade edilmiştir. Diasporlarda yapılan değerlendirmeler sonucunda YA-2 ve YA-3 numunelerinde Y, V, Fe ve Cr yüksek olması renklenmeye neden oldukları düşündürmüştür. Özellikle YA-2 ve YA-3 numunelerinde ΣMNTe ve ΣANTE değerlerinin yüksek olması ve aynı zamanda $\Sigma\text{ANTE} > \Sigma\text{MNTe}$ özellik göstermesi numunelerde renklenme özelliğine katkı sağladığı kanısına varılmıştır.



Şekil 5.6. Diaspor oluşumlarına ait bazı elementsel haldeki oksit ve iz elementleri logaritmik dağılım grafikleri



Şekil 5.7. Diaspor oluşumlarına ait ΣNTE , $\Sigma HNTE$, $\Sigma MNTE$ ve $\Sigma ANTE$ değerlerinin logaritmik dağılım grafiği

5.3. Diaspor İle Karıştırılabilecek Süstaşları

5.3.1. Alexandrit

Alexandrit, en pahalı renk değiştiren değerli taş olarak adlandırılmıştır. Renkleri güneş ışığı altında mavimsi yosunlu yeşile kadar değişebilir ve akkor aydınlatmada ahududu meyvesiyle öne çıkan kırmızı bir gölgeye sahiptir. Alexandrit Rusya'nın Ural Dağları, Brezilya ve Sri Lanka da bulunmaktadır. Alexandrit en kolay olarak güçlü color change özelliği ile diaspordan ayıt edilir. Laboratuvar ortamında sertlik ve özgül ağırlığı ile ayırt etmek mümkündür (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Alexandrit (Url.13)

5.3.2. Granat (Pirop)

Granat ortam ışığına göre renk değiştirebilir. Renk değişimleri koyu kırmızıdan turuncu ve kahverenginin tonlarına, canlı yeşile, hafif pembe ve mor tonlarına değişir. Granat Rusya, Afrika ve Sri Lanka'da bulunmaktadır. Diaspor ile granat kristalini benzer fiziksel özelliklerden dolayı laboratuvar ortamı dışında ayırt etmek oldukça zordur (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Granat (Url.14)

5.3.3. Safir

Safir, mavi renkleri ile ünlüdür, ancak çok nadir görülen bir Safir türü, renk değiştirme yeteneklerine sahiptir. Renk değişimi genellikle doğal ışıkta maviden menekşeye, yapay ışıklandırmada kırmızıdan mora döner. Safir kaynakları arasında Burma, Sri Lanka ve Keşmir'deki Myanmar bulunur (Palke ve ark. 2019). Yüksek ve kendine has sertliği renginin doygunluğu gibi özelliklerinde dolayı diaspor kristalin ayırt etmek mümkündür (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Safir (Url.15)

5.3.4. Brusit

Metalik parl ltıya sahip olan Brusit doğada sarımsı kahverengi ile kırmızımsı kahverengi olarak bulunur. Brusit, anatas, rutil polimorf minerallerdir. Elmastan daha büyük bir dispersiyon değerine sahip olmasına rağmen çok şeffaf olmaması değerini etkiler (Url.16). Nadiren büyük boyutlarda bulunmasından dolayı süstaşı kullanımı yaygın değildir. Benzer kristal yapı ve diğer fiziksel özelliklerden dolayı laboratuvar ortamı dışında diaspor ile ayrımı pek mümkün değildir ( ekil 5.11).



Şekil 5.11. Brusit (Url.17)

5.3.5. Sentetik Diaspor

Süstaşlarının ender bulunması ve değerlerinden dolayı sentetik üretimi, değerli taş üretimi oldukça eski bir sektördür. Bu bağlamda diasporun sadece Türkiye’de bulunması ve color change özelliğine sahip diasporun oldukça nadir bulunmasından dolayı daha ucuza elde edilebilecek sentetik ürünler ortaya çıkmıştır. İlk zamanlarda alexandrit’in sentetiği olarak piyasaya çıkan Alexit ve Zandrit günümüzde daha çok diasporun sentetiği olarak satılmaktadır.

5.3.6. Alexit

Sentetik bir taş olan Alexit; daha çok lazer teknolojisinde kullanılan YAG (Yitriyum Alüminyum Granat ($Y_4 Al_2 O_9$))'dan üretilmektedir. Autumn ve Levander olmak üzere 2 çeşit üretilmektedir. Autumn Alexit yeşil turuncu renk değişimi varken, Levander Alexit ise mavi mor renk değişimi vardır.

Hindistan'da üretilmekte olan Alexit color change özelliği kazandırmak ve renklendirmek için çeşitli miktarlarda krom, vanadyum, manganez, demir eklenmektedir.

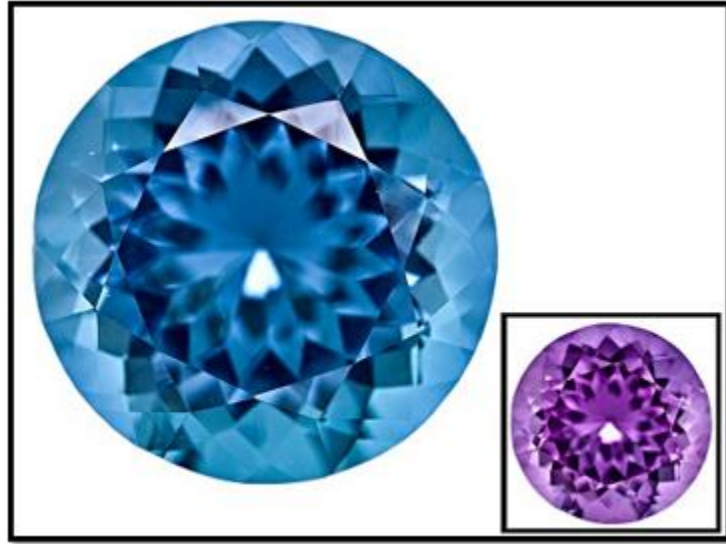
Alexit ile Diasporun birbirinden ayrılması tecrübeli gemologlar tarafından renk tonlamasından yapılabileceği gibi kesin sonuçlar için gemolojik inceleme gerekmektedir. Refraktometre incelemesi sonucunda refraktif index (diaspor 1.70-1.75, Alexit 1.55) ve diasporun çift kırınma sahip olması ayırt etmek için yeterli olacaktır (Url.18) (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Alexit (Url.18)

5.3.7. Zandrit

Sentetik bir cam olan Zandrit içeriğine neodmiyum, lantan ve seryum eklenmesi ile color change özelliği almıştır (Url.19) 1.532 değerindeki refraktif indexi ve 1.64 özgül ağırlığı ile diaspordan ayırt edilebilir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Zandrit (Url.20)

5.3.8. Renk Değiştiren Cam

Renk değiştiren camların bir diğeri color-Change glass adıyla bilinen ve piyasada diaspor olarak satılan malzemede renk verici olarak içeriğine katılan Nd (102,792 ortalama ppm) ve Pr (68,500 ortalama ppm) ile bu özellik kazandırılır. Buna ek olarak infrared spectrum pikleri olan 1037, 462, 443, and 430 cm^{-1} , pik değerleri ile doğal diasporlardan ayrılmaktadır (Yu ve ark., 2016).



Şekil 5.14. Renk değiştiren cam (Yu ve ark., 2016)

5.4. Süs Taşlarının Şekilendirilmesi Teknikleri (Lapidary)

Değerli taş olarak nitelendirilen mineraller renk, parlaklık, şeffaflık, sertlik, dayanıklılık ve nadirlik gibi özellikleri dolayısıyla oldukça ilgi çekicidir. Ve bu durum esasen optik özellikleri ile ilişkilidir. İnsanın değerli taşlara olan hayranlığı tarih öncesi çağlardan kalmaz. Uygarlığın başlangıcından bu yana, bazı değerli taşların güzelliğini ve dolayısıyla değerini artırmayı amaçlayan optik özelliklerini iyileştirmeye yönelik

abalarda bulunulmuştur (Gubelin ve Erni, 2000). Bu çabaların en etkileyici olanı ise şekillendirme işlemi olmuştur.

İnsanoğlunun taşlarla ilişkisi varlığından itibaren sürmektedir; beslenme ve savunma ihtiyacı için başlayan taşları şekillendirme işlemleri ya da diğer adıyla lapidary, barınma ve süslenme amacı olarak devam etmiştir. Taş devrinde bıçak ya da ok ucu için yongalama ile başlayan süreç, barınma ve dini yapılar için kamalama ve süslenme içinde kabaşon ve fasetleme ile günümüze ulaşmıştır.

Avlanma ve beslenme amaçlı işlenen obsidyenleri saymazsak süslenme amacıyla şekillendirilen ilk süstaşları kemik, boynuz ve deniz kabuklarının olma ihtimali oldukça yüksektir. Son buzul çağının sona ermesiyle başlayan Aurignac adı verilen taş alet kültüründe kemik, fildişi, boynuz gibi ürünlerin işlendiğini görmekteyiz. (Türe, 2011).

Güzellik, süslenme ve statü için giderek artan süstaşı ihtiyacı, süstaşı işlemeciliğini de doğru orantılı olarak geliştirmiştir. Beslenme ve barınma amaçlı başlayan süreç tamamen estetik amaçlı işlenmeye dönüşmüştür.

Taşların kendi tozunun, keskin kenarının ve/veya daha sert bir malzemenin şekillendirilmede kullanılabileceğini keşfeden insanoğlu kuvars, akik gibi süstaşlarından boncuklar yaparak delmişlerdir.

Yakın dönemde keşfedilen electroplate, sinterleme ve ultrasonik delici metotları ise süstaşı işlemeciliğinin dönüm noktası olmuştur. Aylar süren işlem süreci saatler ve/veya dakikalar süren işlemler halini almıştır. Çoğu zaman bir günde delinen taşlar artık birkaç dakika içinde delinmeye başlanmıştır.

Süstaşlarını kesmek ham ve cilasız taşları işleyerek onları değerli birer parçaya çevirme işlemidir. Kesme işlemi taşlara belirli bir şekil vererek gerçek rengin ve parlaklığın ortaya çıkarılması işlemidir. İyi kesimde çatlak, inkluzyonlar gibi kusurlar iyi gizlenmiş ve taştan maksimum büyüklük korunmuş olmalıdır. Süstaşlarını şekillendirme tekniğine lapidari, şekillendiren kişiye ise lapidarist denmektedir. Bir süstaşını işleyebilmek için kendinin keskin köşesi, tozu ya da kendinden daha sert bir malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden şekillendirme de daha çok silikon carbit, alüminyum oksit ve elmas kullanılmaktadır. Süstaşları şekillendirme yöntemlerine göre 3'e ayrılır. Bunlar;

1. Kabaşon Kesim
2. Tamburlama
3. Faset Kesim

Süstaşlarını şekillendirme de kesmeyi zorlaştıran ve dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar;

- Dilinim
- Kristal sistemi
- İnkluzyonlar
- Çatlaklar
- Farklı renklenmeler
- Fire miktarı

5.4.1. Kabaşon Şekillendirme

Kabaşon şekillendirme daha çok opak süstaşları için kullanılan tek yüzü bombe ve düz bir yüzey şekillendirme biçimidir. Bombe şekli koruyarak kare, oval, damla, markiz vb. şekillerden ya da serbest herhangi bir form halinde işlenebilmektedir.

Daha çok opak süstaşlarında kullanılması ise yüzeyden maksimum parlamayı sağlama amacıdır. Şeffaf süstaşlarında ışık yüzeyin altına ulaşarak en yüksek parlaklığa ulaştığı için faset kesime uygunken, opak süstaşlarında ışık yüzeyden yansımaktadır.

Diasporda ise durum genel olarak fasetleme ile şekillendirilirken yarı-şeffaf ve opak numuneler kabaşon kesimde değerlendirilmektedir. Bu durum da özellikle 5 ct (karat) ve/veya üstü ağırlıktaki taşlara uygulandığında daha doğru olacağı değerlendirilmektedir.

Dilinim yapısı dolayısı ile düşük devirli ve daha büyük grit nolu elmas diskler tercih edilmeli, kesici diskler ile şekillendirmeden ziyade aşındırıcı disklerle şekillendirme ile işlenmesi daha doğru sonuçlar vermektedir. İşleme sırasındaki baskı/basınç olabildiğince düşük tutulmalı. Zımpara ve cila işlemlerinde ise yatay lap ve cila keçesi gibi ısı ve basıncı artıracak teçhizat yerine vibro tambur gibi ısı/basınç olabildiğince düşük tutacak makine ekipman ile fire miktarını minimuma inmektedir. (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Diasporun kabaşon şekillendirme aşamaları

5.4.2. Tamburlama

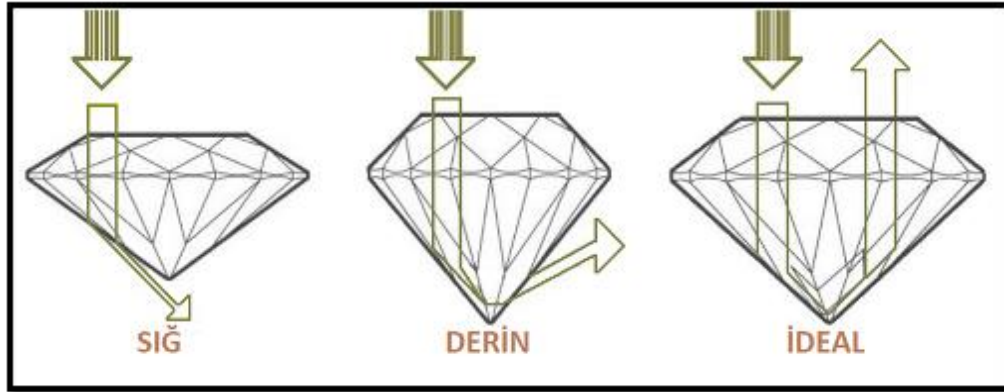
Şekillendirmede daha çok kabaşon kesimden kalan süstaşlarının şekilsiz olarak keskin köşelerinin alınması ve yuvarlatılması amacıyla kullanılır. Bunun yanı sıra fazla sayıda süstaşlarının zımpara ve cila işlemleri hızlıca ve ekonomik olarak yapılabilir.

5.4.3. Fasetli Şekillendirme

A. Fasetli süstaşları kesimi

Faset geometrik şekiller üzerindeki düz yüzeylere verilen isimdir. Fasetli süstaşları ise en yüksek parlaklık ve en iyi görünüm için belirli açılarla kesilirler. (Şekil 5.16). Ancak bu açılar fire miktarını azaltmak ya da hataları örtmek için değiştirildiğinde taşın parlaklığı önemli ölçüde değişerek taş sığ (shallow) ya da derin (deep) görüntü alacaktır. Şekildeki uygulama genellikle transparan süstaşlarının şekillendirmesi için kullanılan bir kesim tekniği olan faset kesim tekniği süstaşının en yüksek parlaklığa ulaşması amacıyla kullanılır. Yansıma yada parlaklık süstaşının optik, fiziksel ve fasetlerin nasıl yapıldığına bağlıdır. Faset kesim tekniği inklüzyonlar içeren bir süstaşını

değerli bir parçaya çevirebileceği gibi üst düzey bir süstaşını oldukça değersiz bir parçaya da çevirebilir.



Şekil 5.16. Faset kesim tekniğinin süstaşlarına uygulanması. (Url.21)

Şekil 5.16.'ya göre;

SIĞ Kesim : Elmas kesimi çok sığsa, giren ışık külâh fasetine düşük bir açıyla çarpar ve fasetten geçer (kırılır), elmasın altından kaçır.

Derin Kesim : Elmas kesim çok derinse, giren ışık, ikinci külâh yansıyacak kadar keskin bir açıyla birinci külâh fasetine çarpar. Ancak ışık, ikinci külâh çok düşük bir açıyla çarparak ışığın kırılmasına (fasetten geçmesine) neden olarak elmasın altından kaçır.

İdeal Kesim : İyi kesilmiş bir elmasta, ışık, her bir külâh fasetine, ışığın çoğunun tepeye (üstte) geri yansımasına izin veren bir açıyla çarpar. Taç yüzeylerinden düşük bir açıyla geçerken, ışık çıkışta kırılır. Bu durumda, ideal parlamaya sebep olur.

B. Yuvarlak (Brilliant Cut)

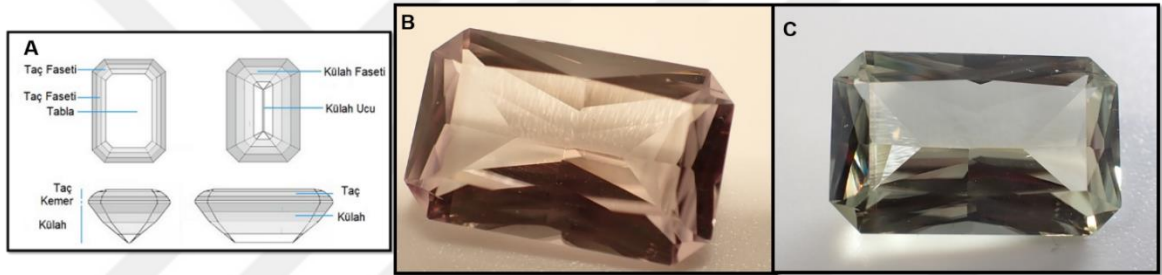
Özellikle elmasın şekillendirilmesi için kullanılır ve bu kesime pırlanta kesim denilmektedir. En güçlü parlaklık bu kesim tekniği ile elde edilebilmektedir. Üst kısımdaki 32 faset, alt kısımda 24 +1 olmak üzere toplam 57 faset bulunur. (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. (A)Yuvarlak - Pırlanta kesim (Brilliant Cut) (Url.22) (B-C) Numunelerden Kesilmiş Örnekler

C. Zümrüt kesim

Tabla faseti kenarlarından dikdörtgen taç basamakları ile şekillendirilir. Daha çok zümrüt'ün şekillendirilmesinde kullanılan bir kesim tekniğidir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. (A) Zümrüt Kesim (Url.23) (B-C) Numunelerden Kesilmiş Örnekler

D. Kare Kesim (Square Step Cut)

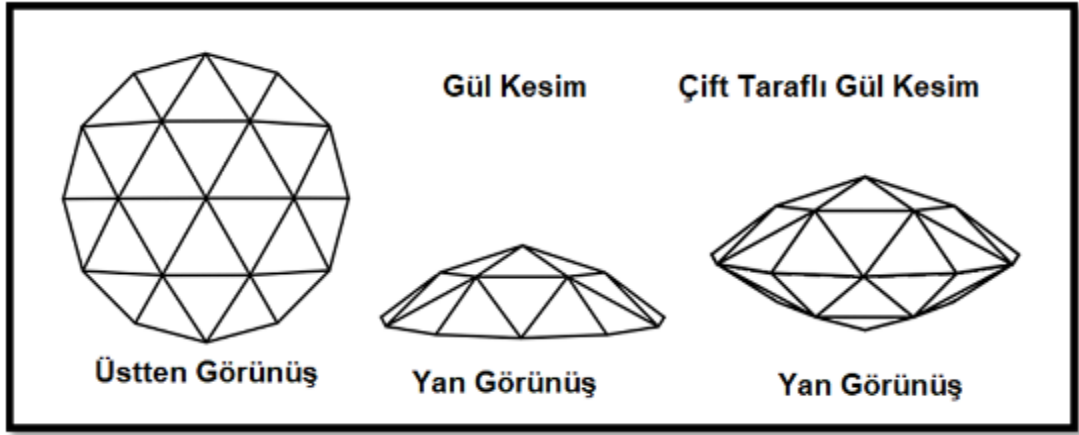
Kare şeklinde fasetler kenarlara paralel kesilir. Daha çok renkli sütaşlarının şekillendirilmesinde kullanılır. (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. (A) Kare Kesim(Url.24) (B-C) Numunelerden Kesilmiş Örnekler

E. Gül Kesimi (Rose Cut)

İlk dönem elmasların şekillendirilmesinde kullanılmış bir tekniktir. Bir yüzeyi düz fasetler sadece görünen yüzeydedir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Gül kesimi (Rose Cut) (Url.25)

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

6.1. Tartışma

Boksitler uygun iklim, topografya ve jeolojik zaman içerisinde alüminyumca zengin ve kolay ayrıışan kayaçlardan yüzey şartlarında çözünen bileşenlerin ortamdan uzaklaşması ile gerçekleşen hacim azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan kayaçlardır. Dolayısıyla bir boksit yatağının jenetik yorumunu yapmak için kaynak kayaç, ayrışma zamanı, ayrışma şartları, birikme ortamı, iklim, morfoloji, yüzey suları, ortamın pH'ı ve depolanma sonrasında geçirdiği değişimleri açıklamak gerekmektedir (Grubb, 1963; Bardossy ve Aleva, 1990; Oliviera ve Campos, 1991; Price ve ark., 1991, Hill ve ark., 2000, Temur ve ark., 2003).

Güncel boksit oluşumlarına göre modelleme yapan Price ve ark., (1997) lateritleşme ve boksit oluşumu için ana etkenin iklim olduğunu ileri sürmektedir. Araştırmacılar iklim modellemesi yaparak iki farklı tanım getirmektedir. Birinci modele göre aylık sıcaklık ortalama 22°C'nin üzerinde olmalı, yıllık toplam yağışın 1200 mm'nin ve 6 aydan fazla sürede ortalama yağışın en az 60 mm'nin üzerinde olması gerekir. Alternatif modelde ise en az 6 ay yağış buharlaşmadan fazla olmalı ve en az 8 ay ortalama sıcaklık 23°C'nin üzerinde gerçekleşmelidir.

Boksit oluşumu sırasında, iklim koşulları kimyasal elementlerin dokusal bileşenler arasındaki dağılımını da kontrol eder (Mongelli ve ark., 2015) . Genel olarak, SiO₂ çoğunlukla killi matriste yoğunlaşırken, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃ ve çoğu eser metal esas olarak ooidlerle ilişkilidir (Mongelli, 1997; Mongelli, 1999; Mongelli, 2002; Boni ve ark., 2013; Mongelli ve ark., 2014; Sinisi, 2018). Oolitik tip cevherin yaygın olması ise, cevher oluşumu sırasında sıcak, sık ve çalkantılı bir ortamın varlığını göstermektedir (Karadağ ve ark., 2003)

Diaspor pek çok metamorfik boksit yatağının ana bileşenini oluşturmakla birlikte metamorfizma geçirmemiş yataklarda da bulunabilmektedir. Ayrıca Vrace (Yugoslavya) boksit yataklarında her üç mineralin de birlikte bulunduğunu ve diasporun doğrudan kaolinitten türediğini belirten Sinkovec (1971), bu mineralin yüzey koşullarında da oluşabileceğini öne sürmektedir (Karadağ ve ark., 2003)

Değişik miktarlarda Al içeren kayaçların atmosferik koşullarda bozunması sonucunda önce gipsit oluşmaktadır (Keller, 1964; Grubb, 1973). Boksit yataklarında diaspor ve böhmitin bulunuşu diyajenez ve metamorfizma ile açıklanmaktadır.

Al-silikatların ayrışmasından sonra kaolinit, montmorillonit veya gipsitin oluşması tamamen ortamın Eh-pH değerleri, Al₂O₃/SiO₂ oranı ve çözücü miktarına bağlı

olarak değişmektedir. Kaolinitin oluşması için ortamın pH değerinin 4 ve ağırlık olarak Al_2O_3/SiO_2 oranının 1/2 olması, montmorillonitin oluşabilmesi için ortamın pH'nın 8-9 ve Al_2O_3/SiO_2 oranının 1/3 veya daha az olması gerekmektedir. Suyun az olduğu zamanlar gibsit, fazla olduğu zamanlar da ise killer ortaya çıkmaktadır (Seyhan, 1972). Bölgedeki boksit oluşumlarındaki Al_2O_3/SiO_2 oranı 1.0-61.3 arasında (ort.: 16.1) değişmektedir. Bu değişimin bölgedeki Al içeriği fazla olan killi/kırıntılı metamorfik-magmatik kayaçların boksit oluşumuna kaynaklık sağlaması ve zenginleşmenin birden fazla tekrarlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

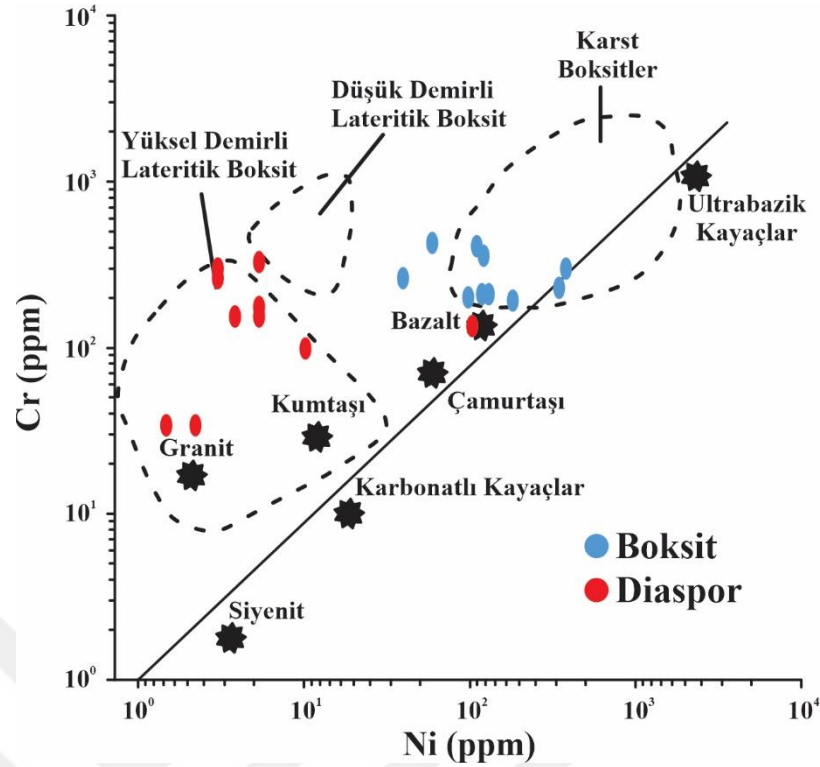
$Al_2O_3-H_2O$ sisteminde düşük sıcaklıklarda gibsit kararlı iken sıcaklık ve su buharı basıncı arttıkça böhmite, diaspor ve korunda dönüşmektedir. Bu sistemde Ervin ve Osborn (1951)'a göre 130 °C, Laubengayer ve Weiss (1943)'e göre 155 °C'nin altında gibsit kararlı iken, bu sıcaklığın üstünde böhmite kararlı hale geçtiği ifade edilmektedir (Karadağ ve ark., 2003). Parks (1972)'a göre ise suyun etkisinin az olduğu kurak mevsimlerde gibsitin yerine doğrudan böhmite ve diaspor oluşabildiğini belirtmiş, fakat sulu ortamlarda diaspor ve böhmite kararlı kalamayıp, gibsite dönüşebileceğini de ifade etmiştir. Ayrıca araştırmacıya göre, gibsit $\rightleftharpoons$ diaspor, gibsit $\rightleftharpoons$ böhmite ve böhmite $\rightleftharpoons$ diaspor dönüşüm reaksiyonlarının serbest enerjileri (AGo) sırasıyla 3.11, 3.06 ve 0.05 kcal/mol'dür. Gibsit'in böhmite veya diaspora, keza böhmitin diaspora dönüşüm reaksiyonlarının serbest enerjisinin çok küçük olması ve yüzey şartlarında bu reaksiyonların yavaş gerçekleşmesi nedeniyle bu üç mineral bazen birlikte bulunabildiği ifade edilmiştir (Karadağ ve ark., 2005). Bölgede gerçekleşen metamorfizmanın oluşum koşulları olarak 5-8 kb basınç ve 430-550 °C sıcaklık değerleri hesaplanmıştır (5 kb ve 530- 550°C Ashworth ve Evirgen, 1984; 8 kb ve 530°C Okay, 2001; 6 kb ve 430-550°C Whitney ve Bozkurt, 2002).

İnceleme alanında ayrıca boksit oluşumları ile birlikte pirit oluşumları (Damlıboğaz) da gözlenmiştir. Piritin varlığı ise atmosferik koşullarda ortamın Eh'nın -0.3'ün altında (indirgen) olduğunu göstermektedir. Ortam bazikten asidiğe doğru gittikçe bu değer -0.18'e kadar yükselmektedir (Temur ve ark., 2003).

Boksit oluşumu, temel kayaç litolojisinin doğası, bileşimi ve jeokimyası ile ilgili olabilir (Bardossy, 1982; MacLean ve Kranidiotis, 1987; Bardossy ve Aleva, 1990). Bu nedenle, bunların araştırılması/tanımlanması, boksit oluşum süreçlerini ve/veya boksit kökeninin belirlenmesinde kritik faktörlerdir (Özlü, 1983; Valetton ve ark, 1987; Liaghat ve ark., 2003; Mameli ve ark, 2007). Boksit oluşumu süreçleri sırasında ana ve eser elementlerin bir fraksiyonasyonu meydana gelmesine rağmen, hareketsiz elementlerin

dağılımı, özellikle Akdeniz bölgesindeki karst tipi boksit oluşumlarının genetik tarihini tahmin etmede etkili bir araç olarak incelenmiştir (Maksimovic & Panto, 1991; MacLean ve ark., 1997; Mongelli, 1997). Bardossy ve Aleva (1990), boksit yataklarında genel olarak Ga, Cr, Zr, V ve Nb'nin hareketsiz elementler olarak anahtar rol oynadığını, Sc, Th ve U'un ise ikincil öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Bol miktarda hareketsiz elementler, bir boksit oluşumunda ayrışma seviyesinin en üst kısmında zenginleşme gösterir ve hareketsiz elementlerin dağılımı, boksit yatağının tipinin anlaşılmasına ve boksitleşme süreçlerinde önemli göstergeler olan kaynak kayaların belirlenmesine yardımcı olabilir (MacLean ve ark., 1997). Ayrıca sedimanter kayaların kimyasal bileşimi, kıtasal kabuğun zaman içindeki jeolojik sürecin önemli bir göstergesidir. Çünkü bazı elementler, çökelim ortamlarına özel şartlar altında taşınırlar (Taylor ve McLennan, 1985). Bununla birlikte, kırıntılı çökellerin kimyasal bileşimi, kaynak alan bileşimi, paleo-havalandırma, sınıflandırma ve geri dönüşüm gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Mongelli ve ark., 2006; Perri ve ark., 2010). Bu nedenle kaynak araştırmaları yapılırken eser elementlere çok dikkat edilmelidir. Örneğin, silisli kırıntılı çökellerde (Wrafter ve Graham, 1989); Armstrong-Altrin ve ark., 2004) ve ayrıca boksitlerde (Mondillo ve ark., 2011; Boni ve ark., 2012; Putzolu ve ark., 2018) Cr ve Ni'nin bolluğu ve oranlarının (Ni/Cr) köken çalışmalarında yararlı göstergeler olduğu düşünülmektedir (Şekil 6.1).

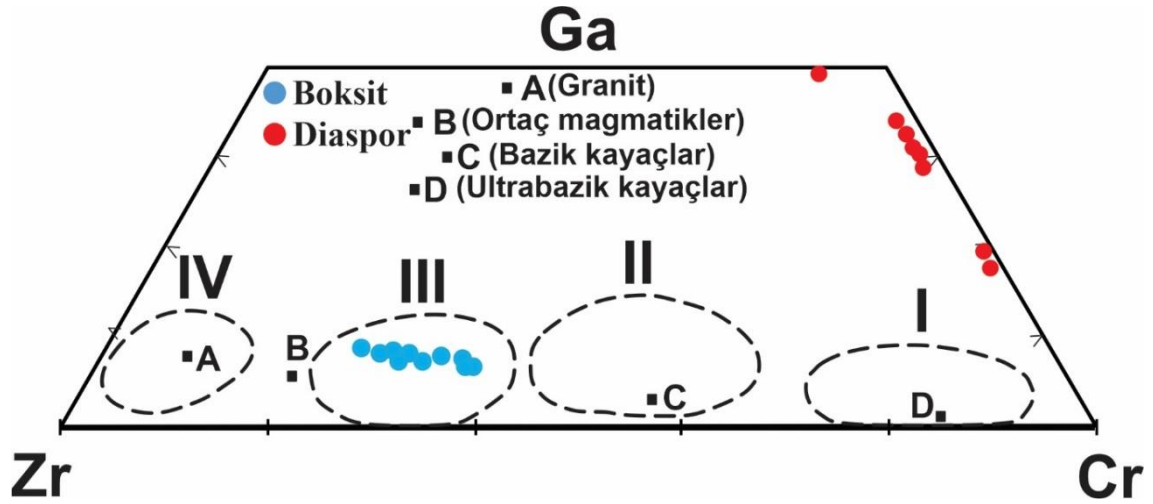
Bölgedeki boksit ve diaspor oluşumlarının olası kaynağı aydınlatmak için hareketsiz element bileşimleri (Cr, Zr, Ga, V, Ni, Nb vb) ve çeşitli diyagramlar kullanılmıştır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. İnceleme alanındaki Boksit-Diaspor oluşumlarının dağılımını gösteren Cr-Ni diyagramı (Schroll ve ark., 1968; Sinisi, 2018)

İnceleme alanından derlenen numunelerin Cr-Ni dağılımlarına göre boksit oluşumları karst boksit bölgesinde, diaspor oluşumları ise yüksek demirli boksit bölgesine düşmektedir. Böyle bir dağılım, bozunma sırasında Ni'nin jeokimyasal davranışından kaynaklanabilir. Bir boksit içindeki Ni konsantrasyonunun, demir oksihidroksitlerin varlığı ile ilişkili adsorpsiyon mekanizmalarından etkilenebilmesine rağmen, yoğun ayrışma sırasında Ni^{2+} iyonları olarak büyük ölçüde çözünür olduğu iyi bilinmektedir (Gaillardet ve ark., 2003; Sinisi, 2018). Ayrıca, boksit cevherlerinin dokusal özellikleri ile Ni içerikleri arasında önemli bir ilişki olduğunu gösterdiği ve Ni'nin ya tektonik streten etkilenmeyen cevherlerde tercihli olarak tutulduğunu ya da deforme edici olayların, daha fazla Ni mobilizasyonuna neden olan sıvı dolaşımının artmasından sorumlu olabileceği ifade edilmiştir (Buccione ve ark., 2016).

İnceleme alanındaki boksit ve diaspor numunelerinin Zr, Cr ve Ga içeriklerinin karşılaştırılmasında, boksit oluşumları (III) alanı içinde ortaç magmatik veya killi bileşime sahip bir ana kayaya sahip olduğunu göstermektedir. Diaspor oluşumları ise alanlar dışında ultrabazik-bazik özelliklere yakın veriler sunmaktadır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. İnceleme alanındaki boksit ve diaspor oluşumlarının ana kayaç(lar)ını gösteren Zr-Cr-Ga üçgen diyagramı (I-Ultramafik, II-Mafik, III-Ortaç magmatik (veya killi) ve IV-Asidik) (Özlü, 1983'ten)

Boksit oluşum sırasında ortamdaki pH değeri, NTE'lerin hareketliliği için baskın kontrol parametresi olarak ifade edilmekte ve NTE'lerin asidik koşullarda ayrılmasına/ayırışmasına ve alkali koşullarda birikmesine neden olduğu belirtilmektedir (Fleet, 1984). Sonuç olarak, boksitte NTE'lerin zenginleşmesi, evrimi sırasında alkali koşulların egemen olduğunun göstergesidir (Abedini ve Calagari, 2013; Sinisi, 2018).

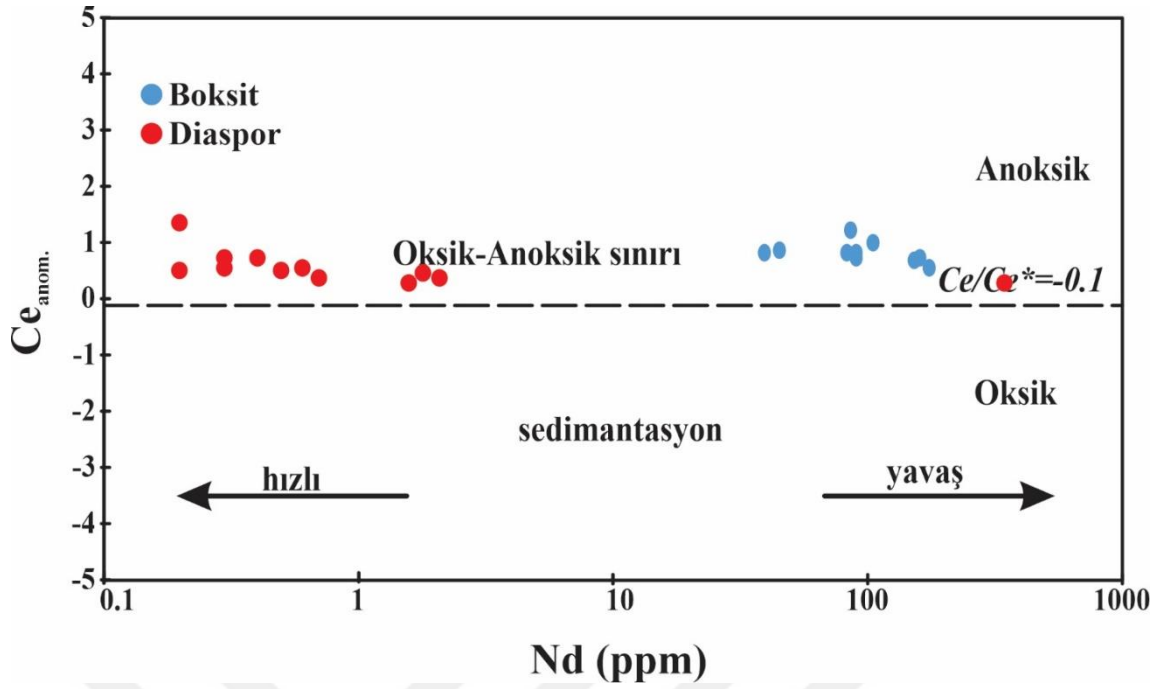
La/Y oranındaki değişimleri ölçmek, boksitleşme sırasında pH'daki değişiklikleri belirlemek için faydalı bir jeokimyasal araçtır (Ellahi ve ark., 2016). La/Y <1 değerleri asidik koşulların yaygınlığını, La/Y >1 değerleri ise alkali koşulları/ temel koşulları gösterir. Çalışma bölgesinden derlenen boksit numunelerinde La/Y oranının 1'in üzerinde değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Diaspor numunelerinde La/Y oranı Pınarcık (PI) bölgesinde 1'in üzerinde; Soda (SO) ve Yatağan (YA) bölgelerinde ise 1'in altında tespit edilmiştir. Bu verilere göre Boksit ve Pınarcık diaspor oluşumlarının alkali ortam şartlarında, Soda (SO) ve Yatağan (YA) bölgelerindeki diaspor oluşumlarının ise asidik ortam şartlarında oluştuğunu ifade edebiliriz.

İz elementler arasında NTE'lerin genel olarak sedimanter kayaçların (Taylor ve McLennan, 1985; Fedo ve ark., 1996; McLennan, 2001) ve özellikle bir boksit yatağının (Mongelli ve ark., 2016; Calagari ve Abedini, 2007; Mameli ve ark., 2007; Mongelli ve ark., 2014) kaynağını değerlendirmek için en uygun jeokimyasal araçlar olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Sinisi, 2018). NTE'lerin ayrışma süreçleri sırasında nispeten hareketsiz elemanlar olduğu düşünülmektedir (McLennan ve ark., 1993; Cullers, 2000; Corcoran, 2005). Ancak seryum (Ce), diğer nadir toprak elementlerine göre

parçalanabilir, çünkü bozuşma sırasındaki jeokimyasal davranışı redoks durumundaki değişikliklerden güçlü bir şekilde etkilenebilmektedir.

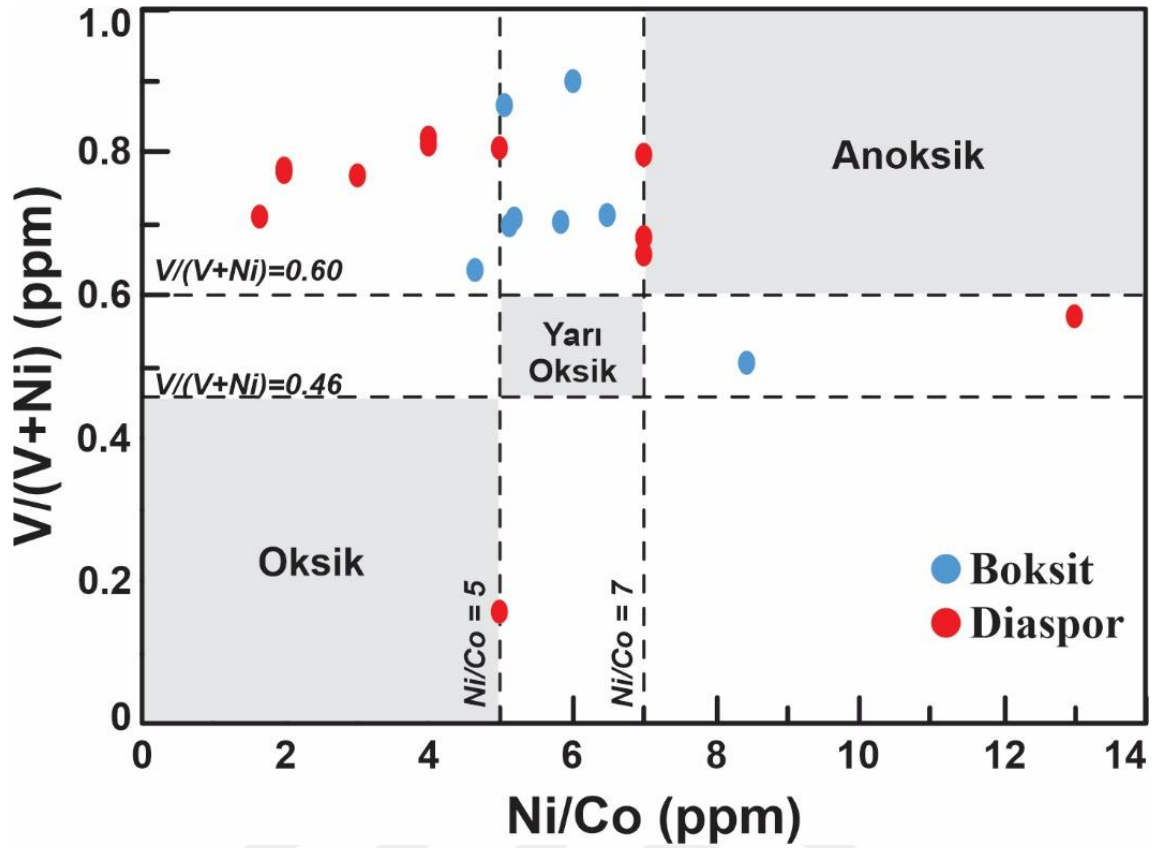
Sonuç olarak, altere olmuş/ayırışmış malzeme seryumca zenginleşebilir veya tükenebilir ve buna göre de pozitif veya negatif Ce anomalileri gösterebilmektedir. NTE'lerin çoğu için kararlı değerlik üç değerli olsa da, Ce'nin hava koşulları altında redoksa duyarlı olduğu ve dört değerlikli duruma oksitlendiği gösterilmiştir (Taylor ve McLennan, 1995; Ma ve ark., 2007, 2011). Lateritik profillerdeki ve boksitlerdeki pozitif Ce anomalilerinin Ce^{3+} ile Ce^{4+} redoks değişimine bağlı olarak serianit (CeO_2) çökmesiyle mineralojik olarak ilişkili olduğunu göstermiştir (Mongelli, 1997; Braun ve ark., 1990;). Ayrıca Ce^{4+} hidrolize eğilimlidir ve Fe ve Mn oksitler tarafından adsorpsiyondan sonra çökerek diğer NTE'lerden ayrıldığı ve bu etkinin Ce açığına yol açtığı ifade edilmektedir. İncelemelerde götit ve hematit izlerinin bulunması bölgenin oksik olduklarını ve bu nedenle Ce'nin muhtemelen dört değerlikli durumda olduğunu ve bu nedenle CeO_2 olarak çökeldiğini gösterdiği ifade edilmektedir (Yusoff ve ark., 2013). Böyle bir sürecin pozitif Ce anomalinin oluşumuna neden olduğu ifade edilmektedir (Sinisi, 2018). Ayrıca çalışmalarda genellikle bir redoks ortamını belirtmek için 0.78 (Ce) referans değeri olarak kabul edilmekte ve $Ce > 0.78$ pozitif bir anomali ve $Ce < 0.78$ negatif bir anomali olarak ifade edilmektedir (Ji ve ark., 2000; Zhang ve ark., 2020). Negatif Ce değerlerinin ise suboksik su kütlesi/deoksidize koşullar altında cevher oluşturma sürecinin muhtemelen olduğunu ifade etmektedirler (Cao ve Li, 2017)

$Ce_{anom}-Nd$ diyagramına göre, $Ce/Ce^* (Ce_{anom}-NASC) > -0.1$ ise, sedimanter depolanma ortamında cevherleşmelerinin olduğu veya depolandığı ortamdaki suyun oksijen bakımından yetersiz olduğunu, $Ce_{anom} < -0.1$ ise ortamdaki sedimanter suyun oksijen bakımından zengin olduğunu göstermektedir. İnceleme alanındaki Boksit cevherleşmelerinin Ce/Ce^* değerleri (NASC) ortalama 0.86, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 0.40 (PI), 0.54 (YA) ve 0.90 (SO) değerleri elde edilmiştir. Bu veriler ile bu oluşumların oksijen bakımından fakir bir ortamda (anoksik) ve boksit oluşum süreçlerinin yavaş, diaspor oluşum süreçlerinin ise hızlı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 6.3).



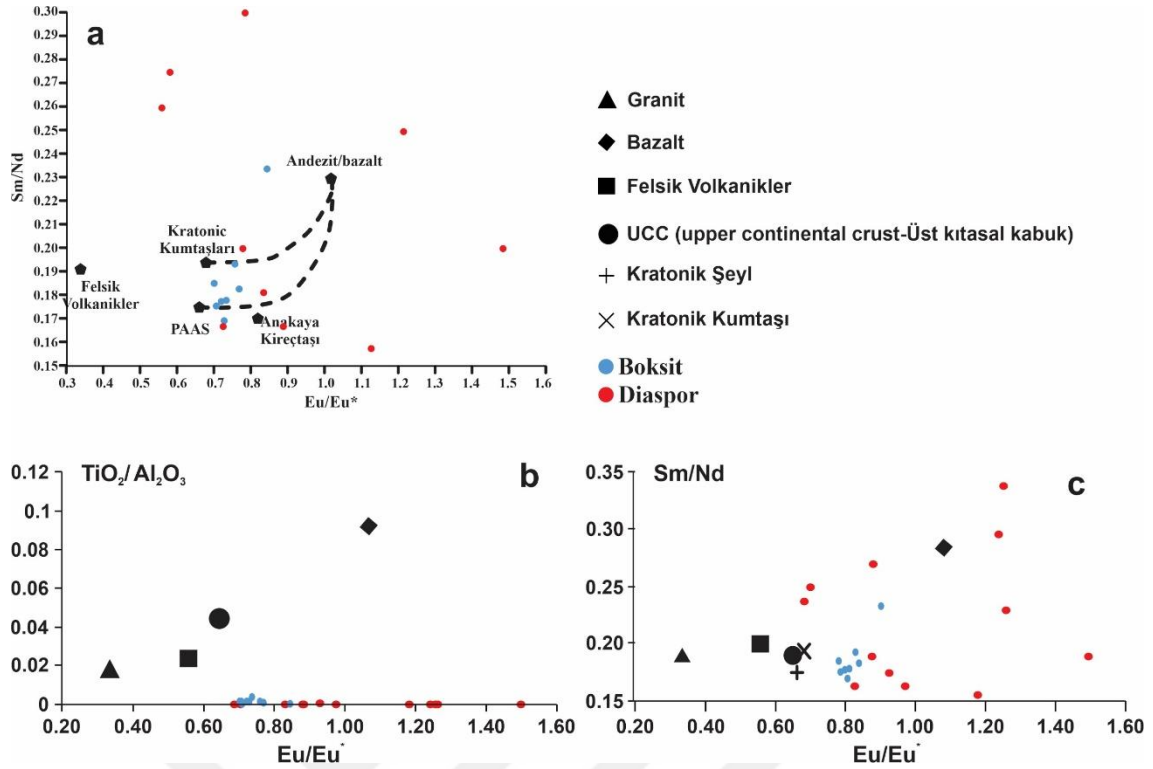
Şekil 6.3. Oksik, yarı oksik, anoksik ile redoks koşulları gösteren diyagramı (Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994)

İnceleme alanında ayrıca oksik, yarı oksik, anoksik ile redoks koşulları ortaya koymak için boksit ve diasporların $V/(V+Ni)$ ve Ni/Co diyagramı çizilmiştir (Şekil 6.4). Ni/Co oranlarının kayaçlarda < 5 olması oksijenli koşulları, > 5 olması, havzadaki killerin oluşumunda suboksik ve anoksik koşulları (oksijensiz), $V/(V+Ni)$ oranları (0.4-0.60) da dioksit koşulları yansıtmaktadır (Rimmer, 2004; Akinyemi ve ark., 2013). Bu veriler ışığında bölgedeki boksit oluşumları ağırlıklı olarak yarı oksik bölgesinde, diasporlar ise $V/(V+Ni)$ oranlarına göre anoksik bölgesinde yoğunlaşmıştır.



Şekil 6.4. Paleoredoks şartlarını gösteren $V/(V + Ni)$ (Hatch ve Leventhal, 1992).ve Ni/Co ; (Jones ve Manning ,1994) diyagramı (Rimmer, 2004)

İnceleme alanındaki boksit ve diaspor oluşumlarının kökeni belirlemek için ayrıca Eu anomalisi (Eu/Eu^*) ile Sm/Nd ve TiO_2/Al_2O_3 oranları arasındaki ilişkiler de kullanılmıştır. Eu anomalilerine benzer şekilde, Sm/Nd oranı da yoğun tropikal hava koşulları sırasında kimyasal farklılaşmanın bir indeksi olarak kullanılmaktadır (Viers, ve Wasserburg, 2004) (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Ortalama standart litolojiler arasındaki karşılaştırmayı hatlarını gösteren Sm/Nd'ye ve Eu/Eu* (a ve c) TiO₂/Al₂O₃ ve Eu/Eu* (b) diyagramı (Viers, ve Wasserburg, 2004)

Eu anomalisi, kimyasal farklılaşmanın bir indeksidir ve boksitleştirme (Mameli ve ark., 2007; Mondillo ve ark., 2011) sırasında kaynak alan(lar)da (McLennan ve ark., 1993; Cullers, 2000; Condie ve ark., 2001; Sinisi ve ark., 2014) açığa çıkan kabuğun oranını yansıtır. Negatif Eu/Eu* anomalileri, Archean sonrası kratonik çökellerin (Rudnick, 1992) jeokimyasal bir özelliği ve genellikle mafik kaynak kayalarla ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Sinisi, 2018). İnceleme alanındaki boksit oluşumları kratonik kumtaşları-PAAS-anakaya kireçtaşı arasındaki bölgede yoğunlaşmış, diaspor oluşumları ise dağınık bir yapı göstermektedir.

Eu anomalisi değerleri, kireçtaşlarının çökeltme ortamı gibi çeşitli jeokimyasal sistemlerin fizikokimyasal koşullarını anlamada büyük yardım sağlayabilir (Derry ve Jacobsen, 1990). Hidrotermal süreçlerden etkilenen kireçtaşlarında genellikle pozitif Eu anomalileri (PAAS'a normalize edilmiş) gözlenir (Siby ve ark., 2008; Madhavaraju ve Lee, 2009). Ayrıca yoğun diyajenez (Murray ve ark., 1991a; Nath ve ark., 1992), feldispat miktarındaki farklılıklar (Nath ve ark., 1992) ve rüzgar girdisi (Elderfield, 1988) pozitif etki yaratabilecek diğer faktörlerdir. Ayrıca Dai (1987) tarafından önerilen SHAB teorisine dayanarak, düşük oksijen fugasitesi altında, sulu sistemde CO, CH₄, S₂O₃²⁻, S²⁻ ve HS⁻ gibi bazı indirgenmiş türler artar. Böyle bir ortamda, Eu²⁺ yaygın olarak hüküm sürer ve kararlı Eu²⁺ kompleksi olarak çözeltide kalır ve bu nedenle Eu çökeltilerine dahil

edilmeye uygundur (pozitif anomali). Buna karşılık, daha yüksek oksijen fugasitesi altında, Eu^{3+} sulu sistemde baskındır ve çökmek için OH^- , SO_4^{2-} ve CO_3^{2-} (özellikle OH^-) gibi sert bazlara ihtiyaç duyar, sonuç olarak negatif Eu anomali düşünülebilir (Chen ve Zhao, 1997). Ayrıca, Abedini ve ark. (2016), güçlü negatif Eu anomalisinin, çözeltilerin daha yüksek $f\text{O}_2$ ve düşük pH'ı ile ilişkili olabileceğini öne sürmüştür (Abedini ve ark., 2019).

Eu anomali (Eu/Eu^*) değerlendirilmesinde Archean sonrası Avustralya Şeyli/Post-Archean Australian Shale (PAAS) =0.61; Archean sonrası üst kıtasal kabuk Post-Archean upper continental crust (UCC)=0.66 olarak kabul edilmektedir (Sinisi, 2018).

İnceleme alanındaki boksit cevherleşmelerinin Eu/Eu^* değerleri (PASS) ortalama 1.05, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 1.28 (PI), 1.41 (YA) ve 1.33 (SO) değerleri elde edilmiştir (Çizelge 6.5.). Bu veriler ile bu oluşumların/çözeltilerin muhtemelen uzak bir volkanik kaynaktan türeyen rüzgarla/su (?) ile taşınan magmatik malzemenin bir karışımı/ türetilen baskın kırıntılı malzeme ürünü (Menderes masifine ait magmatikler, şist-fillit ve mafik sokulumlar) olarak düşünülebilir.

Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu Alp-Himalaya orojenik kuşağında, Akdeniz bölgesi de dahil olmak üzere, Güneydoğu Fransa'dan İran'a kadar Permo-Triyas ve Geç Kretase (Senomaniyen-Turoniyen) aralığında çeşitli jeolojik oluşumlar meydana gelmiştir. Bu oluşumlar Tetis okyanusun evrimi ile yakından ilişkilidir. Türkiye'nin güneybatısında. Menderes Masifi'nde, bölgesel olarak metamorfizma/metazomatizma geçirmiş temel çekirdek kayaçlarını çevreleyen kalın tabakalı Mesozoyik metasedimanter tabakalara gömülü eski karstik cepleri/boşlukları temsil eden düzensiz şekilli merccekler ve budin benzeri yapılar olarak bulunmaktadır. Metamorfik derece ve mineral parajenez temelinde, Menderes Masifi'nin (GB Türkiye) güney ve batı kenarlarındaki metaboksitler: (i) diaspor açısından zengin metaboksit, daha düşük bir seviyede (dış bölge); ve (ii) korundca zengin metaboksit, daha yüksek bir tenörde (iç bölge şeklinde iki tipe ayrılmaktadır. Menderes platformunun evrimi; Geç Kretase'de kuzeye doğru eğimli, okyanus içi bir yitim boyunca Neo-Tetis okyanusunun kapanmasının başlamasıyla ilişkin çökme ve ofiyolitik kayaçların bindirme süreci ilgili olaylar olarak ifade edilmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1986, 2001; Göncüoğlu ve ark., 2000; Candan ve ark., 2005). Tektonik ve jeolojik evrimle ilgili olarak, Menderes Masifi'nin Mesozoyik platform istifleri çoğunlukla Geç Kretase zamanına kadar pasif bir kıta kenarı ile temsil edilir (Collins ve Robertson, 1999; Güngör ve Erdoğan, 2002). Neo-Tetis Okyanusu'nun

kuzeye bakan pasif kıtasal kenarında oluşmaya başlayan platform tipi karbonatlar ile orta ve/veya killi kayaçlar (muhtemelen şeyl) çökelimi, esas olarak Geç Triyas ve Geç Kretase arasında birikmiştir. Daha sonra, Neo-Tetis okyanusunun kapanmasına bağlı doğrultu atımlı faylanma nedeniyle, platform karbonatlarının ve Menderes platformunun ara magmatik ve/veya killi kayaçlarının birikmesinden hemen sonra karstlaşma ve boksit oluşumu meydana geldiği ve deniz seviyesinin üzerine çıktığı ifade edilmiştir. Gondwana'dan türetilen kıtasal bloklarda veya mikroplakalarda hakim olan elverişli sıcak ve nemli iklim koşulları lateritik boksitlerin oluşumuna neden olmuştur (Alavi, 2004; Zarasvandi ve ark., 2008; Aydoğan ve Moazzen, 2012).

Menderes Masifi metaboksitleri, Mesozoyik Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun kuzeye bakan pasif kıta kenarında, ağırlıklı olarak platform tipi karbonat istifinden oluşan intrakarstik bir ortamda oluşmuştur. İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca uzanan nap sistemleri tektonik olarak güneye doğru karst boksit içeren Menderes platformuna itilmiştir. Böylece güneye doğru yönelen bu nap yerleşimlerinin (Erdoğan ve Güngör, 2004) yükünün altındaki platform gömülmüş ve platform tipi kayalar yatar şekilde katlanmıştır. Jeolojik ve jeokronolojik veriler, Menderes Masifindeki Alpin metamorfizmanın yaşı Geç Paleosen-Orta Eosen olarak belirlenmiştir (Aydoğan ve Moazzen, 2012). Ayrıca Yalçın ve ark. (1993), bölgesel metamorfizma için 440°C'lik bir sıcaklık ve ~5 kbar'lık bir basınç tahmin etmiştir. 2700 kg m⁻³ üst kabuk kayalarının ortalama yoğunluğu dikkate alındığında 18 km. Bu, 440°C'lik tepe metamorfik sıcaklık hesaba katılırsa, ~25°C km⁻¹'lik bir termal gradyan gösterdiğini belirtmiştir. Bu termal gradyan ise, Barroviyen veya Dalradiyen tipi metamorfizmaya karşılık gelmektedir (Kornprobst, 2003; Aydoğan ve Moazzen, 2012). Sonuç olarak, karst boksitler, Orta Eosen sırasında daha olası olan 'Ana Menderes Metamorfizması'nın bir sonucu olarak ~5–10 kbar basınç ve 500–600°C sıcaklık altında metamorfizmaya uğramışlardır ve bu dönem aynı zamanda ofiyolit bindirme zamanı olarak ifade edilmiştir. (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve diğerleri, 1984; Candan ve diğerleri, 2001; Temur ve ark., 2003; Aydoğan ve Moazzen, 2012).

Bölgedeki boksitlerin ise tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5 -10 kb basınç ve 500 - 620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gipsit ve böhmitle diaspor ve korunda dönüşürken demirli bileşikler manyetite, killer de muskovit ve kloritoyid gibi minerallere dönüştüğü düşünülmüştür (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve ark., 1984; Candan ve ark., 2001;

Temur ve ark., 2003). Ayrıca diasporun yaklaşık 420°C sıcaklık şartlarında metamorfizma ile korunda dönüşmeye başladığı ifade edilmektedir (Ramdohr ve Sturnz, 1978).

Diaspordaki renk değişimi ise aleksandritteki kadar kuvvetli olmamakla beraber çıplak gözle bile rahatlıkla izlenebilir ve bu özelliğin diasporun içinde eser halde bulunan Cr elementi tarafından oluşturulduğu düşünülmektedir (Gems&Gemology, 1994). Gemolojide, bu hatalar mineralin “renk merkezi” olarak tanımlanır (Read, 1997). Diasporda bu özelliğin aleksandritteki kadar kuvvetli olmaması Cr’un azlığından kaynaklanmaktadır (Lüle, 1998). Ancak İçözü (2001), yaptığı çalışmada içerikte vanadyumun da bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca bunlara ek olarak titanyum da bulundurmaktadır (Gem gemmology, 1994). Diaspor kristalinde ise yeşil rengi Fe vermektedir, keza Mn’ın da kahverengimsi pembe renkler verdiği bilinmektedir (Duroc-Danner, 1987).

Renk değiştiren diasporda, Cr^{3+} , V^{3+} ve $Fe^{2+}-Ti^{4+}$ çiftleri kromoforlardır ve bunların hepsi yaklaşık 560-580 nm’de bir absorpsiyon alanı içerir. Bu kromoforların tümü, renk değiştirme etkisine neden olmada rol oynadığı söylenmekte (Shen ve Lu, 2019) YA-2 ve YA-3 numunelerinde renklenmeye sebebiyet verdiğini düşündürmüştür. Ayrıca bu numunelerde ΣMNT ve $\Sigma ANTE$ değerlerinin yüksek olması ve aynı zamanda $\Sigma ANTE > \Sigma MNT$ özellik göstermesi renklenme neden olduğu düşündürmüştür.

6.2. Sonuçlar

✓ Bölgedeki boksit oluşumlarındaki SiO_2 - Fe_2O_3 - Al_2O_3 diyagramına göre ferrik boksit grubuna düşmektedir. Ayrıca boksitlerdeki Al_2O_3/SiO_2 oranı 1.0-61.3 arasında (ort.: 16.1) değişmektedir. Bu değişimin bölgedeki Al içeriği fazla olan killi/kırıntılı metamorfik-magmatik kayaların boksit oluşumuna kaynaklık sağlaması ve zenginleşmenin birden fazla tekrarlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

✓ Yapılan Sem görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda Soda Yatağan ve Pınarcık bölgesi numunelerde ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği görülmüş, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg’nin varlığında tespit edilmiştir.

✓ İnceleme alanındaki boksit ve diaspor oluşumlarının olası kaynağı aydınlatmak için Cr-Ni dağılımlarına göre boksit oluşumları karst boksit bölgesinde, diaspor oluşumları ise yüksek demirli boksit bölgesine düşmektedir. Böyle bir dağılım, bozunma sırasında Ni’nin jeokimyasal davranışından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca boksit

ve diaspor numunelerinin Zr, Cr ve Ga içeriklerinin karşılaştırılmasında, boksit oluşumları (III) alanı içinde ortaç magmatik veya killi bileşime sahip bir ana kayaya sahip olduğunu göstermektedir. Diaspor oluşumları ise alanlar dışında ultrabazik-bazik özelliklere yakın veriler sunmaktadır.

✓ Diaspordaki renklenmeye, NTE ($\Sigma ANTE > \Sigma MNTE$) ile kromofor özellikteki (Cr^{3+} , V^{3+} ve $Fe^{2+}-Ti^{4+}$ çiftleri) elementlerin sebebiyet verdiği düşünülmüştür.

✓ Boksit oluşum sırasında pH'daki değişiklikleri belirlemek için La/Y oranındaki değişimler kullanılmış ve boksit numunelerinde La/Y oranının 1'in üzerinde değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Diaspor numunelerinde La/Y oranı Pınarcık (PI) bölgesinde 1'in üzerinde; Sodra (SO) ve Yatağan (YA) bölgelerinde ise 1'in altında tespit edilmiştir. Bu verilere göre Boksit ve Pınarcık diaspor oluşumlarının alkali ortam şartlarında, Sodra (SO) ve Yatağan (YA) bölgelerindeki diaspor oluşumlarının ise asidik ortam şartlarında oluştuğunu ifade edebiliriz.

✓ İnceleme alanından derlenen numunelerin $Ce_{anom}-Nd$ verilerine göre, Boksit cevherleşmelerinin Ce/Ce^* değerleri (NASC) ortalama 0.86, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 0.40 (PI), 0.54 (YA) ve 0.90 (SO) değerleri elde edilmiştir. Bu veriler ile bu oluşumların oksijen bakımından fakir bir ortamda (anoksik) ve boksit oluşum süreçlerinin yavaş, diaspor oluşum süreçlerinin ise hızlı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca $V/(V+Ni)$ ve Ni/Co diyagramına göre ise, bölgedeki boksit oluşumları ağırlıklı olarak yarı oksik bölgesinde, diasporlar ise $V/(V+Ni)$ oranlarına göre anoksik bölgesinde yoğunlaşmıştır.

✓ Çalışma alanındaki boksit ve diaspor oluşumlarının kökeni belirlemek için ayrıca Eu anomalisi (Eu/Eu^*) ile Sm/Nd ve TiO_2/Al_2O_3 oranları arasındaki ilişkiler de kullanılmış ve boksit oluşumlarının kratonik kumtaşları-PAAS-anakaya kireçtaşı arasındaki bölgede yoğunlaştığı, diaspor oluşumlarının ise dağınık bir yapı gösterdiği belirlenmiştir.

✓ İnceleme alanındaki Boksit cevherleşmelerinin Eu/Eu^* değerleri (PASS) ortalama 1.05, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 1.28 (PI), 1.41 (YA) ve 1.33 (SO) değerleri elde edilmiştir. Bu veriler ile bu oluşumların/çözeltilerin muhtemelen uzak bir volkanik kaynaktan türeyen rüzgarla/su (?) ile taşınan magmatik malzemenin bir karışımı/ türetilen baskın kırıntılı malzeme ürünü (Menderes masifine ait magmatikler, şist-fillit ve mafik sokulumlar) olarak düşünülebilir.

✓ Bölgedeki boksitlerin ise tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5 -10 kb basınç ve 500 - 620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gibsit ve böhmitler diaspor ve korunda dönüşürken demirli bileşikler manyetite, killer de muskovit ve kloritoyid gibi minerallere dönüştüğü düşünülmüştür. Ayrıca boksit oluşumları ile birlikte gözlenen pirit oluşumlarının ise atmosferik koşullarda ortamın Eh'nın -0.3'ün altında (indirgen) olduğunu göstermiştir.

✓ Yapılan çalışmalar sonucunda inceleme alanında daha önceden literatürde yer almayan Sodra ve Yatağan diaspor oluşumları tespit edilmiştir.

✓ Yatağan ve Sodra diaspor oluşum bölgelerinden derlenen numunelerin bir kısmının fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından süstaşı nitelikleri taşıdıkları görülmüş ve bu numuneler içerisinde toplanan şekillendirmeye uygun kristaller faset işlemeye tabi tutularak iyi cila aldıkları görülmüş, camsı parlaklığa ulaştıkları gözlenmiştir.

✓ Diaspor mineralinin Süstaşı kalitesindeki en iyi örneklerinin ülkemizde bulunması ve önemli bir yeraltı zenginliği sunmasından dolayı bu çalışma, hak ettiği değeri kazanması açısından önemli olacaktır.

✓ Bölgede bulunan bu yeni Diaspor yataklarının literatüre eklenmesiyle birlikte elde edilen veriler yeni diaspor yataklarının tespitinde önem arz edecektir.

✓ Diaspor kristallerinin yüzde 60'a varan miktarlarda fire verdiği tespit edilmiş bunun ise dilinim yapısından kaynaklandığı görülmüştür.

✓ Kesiminin dilinim yapısından ötürü oldukça zor olmasından dolayı işçiliğinin de ülkemizde yapılması süstaşı sektörüne katma değer yaratacağı düşünülmektedir.

✓ Şeffaf olan örneklerin faset kesim usullerine göre kesilmesi katma değer olarak çok yüksek kazanç sağlayacaktır.

✓ Opak ve yarı-şeffaf numuneler ise kabaşon şekillen işlendikleri takdirde fire miktarı minimum düzeyde kalacaktır.

✓ Yatağan bölgesindeki renklenmenin farklı olması ve ikizlenmenin daha görünür olması dolayısıyla ekonomik getirisinin yüksek olacağı düşünülmektedir.

✓ Son yıllarda artan Diaspor karat fiyatları (Londra da tasarlanan 96 karatlık bir diaspor mücevhere 1,5 milyon dolar değer biçilmiştir. Rosen, 2019) ile birlikte madencilik faaliyetleri artacak bu da sektöre olan ilgiyi artıracaktır.

✓ Yükselen fiyatlar eksenin de ve yapılan arazi çalışmaları esnasında da gözlemlendiği üzere resmi madencilik faaliyetleri haricinde yetkisiz kişiler tarafından da diaspor minerali toplanmakta ve bu durum kayıt dışılığı artırmaktadır.

✓ Kayıtdışılığın önüne geçmek için bölge insanını mineral toplayıcılığından ziyade madencilik faaliyetinde bulunan firmaların öncülüğünde süstaşına işlemeciliğine yönlendirmek hem diaspor hemde bölge ekonomisi açısından faydalı olacaktır.



KAYNAKLAR

- Abedini, A.; Calagari, A.A., 2013, Geochemical characteristics of Kanigorgeh ferruginous bauxite horizon, West-Azarbaidjan province, NW Iran. *Period. Mineral.* 82, 1–23.
- Abedini, A., Calagari, A.A. and Naseri, H., 2016, Mineralization and NTE geochemistry of hydrothermal quartz and calcite of Helmesi vein-type copper deposit, NW Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 281, 123–134. DOI: 10.1127/njgpa/2016/0591.
- Abedini, A., Habibi Mehr, M., Khosravi, M. and Calagari, A.A., 2019, Geochemical characteristics of the karst-type bauxites: an example from the Kanirash deposit, NW Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 12: 475,.
- Abedini, A., Khosravi, M., 2020, Geochemical constraints on the Triassic–Jurassic Amir-Abad karst-type bauxite deposit, NW Iran, *Journal of Geochemical Exploration* 211, 106489, Elsevier, 15 p.
- Alavi, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *Am. J. Sci.*, 304, 1–20.
- Anonym, 2020, *Sapphire Quality Factors* [Online], <https://www.gia.edu/sapphire-quality-factor>, [Ziyaret Tarihi:22 Haziran 2019].
- Arkhangelski, A. D., 1937, Types of bauxite and their genesis in the USSR. In: *Transactions of the Conf. on Iron, Manganese and Aluminium Ore Genesis*. Izd. AN SSSR Moscow.
- Armstrong-Altrin, J.S.; Lee, Y.I.; Verma, S.P.; Ramasamy, S., 2004, Geochemistry of sandstones from the upper Miocene Kudankulam formation, southern India: Implications for provenance, weathering, and tectonic setting. *J. Sediment. Res.*, 74, 285–297.
- Ashworth, JR., Evirgen, MM., 1985a, Plagioclase relations in pelites, central Menderes Massif, Turkey. I. The periterite gap with coexisting kyanite. *J Met Geol* 3: 207–218.
- Aydoğan, M., Moazzen, M., 2012, Origin and metamorphism of corundum-rich metabauxites at Mt. Ismail in the Southern Menderes Massif. *SW Turk Resour Geol* 62(3):243–262.
- Akartuna, M., 1962, İzmir, Torbalı, Seferihisar, Urla bölgesinin jeolojik etüdü, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, Tabii İlimler Kısım, 49 s.
- Akartuna, M., 1965, Über die Geologie der Umgebung nördlich der Linie Aydın-Nazilli. *Bull Mineral Res Expl Ins Turk* 65: 1–11.
- Akat, U., 1975, Menderes Masifi batısının (Söke-Selçuk-Tire arasındaki bölgenin) jeolojisi. *MTA Rapor No.* 6952.

- Akkök, R., 1983. Structural and metamorphic evolution of the northern part of the Menderes Massif: New data from the Derbent area and their implication for the tectonics of the massif. *Journal Geology.*, 91, 342-350.
- Alkanoğlu, E., 1978, Geologisch-petrographische und geochemische Untersuchungen am Südostrand des Menderes- Massivs in West- Anatolien/Türkei: Ph. D. Thesis, University of Bochum, West Germany (unpublished).
- Aleva, G.J.J., 1994. Laterites: Concepts, Geology, Morphology and Chemistry. ISIRC, Wageningen, 169 p.
- Alp, A., 1996, Muğla boksitlerinden alumina üretiminde verimlilik koşullarının incelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 89 s.
- Altingoz, M., Smith, N.M., Duzgun, H.S., Syvrud, P.F., Ali, S.H., 2019, Color and local heritage in gemstone branding: A comparative study of blue zoisite (Tanzanite) and color-change diaspore (Zultanite/Csarite), Elsevier, The Extractive Industries and Society 6, 1030–1039, 10 p.
- Altinoğlu, F.F., 2012, Batı Anadolu tektoniğinin jeofizik yöntemlerle incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 244 s.
- Ashworth, J.R. and Evirgen, M.M., 1984, Granat and associated minerals in the southern margin of the Menderes massif, southwest Turkey: *Geological Magazine*, 121, 323-337.
- Atalay, Z. 1980. Muğla-Yatağan ve yakın dolay karasal Neojenin stratigrafi araştırması. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 23, 93-99
- Ayan, M., 1973, Gördes Migmatitleri, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Bülteni, 81, 132-155.
- Aydogan, M.S., 2001, (Muğla-Yatağan) Elmacık köyü İsmail Dağı civarındaki zımparaların araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 53 s.
- Ayhan, A. ve Karadağ. M., 1985, Şarkikaraağaç (Isparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve de- mirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumu: *TJK. Bült.*, C. 28. 137-146.
- Ayrton, S. Vernet, J.P. ve Woodtli, R., 1966, Türkiye'nin Güneybatısında, Muğla Bölgesinde Bulunan Diasporlu Kayaçların Mevcudiyeti Hakkında, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, No.67, s.89-92.
- Bağcı, M., 2006, Kozağaç-Kalınağıl (Muğla) Mermerlerinin Jeolojisi, Teknik Analizi ve Maden Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 241 s.

- Bárdossy, G., 1982, Karst Bauxites, Bauxite Deposits on Carbonate Rocks. Elsevier Science and Technology Books, pp. 1–441.
- Bárdossy, G. ve Aleva, J.Y.Y. 1990, Lateritic Bauxites. Developments in Economic Geology 27, Elsevier, Amsterdam.
- Barut, İ., Eroskay, O., Özer, N. 2001, Milas-Ekinambarı ve Savran Tuzlu Karst Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Araştırılması. Tübitak Araştırma Projesi. Proje No: YDABÇAĞ-588/A.
- Başarır, E., 1970, Bafa Gölü doğusunda kalan Menderes Masifi güney kanadının jeolojisi ve petrografisi (The petrology and geology of the southern flank of the Menderes Massif east of the Bafa Lake). Ege Üni. Fen Fak. İlmi raporlar Serisi (Scientific Reports of the Faculty of Science, Ege University) No. 102, 44 pp.
- Başarır, E., 1975, Çine güneyindeki metamorfitlelerin petrografisi ve bireysel indeks minerallerinin doku içerisindeki gelişimleri. Doçentlik Tezi, Ege Üni. Fen Fak.
- Başarır, E., ve Konuk, Y.T., 1981, Gümüldür yöresinin kristalin temeli ve allohton birimler. Türk. Jeoloji Kurumu Bült., 24, 95-100.
- Başarır, E., 1982, Bağarası (Söke) bölgesindeki metamorfik kayaçların tektonik konumu ve petrografisi (Tectonic setting and petrography of the metamorphic rocks of the Bağarası (Söke) region). Doğa Bilim Dergisi, Temel Bilimler, 6, 1.
- Bhagat, R.P., Banerjee, B., Saha, P., Mukherjee, B.J., 2006, Dry Magnetic Separation of Bauxite Ore, Proceedings of the International Seminar on Mineral Processing Technology, Chennai, India. pp. 328 - 333.
- Bingöl, E., Delaloye, M. ve Ataman, G., 1982. Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area. Eclogia Geologica Helvetica, 75, 437-446.
- Birol, B. Ve Sarıdede, N.M., 2006, Özel Alüminalar Alüminyum Hidroksit ve Aktif Alüminalar, *Metalurji*, s.15-20.
- Boni, M., Reddy, S.M., Mondillo, N., Balassone, G., Taylor, R.A., 2012, A Distant magmatic source for Cretaceous karst bauxites of southern Apennines (Italy) revealed through SHRIMP zircon age dating. Terra Nova 24: 326-332. doi: 10.1111/j.1365-3121.2012.01068.x
- Boni, M.; Rollinson, G.; Mondillo, N.; Balassone, G.; Santoro, L., 2013, Quantitative mineralogical characterization of karst bauxite deposits in the Southern Apennines, Italy. Econ. Geol., 108, 813-833.
- Bozkır, Y., 2007, Çarıksaraylar ile Kozluca (Şarkikaraağaç-Isparta) arasındaki boksitlerin NTE'leri ve oluşum şartları. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

- Bozkurt, E., Park, R.G., and Winchester, J.A., 1993, Evidence against the core/cover interpretation of the southern sector of the Menderes Massif, west Turkey. *Terra Nova*, 5, 445-451.
- Bozkurt, E., Park, R.G., 1994, Southern Menderes Massif; an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 151, 213-216.
- Bozkurt, E., 1996, Metamorphism of Palaeozoic Schists in Southern Menderes Massif: Field, Petrographic, Textural and Microstructural Evidence, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 105-121.
- Bozkurt, E., 2004. Granitoid rocks of the southern Menderes Masif (southwestern Turkey): field evidence for Tertiary magmatism in an extensional shear zone, *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 93:52–71.
- Bozkurt, E., Sözbilir, H., 2004. Tectonic evolution of the Gediz Graben: field evidence for an episodic, two-stage extension in western Turkey. *Geol. Mag.* 141 (1), 63-79.
- Braun J.J., Page, M., Muller, J.P., Bilong, P., Michard, A. and Guillet, B., 1990, Cerium anomalies in lateritic profiles; *Geochim. Cosmochim. Acta* 5 781–795.
- Britt. A., 2013, Australia's Mineral Resource Assessment 2013, Geoscience Australia.
- Buccione, R.; Mongelli, G.; Sinisi, R.; Boni, M., 2016, Relationship between geometric parameters and compositional data: A new approach to karst bauxites exploration. *J. Geochem. Explor.*, 169, 192–201.
- Bush, W.V. ve Chandler, A.K., 2007, History of Bauxite in Arkansas, Arkansas Geological Survey, 501-296-1877.
- Bushinsky, G. I., 1971, Geology of bauxites. *Izd. Nedra Moscow* pp 1-366 (Second edition 1975).
- Calagari, A.A.; Abedini, A., 2007, Geochemical investigations on Permo-Triassic bauxite deposit at Kanisheeteh, east of Bukan, Iran. *J. Geochem. Explor.*, 94,1-18.
- Cao, J., Li, H., 2017, Metallogenic mechanism of Pingguo bauxite deposit, western Guangxi, China: Constraints from NTE geochemistry and multi-fractal characteristics of major elements in bauxite ore, *Journal of Central South University*, 1627-1636
- Candan et al., 1994, Göttingen *Abr. Geol. Paläont. Sb.* 1 5. Symposium TSK, 217-220.
- Candan, O., 1996a. Aydın - Çine Asmasifindeki (Menderes Masifi) gabroların metamorfizması ve diğer asmasiflerle karşılaştırılması. *Turkish Journal of Earth Science*, 5, 123-139.

- Candan, O., ve Dora, Ö., 1998. Menderes Masifi'nde granulit, eklojit ve mavi şist kalıntıları: Pan-Afrikan ve Tersiyer metamorfik evrimine bir yaklaşım. Türkiye Jeoloji Bülteni, 41/1, 1-35.
- Candan ve Çetinkaplan, M., 2001. Menderes masifi'ndeki eklojit / epidot-mavi şist fasiyesi metamorfizması ve Kikladik kompleksle karşılaştırması. YDABÇAG-495 nolu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu projesi. 182 s. (yayımlanmamış).
- Candan, O., Çetinkaplan, M., Oberhansli, R., Rimmele, G. And Akal, C., 2005, Alpine high pressure/Low temperature metamorphism of Afyon Zone and implication for metamorphic evolution of western Anatolia, Turkey. Lithos, 84, 102–124.
- Candan, O., Dora, Ö., Oberhansli, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J.H., Warkus, F.C., Dürr, S., 2001, Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, western Anatolia, Turkey. International Journal Earth Sciences, 89, 793-811.
- Caner, G., 1971, Boksitin Bileşimine Giren Kimyasal Elementler Ve Bu Elementlerin Teşkil Ettikleri Mineraller, Bilimsel Madencilik Dergisi, No. 10(5), s.13-20.
- Canimoğlu, A., Garcia-Guinea, J., Correcher, V. And Karabulut, Y., 2014, Luminescent, Structural, and Thermal Properties of the Unusual ``Anatolian" Diaspore (Zultanite) from Turkey, Spectroscopy Letters, V.47, p.292-300
- Catlos, E.J. ve Çemen, İ., 2005. Monazite ages and the evolution of the menderes Massif, western Turkey. International Journal of Earth Sciences, 94, 204-217.
- Cebeci, A., 2007, Muğla Diasporitinin Termal Özelliğine Mekanik Aktivasyonun Etkisi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98 s.
- Chen, Y.J. and Zhao, Y.C., 1997, Geochemical characteristics and evolution of NTE in the Early Precambrian sediments: Evidences from the southern margin of the North China Craton. Episodes, 20, 109-116.
- Climate Data, 2020, Muğla İli Sıcaklık ve Yağış Verileri.
- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 1997. Lycian melange, southwestern Turkey: an emplaced Late Cretaceous accretionary complex. Geology 25:255-258
- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 1998. Processes of Late Cretaceous to Late Miocene episodic thrust-sheet translations in the Lycian Taurides, SW Turkey. Journal of the Geological Society of London 155, 759–772.
- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 1999. Evolution of the Lycian Allochthon, western Turkey, as a north-facing Late Palaeozoic to Mesozoic rift and passive continental margin. Geological Journal 34, 107–138.

- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 2003. Kinematic evidence for Late Mesozoic-Miocene emplacement of the Lycian Allochthonous over the Western Anatolide Belt, SW Turkey. *Geol. J.*, 2003, 38, 295–310.
- Combes, P. J., 1973, Études géologique sur les conditions de mise en place d'une bauxite allochtone à substratum carbonaté. ICSOBA 3rd Congr. Int. Nice pp 89-108.
- Condie, K.C.; Lee, D.; Farmer, G.L., 2001, Tectonic setting and provenance of the Neoproterozoic Uinta Mountain and Big Vottonwood groups, northern Utah: Constraints from geochemistry, Nd isotopes, and detrital modes. *Sediment. Geol.*, 141, 43-464.
- Corcoran, P.L., 2005, Recycling and chemical weathering in tectonically controlled Mesozoic-Cenozoic basins of New Zealand. *Sedimentology*, 52, 757-774.
- Cullers, R.L., 2000, The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos*, 51, 181-203.
- Çağlayan, A., Öztürk, E.M., Öztürk, S., Sav, H., and Akat, U., 1980, Menderes masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum (New data on the southern part of the Menderes massif and a structural interpretation): *Jeoloji Mühendisliği*, v. 10, p. 9-17.
- Çavdar, B., Bayrakçioğlu B.D., Aral, Z.D., Ersoy, G.G., 2020, Sierra Leone Cumhuriyeti'nin yeraltı zenginlikleri ve aramacılık potansiyelinin değerlendirilmesi, *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 30: 123-145.
- Çiftçi, 2010, Datça (Muğla) ve Yakın Dolayının Jeolojisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 103 s.
- Çoban, E., 2013, Karya bölgesi (Muğla) antik süstaşlarının mineralojik ve gemolojik açıdan araştırılması ve bölgedeki mineral ve kayaçlarla ilişkisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Doğal Yapı Taşları ve Süs Taşları Anabilim Dalı, 65 s.
- Dannat, C., 1997. Geochemie, geochronologie und Nd-Sm Isotopie der granitoiden Kerngneiss des Menderes Massivs, SW-Turkey. PhD thesis, Johannes Gutenberg Universität Mainz.
- Dannat, C. ve Reischmann, T., 1998. Single zircon ages of migmatites from the Menderes Massif, SW Turkey. Program des Workshops 'Das Menderes Massif (Türkei) und seine nachbargebiete'. Mainz, Germany.
- Dai, A.B., 1987, Coordination Chemistry. Science Press, Beijing, 870 pp.,
- Dao, Q.N., Delaigue, L., 2000, Raman Micro-Spectrometry And Its Applications To The Identification Of Inclusions In Natural Rubies, *Analisis*, 28, 34-38

- Darbaş, G. ve Gül, M. 2017, Dalaman-Ortaca-Göcek (Muğla-GB Türkiye) Dolaylarının Stratigrafisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 20, Sayı 4, 60 – 73.
- Değerli, S., 2002, Bayer Süreçinin Ara Atık Ürünü Olan Alüminyum Hidroksit Kabuğundan Aktif Alümina Eldesi, Y. Lisans Tezi, *Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı*, YTÜ.
- Deer, A. W., Howie, R. A., Zussman, J., 2013, An Introduction to the Rock-Forming Minerals, Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 498 s., <https://doi.org/10.1180/DHZ>
- Delaloye, M. ve Bingöl, E., 2000. Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and modelling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, 42, 241-268.
- Derry, L.A.; Jacobsen, S.B., 1990, The chemical evolution of Precambrian seawater: Evidence from NTEs in banded iron formations. *Geochim. Et Cosmochim. Acta* 1990, 54, 2965–2977.
- Donoghue, A., Frisch, N., Olney, D., 2014, Bauxite Mining and Alumina Refining Process Description and Occupational Health Risks, *Journal of Occupational and Environmental Medicine/American College of Occupational and Environmental Medicine*.
- Dora, O. Ö., Kun, N., and Candan, O., 1990. Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. In *Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions* (eds. M.Y. Savaşçın and A.H. Eronat), c. II, s. 102-115.
- Dora, O.Ö., Kun, N., Candan, O., 1992, Menderes Masifi'nin Metamorfik Tarihçesi ve Jeotektonik Konumu, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, C, 35, 1-14.
- Dora, O.Ö., Candan, O., Dürr, St., and Oberhänsli, R., 1995, New evidence on the geotectonic evolution of the Menderes Massif. In *"Proceedings of the International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region"* eds. Ö. Pişkin et al., 53-72.
- Dora, O.Ö., Oberhänsli, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J.H., Warkus, F. ve Dürr, S., 2001. Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Science (Geologische Rundschau)*, 89, 4, 793-811.
- Dora, O.Ö., ve Akal, C., 2005. Menderes Masifi Çine Asması'ndeki Koçarlı - Bafa - Yatağan - Karacasu arasında uzanan gnays / şist dokanağının niteliği: Jeolojik, tektonik, petrografik ve jeokronolojik bir yaklaşım. YDABÇAG - 101 Y 132 nolu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) projesi, 197s.
- Dora, O.Ö., 2011, Menderes Masifindeki Jeolojik Araştırmaların Tarihsel Gelişimi, *MTA Dergisi*, 142, 1-23.

- Duroc-Danner, F.M., 1987, Diaspore, a Rare Faceted Gem, *The Journal of Gemmology*, V.20(6), p. 371-375.
- Dürr, St., 1975, Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins/ SW-Anatolien und seine Äquivalente in der mittleren Ägäis: Habilitation Thesis, University of Marburg/Lahn, 107 pp.
- Dürr, S., Altherr, R., Keller, J., Okrusch, M. & Seydel, K. 1978. The median Aegean Crystalline Belt: stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. In: CLOSS, H., ROEDER, D. & SCHMIDT, K. (eds) Alps, Apennines, Hellenides, Mediterranean Orogens, Inter-Union Commission on Geodynamics. Scientific Report no. 38, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 455- 477.
- Elderfield, H., 1988, The oceanic chemistry of the rare-earth elements. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. A Math. Phys. Sci., 325, 105–126.
- Ellahi, S.S.; Taghipour, B.; Zarasvandi, A.; Bird, M.I.; Somarin, A.K., 2016, Mineralogy, geochemistry and stable isotope. studies of the dopolan bauxite deposit, Zagros Mountain, Iran. Minerals, 6, 11.
- Ercan, T., Günay, E., Türkecan, A. 1982. Bodrum yarımadasının jeolojisi: MTA Derg., 97-98,21-32.
- Ercan, T. ve Türkecan, E., 1984, Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligo-Miyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilişi: Onuncu yıl Türkiye Jeoloji Kurultayı Tebliğler Kitabı.
- Erdoğan, B., 1992, Problem of core-mantle boundary of Menderes massif. In: Abstracts of the International Symposium on Eastern Mediterranean, Adana, Turkey, 13-16.10.1992 (eds. M. Anıl and A. Nazik), Geosound, 20, 314-315.
- Erdoğan, B. ve Güngör, T., 2004. The problem of the core -cover boundary of the menderes Masif and an emplacement mechanism for regionally extensive gneissic granite, Western Anatolia Turkey. Turkish Journal of Earth Science, 13, 15-36.
- Erdoğan, B., Akay, E., Hasözbeke, A. 2011. Menderes Masifi'ndeki (Batı Anadolu) gnaysik granitlerin yerleşim özellikleri ve masifin tektonik evrimindeki yeri; Yeni arazi bulguları ve yaş tayinleri, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 142, 167-193.
- Ersoy, Ş., 1990. Batı Toros (Likya) Napları'nın yapısal öğelerinin ve evrimin analizi. Jeoloji Müh. Derg., 37- 5-16.
- Ersoy, Ş., 1991. Datça (Muğla) yarımadasının stratigrafisi ve Tektoniği. Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 34, 1-14.
- Ervin, J.S.; Osborn, E.F., 1951, The system Al₂O₃–H₂O. J. Geol., 59, 381–394.
- Etibank, 1975, Bafa–Milas, Milas–Yatağan–Muğla ve Söke Diasporit-Zımpara sahaları arama programı [Exploration programme of Bafa-Milas, Milas–Yatağan–Muğla

- and Söke diaspor–emery deposits]. Etibank Milas Directorate, Report no: 883. p 16. (unpublished).
- Etibank, 1992, Aktaş (Milas–Muğla) Yatağının Arama Raporu [Exploration report of Aktaş (Milas–Muğla) deposit]. Etibank Department of Mineral Exploration, Ankara. p 22. (unpublished).
- Fang, C., Chang, Z., Feng, Q., Xiao, W., Yu, S., Qiu G., and Wang, J., 2017, The Influence of Backwater Al^{3+} on Diaspor Bauxite Flotation, *Minerals*, V.7(10), 195.
- Fedo, C.M.; Eriksson, K.A.; Krogstad, E.J., 1996, Geochemistry of shales from the Archean (3.0 Ga) Buhwa GNTEnstone belt, Zimbabwe: Implication for provenance and source area weathering. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, 1751–1763.
- Fleet, A.J., 1984, Aqueous and sedimentary geochemistry of the rare earth elements. In *Rare Earth Element Geochemistry*; Henderson, P., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1984; pp. 343–373.
- Fox, C. S., 1932, Bauxite and aluminous latérite, The Technical Press Ltd. London p. 312.
- Fritsch, E., Rossman, G.R., 1987, An Update On Color In Gems. Part 1: Introduction And Colors Caused By Dispersed Metal , *Gems & Gemology* Fall 1987,126-139.
- Fritsch, E., Rossman,G.R., 1988, An Update On Color In Gems. Part 2: Colors Involving Multiple Atoms and Color Centers , *Gems & Gemology* Spring 1988, 3-15.
- Gaillardet, J.; Viers, J.; Dupre, B., 2003, Trace elements in river waters. In *Treatise of Geochemistry*; Drever, J.I., Ed.; Elsevier-Pergamon: Oxford, UK, pp. 225–272.
- Garcia-Garmilla, F., Özer, S., Sarı, B., 2004, Cathodoluminescence and metamorphism in rudist shells from the upper cretaceous marbles of Menderes massif (western Turkey). *Geogaceta* 36:167–170.
- Gessner, K., Ring, U., Johnson, C., Hetzel, R., Passchier, C. W. and Güngör, T., 2001. An active bivergent rollinghinge detachment system: Central Menderes metamorphic core complex in western Turkey. *Geology*, 29, 611- 614.
- Glodny, J. ve Hetzel, R., 2007. Precise U-Pb ages of syn-extensional Miocene intrusions in the central Menderes Massif, western Turkey. *Geological Magazine* 144(2), 235-246.
- Goni, J. C., 1953, Sur une variété aberrante de diaspor de l'Uruguay (kayserite). In *Bulletin de la Société française de Minéralogie et de Cristallographie*, volume 76, 7-9, 315-324.
- Goretsky Yu. K., Lavrovich, N. S. and Lyubinov, A. L., 1949, Bauxites. Gosgeolizdat Moscow.

- Goretsky, Yu. K., 1960, Regularities in the distribution of bauxite deposits. Trudy VIMS, Novaya Ser. 5 Moscow, pp 1-257.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A, Uysal, Ş., Yalınız, Mk., 2000, A geotraverse across northwestern Turkey: tectonic units of the central Sakarya region and their tectonic evolution. In Bozkurt, E., Winchester, JA., Piper, JDA.,(eds) Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area. Geol Soc Lond Spec Publ. 173:139-161.
- Gökten, E., Havzaoglu, Ş. ve Şan, Ö. 2001. Tertiary evolution of the central Menderes Massif based on structural investigations of metamorphics and sedimentary cover rocks between Salihli and Kiraz (western Turkey). International Journal of Earth Sciences 89, 745–756.
- Graciansky, P., 1965, Précisions sur le métamorphisme du massif de Menderes le long de sa bordure meridionale. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 64, 9-23.
- Graciansky, P., 1968. Teke yarımadası (Likya) Taraşlarının üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinoro-Toroslar'daki yeri.. MTA Ens, Derg., 71, 73-93.
- Grubb, P. L. C., 1971, Genesis of the Weipa bauxite deposits, NE Australia. Mineralium Deposita, 6(4), 265-274.
- Grubb, P. L. C., 1973, High-level and low-level bauxitization : a criterion for classification. Miner. Sei. Engin. Johannesburg 5 pp 219-31.
- Gu, J., Huang, Z., Fan, H., Jin, Z., 2013, Mineralogy, geochemistry, and genesis of lateritic bauxite deposits in the Wuchuan–Zheng'an–Daozhen area, Northern Guizhou Province, China, Journal of Geochemical Exploration, 130:44–59.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., and Dumont, J-F., 1979, Géologie des Taurides Occidentales (Turquie). Mémoires de la Société Géologique de France, No. 137, 112 pp.
- Gübelin, E.J. Erni, F.X., 2000, Gemstones: Symbols of Beauty and Power, Geoscience Press, Tucson.
- Gübelin, E., 1976, Alexandrit From Lake Manyara, Tanzania, Gems&Gemmology, V.15(7), p.203-209.
- Gübelin, E., Schmetzer, K., 1982, Gemstones with Alexandrit Effect. Gems and gemmology, 18, 197-203.
- Gülfen, M., 1996, Milas Boksit Cevherlerinin Sülfürik Asit Çözeltisindeki Çözünürlüğü, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66 s.
- Günalay, M. E., 1964, Muğla İli Yatağan İlçesi Alüminyum Cevheri İşletme Projesi, Maden Tetkik ve Arama Rapor, No: 3661, No: 3662, No: 3663.

- Güngör, T. and Erdoğan, B., 2002, Tectonic significance of mafic volcanic rocks in a Mesozoic sequence of the Menderes Massif, West Turkey. *Int. J. Earth. Sci.*, 91, 386–397.
- Günther, B., 1988, Tables of gemstone identification, Kirchweiler, Germany, 112-113.
- Gürer, F. ve Yılmaz, Y., 2002. Geology of the Ören and surrounding regions, SW Turkey. *Turk J Earth Sci* 11:2–18.
- Gürer, Ö.F., Sangu, E., Özburan, M., Gürbüz, A., Sarıca-Filoreau, N., 2013. Complex basin evolution in the Gökova Gulf region: implications on the Late Cenozoic tectonics of SW Turkey. *Int. J. Earth Sci.* 102-8, 2199-2221.
- Hanilci, N., 2019, Bauxite Deposits of Turkey, *Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, 681-730.
- Harder, E. C., 1952, Examples of bauxite deposits illustrating variations in origin. *AIMESymp., Problems of clay and latérite genesis* pp 35-64.
- Harrossowitz, H., 1926, Laterit. *Material und Versuch erdgeschichtlicher Auswertung. Fortschr. Geol. Paläont.* 4 Heft 14.
- Hatch, J.R., Leventhal, J.S., 1992, Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) stark shale member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA. *Chem. Geol.* 99, 65– 82.
- Hatipoğlu, M., 2009a, Zultanite, or colour-change diaspore from the Milas (Muğla) region, Turkey and editors addendum. *The Australian Gemmologist*, 23, 559-563.
- Hatipoğlu, M., Helvacı, C., 2009c, Süstaşı Diaspor ve Diasporitin Birlikte Bulunduğu İlbirdağı Meta-Boksit Yatağının (Danışment-Milas-Muğla) Tarihçesi, Mevcut Durumu ve Süstaşı Madenciligi. 7th International Industrial Minerals Symposium and Exhibition, 25-27 February, Volume: 363-370.
- Hatipoğlu, M., Helvacı, C., Chamberlain, S.C., and Babalık, H., 2010, Mineralogical Characteristics Of Unusual “Anatolian” Diaspore (Zultanite) Crystals From The İlbirdağı Diasporite Deposit, Turkey, *Journal of African Earth Sciences*, V.57(5), p.525-541.
- Hatipoğlu, M., 2011, Al (Fe,Ti,Si)-mobility and secondary mineralization implications: a case study of the karst unconformity diasporite-type bauxite horizons in Milas (Muğla), Turkey. *J Afr Earth Sci* 60:175–195.
- Hetzel, R., ve Reischmann, T., 1996. Intrusion age of Pan-African augen gneisses in the southern Menderes Massif and the age of cooling after Alpine ductile extensional deformation. *Geological Magazine*. 133(5): 565 - 572.

- Hetzel, R., Romer, R. Candan, O. ve Passchier, C.W., 1998. Geology of the Bozdağ area, central Menderes Massif, SW Turkey: Pan – African basement and Alpine deformation. *Geologische Rundschau*, 87, 394-406.
- Hill, I.G., Worden, R.H., Meighan, I.G., 2000, Yttrium: the immobility-mobility transition during basaltic weathering. *Geology* 28, 923–926.
- Hose, H. R., 1960, The genesis of bauxites, the ores of aluminium. *Proc. Int. Geol. Congress, XXI. Section, Part XVI Copenhagen* pp 237-47.
- Hua-ming, Y., Yue-hua, H., Wu-guo, Y., Wei-qin, A., Guan-zhou, Q., 2004, Alteration Of Diaspore By Thermal Threatment , *Journal of Central South University of Technology*, V.11(2), p.173-175.
- Hudson, L. K., Misra, C., Perrotta, A. J., Wefers, K., & Williams, C., 2000, Aluminium Oxide, *Ullman's Encyclopaedia of Industrial Chemistry* (pp. 607-645): Wiley – VCH.
- Işık, V. and Tekeli, O., 2001. Late orogenic crustal extension in the northern Menderes massif (western Turkey): Evidences for metamorphic core complex formation. *Int. J. Earth Sci.* 89, 757-765.
- Işık, V., Seyitoğlu, G. and Çemen, İ. 2003a. Ductile-brittle transition along the Alasehir shear zone and its structural relationship with the Simav detachment, Menderes massif, western Turkey. *Tectonophysics* 374, 1-18.
- Işık, V., Seyitoğlu, G., Çemen, I., 2003b. Extensional structures of the Menderes core complex, western Turkey. *GSA, Annual Meeting Abstracts with Programs*, Seattle, USA, v.35, p.27-28
- Işık, V., 2004. Kuzey Menderes Masifinde Simav Makaslama Zonunun Mikrotektonik Özellikleri, *Batı Anadolu, Türkiye. Türkiye Jeoloji Bülteni*, 47(2), 49-91.
- Işık, V. ve Seyitoğlu, G., 2004. The Ar/Ar age of extentional deformation and granite intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 23, 555-566.
- Jacobshagen, V., Dürr, S., Kockel, F., Kopp, K.-O., Kowalczyj, G., Berckhemer, H. & Büttner, D. 1978. Structure and geodynamic evolution of the Aegean region. In: CLOSS, H., ROEDER, D. & SCHMIDT, K. (eds) *Alps, Apennines, Hellenides, Mediterranean Orogens*, Inter-Union Commission on Geodynamics. Scientific Report no. 38, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 37-564.
- Jamaica Bauxite Institute, 2020, Caribbean Bauxite Deposits, Hope Gardens, KNG, Jamaica.

- Jenkins, A.L., ve Larsen, R.A., 2004, Gemstone Identification Using Raman Spectroscopy, Spectroscopy, 19.
- Jones, B., Manning, D.A.C., 1994, Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. *Chem. Geol.* 111, 111 –129.
- Karadağ, M.M., Temur S., Arık, F., Öztürk, A., 2003, Maşatdağı (Alanya-Antalya) diasporitik boksitlerinin dört anabileşen jeokimyası, *Geosound*, 35-51.
- Karadağ, M.M., Temur S., Arık, F., Öztürk, A., 2005, Mortaş (Seydişehir-Konya) boksit yatağının mineralojik ve petrografik özellikleri, *Geosound*, 143-169.
- Karadağ, M. M., Arık, F., Ayhan, A., Döyen., A., Küpeli, Ş., Zedef, V. 2006. Mortaş (Seydişehir-Konya) boksit yatağının Nadir Toprak element (NTE) potansiyeli. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 154-156.
- Kirpal, G. R., 1972a, Peculiarities in the structure and distribution of various types of bauxite deposits in the Turgai province. *Geol. Rud. Mestor. Moscow* 3 pp 66-80.
- Kirpal', G. R., 1977, Industrial types of bauxite deposits and their economic geological valuation. *Izd. Nedra Moscow* pp 1-263.
- Kloprogge, J.T., Duong, L.V., Wood, B.J., Frost, R.L., 2006, XPS study of the major minerals in bauxite: gibbsite, bayerite and (pseudo-)böhmit. *J Colloid Interface Sci.*, Apr 15;296(2):572-6. doi: 10.1016/j.jcis.2005.09.054.
- Konak, N. Akdeniz, N., Öztürk, E.M., 1987, Geology of the south of Menderes Massif. In *Guide Book for the Field Excursion along Western Anatolia, for the IGCP Project No. 5: Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belt*, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 42-53.
- Koralay, O.E., 2001. Geology, geochemistry and geochronology of granitic gneisses and leucocratic orthogneisses at the eastern part of Ödemiş-Kiraz submassif, Menderes Massif: Pan-African and Triassic magmatic activities. PhD Thesiss, Graduate School of Naturel Science Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 191 p.
- Koralay, O.E., Candan, O., Dora, Ö., Satır, M., Oberhänsli, R. ve Chen, F., 2007. Menderes Masifi'ndeki Pan- Afrikan ve Triyas yaşlı metamagmatik kayaçların jeolojisi ve jeokronolojisi, Batı Anadolu, Türkiye. *Menderes Masifi Kolokyumu*, İzmir.
- Koralay, O.E., Candan, O., Akal, C., Dora, O.Ö., Chen, F., Satır, M., Oberhanslı, R., 2011, Menderes Masifi'ndeki Pan Afrikan ve Triyas Yaşlı Metagranotoyidlerin Jeolojisi ve Jeokronolojisi, Batı Anadolu, Türkiye, *MTA Dergisi*, 142, 69-121.
- Koralay, O.E. Chen, F., Satır, M., ve Candan, O., 2004. Geochemistry and geochronology of orthogneisses in the Derbent (Alaşehir) area, Eastern part of the Ödemiş- Kiraz submassif, Menderes Massif: Pan-African magmatic activity. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 37-61.

- Kornprobst, J., 2003, *Metamorphic rocks and their geodynamic significance*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. 208p.
- Lan, G., Denghong, L.J.W, Xiong X., Chengwei, Y., Meizhi, H., 2015, Outline of Metallogenic Regularity of Bauxite Deposits in China, *Journal of The Geological Society of China*, 15-22, <https://doi.org/10.1111/1755-6724.12618>.
- Laville, P., 1981, La formation bauxitique provençale (France). Séquence des faciès chimiques et paléomorphologie crétacée. *Chronique de la Recherche Minière* 461, 51–68.
- Laubengayer, A.W., Weiss R.S., 1943, A hydrothermal study of the equilibrium of the $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ systems, *American Chemical Society Journal*.
- Lee, T. and Yao, C., 1970, Abundance of chemical elements in the earth's crust and its major tectonic units, *International Geology Review*, Pages 778-786, <https://doi.org/10.1080/00206817009475289>.
- Leonard, Jr. J., 1984, *Bauxite: Proceedings of the 1984 Bauxite Symposium*, Los Angeles, California.
- Levinson, A.A. and Cook, F.A., 1994, Gem Corundum in Alkali Basalt: Origin and Occurrence, *Gems&Gemmology*, V.30(4), p.253-262
- Liaghat, S., Hosseini, M. and Zarasvandi, A., 2003, Determination of the origin and mass change geochemistry during bauxitization process at the Hangan deposit, SW Iran. *Geochem. J.*, 37, 627–637.
- Linga, K., Tanga, H., Zhanga, Z., Wen, H., 2020, Host minerals of Li–Ga–V–rare earth elements in Carboniferous karstic bauxites in southwest China, *Ore Geology Reviews*, 119, 103325, Elsevier, 13 p.
- Lips, A.L.W., Cassard, D., Sozbilir, H. and Yilmaz, H., 2001. Multistage exhumation of the Menderes Massif, western Anatolia (Turkey). *Int. J. Earth Sci.* 89, 781-792.
- Loos, S., ve Reischmann, T., 1999. The evolution of the southern Menderes massif in SW Turkey as revealed by zircon dating. *Journal Geological Society London*, 156, 1021-1030.
- Lüle, Ç., 1998, Muğla-Milas-Küçükçamlıktepe diaspor oluşumlarının mineralojisi, oluşum koşulları ve gemolojik özellikleri, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 129 s.
- Ma, J., Wei, G., Xu, Y., Long, W. and Sun, W., 2007, Mobilization and re-distribution of major and trace elements during extreme weathering of basalt in Hainan Island, South China. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3223–3237. DOI: 10.1016/j.gca.2007.03.035.
- MacLean W H and Kranidiotis P, 1987, Immobile elements as monitors of mass transfer in hydrothermal alteration: Phelps dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec; *Econ. Geol.* 82 951–962.

- MacLean, W. H., Bonavia, F. F. and Sanna, G., 1997, Argillite debris converted to bauxite during karst weathering: evidence from immobile element geochemistry at the Olmedo Deposit, Sardinia. *Mineral. Deposita*, 32, 607–616.
- Madhavaraju, J., YI Lee, 2009, Geochemistry of the Dalmiapuram Formation of the Uttatur Group (Early Cretaceous), Cauvery basin, southeastern India: Implications on Provenance and Paleo-redox conditions, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26(2).
- Maksimovic, Z. and Panto, G., 1991, Contribution to the geochemistry of the rare earth elements in the karst-bauxites deposits of Yugoslavia and GNTEce. *Geoderma*, 51, 93–109.
- Malyavkin, S. F., 1937, To the problem of bauxite deposits in the USSR. *Transactions of the Conf. On Iron, Manganese and Aluminium Ore Genesis*. Izd. AN SSSR Moscow pp 513-34.
- Mameli, P., Mongelli, G., Oggiano, G. and Dinelli, E., 2007, Geological, geochemical and mineralogical features of some bauxite deposits from Nura (Western Sardinia, Italy): insights on conditions of formation and parental affinity. *Int. J. Earth. Sci.*, 96, 887–902.
- McLennan, S.M.; Hemming, D.K.; Hanson, G.N., 1993, Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 284, 21-40.
- McLennan, S.M., 2001, Relationships between the Trace Element Composition of Sedimentary Rocks and Upper Continental Crust. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 2.
- Meshram, R., ve Randive, K., 2011, Geochemical study of laterites of the Jamnagar district, Gujarat, India: Implications on parent rock, mineralogy and tectonics, *Journal of Asian Earth Sciences*, 1271-1287.
- Mol, A. A., Martins-Filho S. L., Da Silva, S. D. J., Rocha, R., 2006, Efficiency Parameters Estimation in Gemstone Cut Design Using Artificial Neural Networks, *Computational Material Science*, p.1-10.
- Mondillo, N., Balassone, G., Boni, M. and Rollinson, G., 2011, Karst bauxites in the Campania Apennines (southern Italy): A new approach. *Periodico di Mineralogia*, 80, 407–432. DOI: 10.2451/2011PM0028.
- Mongelli, G., 1997, Ce-anomalies in the textural components of Upper Cretaceous karst bauxites from the Apulian Carbonate platform (southern Italy). *Chem. Geol.*, 140, 69–79.
- Mongelli, G., Acquafredda, P., 1999, Ferruginous concretions in Late Cretaceous karst bauxite: composition and conditions of formations. *Chemical Geology* 158. 315–320.
- Mongelli, G., 2002, Growth of hematite and böhmit in concretions from ancient karst bauxite: Clue for past climate. *Catena* , 50, 43–51.

- Mongelli, G.; Critelli, S.; Perri, F.; Sonnino, M.; Perrone, V., 2006, Sedimentary recycling, provenance and paleoweathering from chemistry and mineralogy of Mesozoic continental redbed mudrocks, Peloritani Mountains, Southern Italy. *Geochem. J.*, 40, 197–209.
- Mongelli, G.; Boni, M.; Buccione, R.; Sinisi, R., 2014, Geochemistry of the Apulian karst bauxites (southern Italy). Chemical fractionation and parental affinities. *Ore Geol. Rev.*, 63, 9-21.
- Mongelli, G.; Buccione, R.; Sinisi, R., 2015, Genesis of autochthonous and allochthonous Apulian karst bauxites (Southern Italy): Climate constraints. *Sediment. Geol.* 325, 168–176.
- Mongelli, G.; Buccione, R.; Gueguen, E.; Langone, A.; Sinisi, R., 2016, Geochemistry of the Apulian allochthonous karst bauxite, Southern Italy: Distribution of critical elements and constraints on Late Cretaceous Peri-Tethyan palaeogeography. *Ore Geol. Rev.*, 77, 246-259.
- Monsels, D. (2016). Bauxite deposits in Suriname: Geological context and resource development. *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie En Mijnbouw*, 95(4), 405-418. doi:10.1017/njg.2015.28
- MTA, 2021, Boksitleri oluşturan alüminyum minerallerinin önemli özellikleri, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/boksit>.
- Muğla İl ve Turizm Kültür Müdürlüğü, 2021, Muğla ve Aydın İllerinin Ekonomik Göstergeleri: tarım, turizm, sanayi, ticaret.
- Nassau, K., 1978, The Origins of Color in Minerals, *American Mineralogist*, Volume 63, p. 219-229.
- Nyamsari, 2015, Minim-Martap boksit yataklarının (Adamawa bölgesi, Kamerun) jeolojisi, jeokimyası, yatak özellikleri ve kökeni, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 220 s.
- Okay, A.I., 1984a, Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (ed. J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication No. 17, 455-466.
- Okay, A.İ., 1985, Bafa Gölü-Muğla-Uşak arasında Menderes Masifi ve allokon birimlerin ilişkisi ve metamorfizması: TPAO, Arama Grubu. Rep., 2030.
- Okay, A.I., Arman, M.B., and Göncüoğlu, M.C., 1985, Petrology and phase relations of the kyanite-eclogites from Eastern Turkey: *Contrib. Mineral. Petrol.*, 91, 196-204.
- Okay, A. 1989. Geology of the Menderes Massif and the Lycian Nappes south of Denizli, western Taurides. *Bull Mineral Resour Explor* 109:37-51.

- Okay, A.I., 2001, Stratigraphic and Metamorphic inversions in the central Menderes Massif: a new structural model. *International Journal Earth Sciences*, 89, 709-727.
- Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R., Akyüz, S., 1996. Paleozoic and Neotethyan Events in Northwest Turkey, (Tectonics of Asia, Editörler: Yin, A., Harrison, M.), Cambridge University Press, 420-441.
- Okay, A.I., and Tüysüz, O., 1999, Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Okay, A.I., 2000, Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau ? In "The tectonics of Turkey" (ed. E. Bozkurt), Geological Society, London, Special Publication, 173, 25-41.
- Okay, A.I. & Satır, M., 2000, Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. *Geological Magazine*, 137, 495-516.
- Okay, 2008, Menderes Masifi – Nap Paketi mi, Yoksa Stratigrafik Bir İstif mi?, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü ve Maden Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Menderes Masifi Kolokiyumu – Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı, 82-87.
- Önay, T.Ş., 1949, Über die Smirgelgesteine Südwest-Anatoliens. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 29, 357-492.
- Özer, S., Sözbilir, H., Özkar, I., Toker, V., Sarı, B., 2001. Stratigraphy of Upper Cretaceous–Palaeogene sequences in the southern and eastern Menderes Massif (western Turkey). *Int J Earth Sci* 89:852–866.
- Özlü, N., 1983, Trace-element content of "Karst Bauxites" and their parent rocks in the mediterranean belt. *Mineralium Deposita*, 18(3), 469-476. doi: 10.1007/BF00204491.
- Özsoy, R.H., 2011, Bağlarbaşı (Süçüllü-Yalvaç, Isparta) demirli boksit cevherleşmesinin jeolojik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılması, Yüksel Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Öztunalı, O., 1973. Petrology and geochronology of Uludağ (NW Anatolia) and Eğrigöz (W Anatolia) massifs. *İstanbul Üniv. Science Faculty Monographs*, 23, 1-115.
- Öztürk, A., and Koçyiğit, A., 1983, Menderes Grubu kayalarının temel-örtü ilişkisine yapısal bir yaklaşım (Selimiye-Muğla) (A structural approach to the basement-cover relation in the Menderes Group (Selimiye-Muğla)). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 99-106.
- Pamir, H. N., Erentöz, C., 1974. 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Denizli. MTA Enstitüsü yayını. Ankara.

- Palke, A. C., Saeseaw, S., Renfro, N.D., un. S., McClure, F. S., 2019, Geographic Origin Determination of Blue Sapphire, *Gems&Gemology*, Winter, 536-579.
- Parks, G., 1972. FNTE energies of formation and aqueous solubilities of Aluminium hydroxides and oxides at 25 °C. *American Mineralogist*, 57, 1163-1189.
- Patterson, S. H., 1967, Bauxite reserves and potential aluminium resources of the world. *US Geol. Surv. Bull. Washington* 1228 p 176.
- Peive, A. V., 1947, Tectonics of the Northern Ural Bauxite Belt. *Izd. Mosk. Ob-va Isp. Prirody Moscow*.
- Perri, F.; Critelli, S.; Mongelli, G.; Cullers, R.L., 2010, Sedimentary evolution of the Mesozoic continental redbeds using geochemical and mineralogical tools: The case of Upper Triassic to Lowermost Jurassic Monte di Gioiosa mudrocks (Sicily, southern Italy). *Int. J. Earth Sci.*, 100, 1569–1587.
- Price, R.G.; Gray, M.; Wilson, R.E.; Frey, F.A.; Taylor, S.R., 1991, The effects of weathering on rare earth elements Y and Ba abundances in Tertiary basalts from southern Australia. *Chem. Geol.* 93, 254–265.
- Price, D.P.; Valdes, J.P.; Sellwood, W.B., 1997, Prediction of modern bauxite occurrence: implications for climate reconstruction, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 131, 1-13.
- Putzolu, F., Piccolo Papa, A., Mondillo, N., Boni, M., Balassone, G., Mormone, A., 2018, Geochemical characterization of bauxite deposits from the Abruzzi mining district (Italy). *Minerals* 8, 298.
- Read, P.G., 2005, *Gemmology*, Elsevier, 324 pp., 272 figures, 27 tables, 11 color plates.
- Reinhardt, N., Proenza, J.A., Villanova-de-Benavent, C., Aiglsperger, T., Bover-Arnal, T., Torró, L., Salas, R. and Dziggel, A., 2018, Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements (NTE) in Bauxitic Ores of the Catalan Coastal Range, NE Spain, *MDPI, minerals*, 2018, 25 p.
- Rimmele, G., Oberhansli, R., Goffe, B., Jolivet, L., Candan, O., Çetinkaplan, M., 2003a, First evidence of high-pressure metamorphism in the “Cover Series” of the southern Menderes Massif. Tectonic and metamorphic implications for the evolution of SW Turkey. *Lithos*, 71, 19-46.
- Rimmele, G., Jolivet, L., Oberhansli, R. and Goffe, B. 2003. Deformation history of the high-pressure Lycian nappes and implications for tectonic evolution of SW Turkey. *Tectonics* 22, 1007–10029.
- Rimmer, M.S., 2004, Geochemical paleoredox indicators in Devonian–Mississippian black shales, Central Appalachian Basin (USA), *Chemical Geology*, 373-391.
- Ring, U., Johnson, C., Hetzel, R. and Gessner, K., 2003. Tectonic denudation of a Late Cretaceous-Tertiary collisional belt-regionally symmetric cooling patterns and

- their relation to extensional faults in the Anatolide belt of western Turkey. *Geological Magazine* 140, 1-21.
- Ring, U. ve Collins, A.S., 2005. U-Pb SIMS dating of syn-kinematic granites: Timing of core-complex formation in the northern Anatolide belt of western Turkey. *Journal Geological Society London*, 162, 289-298.
- Robertson, A.H.F., ve Dixon, D.E., 1984. Introduction, aspects of the geological evolution of the eastern Mediterranean, ed: Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., *The geological evolution of the eastern Mediterranean*, Spec. Publ. of. Geol. Soc. of London, 17, 1-7.
- Robertson, A.H.F. 2000. Mesozoic Tertiary tectonic-sedimentary evolution of a south tethyan oceanic basin and its margins in southern Turkey. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. & Piper, J.D.A. (eds) *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society, London, Special Publications, 173, 43-82.
- Robertson, A.H.F, Ustaömer, T., 2009, Upper Palaeozoic subduction/accretion processes in the closure of Palaeotethys: evidence from the Chios Melange (E GNTeCe), the Karaburun Melange (W Turkey) and the Teke Dere Unit (Sw Turkey). *Sediment Geol* 201:29–59.
- Rogers, G., 2020, North Australian bauxite deposits: a comparison of Gove and Weipa, Annual Geoscience Exploration Seminar (AGES) Proceedings, Alice Springs, Northern Territory 24-25 March 2020, p. 88.
- Rosen, L., 2019, A Short History of Diaspore and its trade names Zultanite and Csarite [Online], <https://www.gemsociety.org/article/short-history-diaspore-trade-names-zultanite-csarite/>, [Ziyaret Tarihi: 18 Nisan 2019].
- Rudnick, R.L., 1992, Restites, Eu anomalies, and the lower continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56, 963-970.
- Saatçioğlu, H.A., 2002, Kaybolmak Üzere Olan Değerlerden Diaspor Kristalleri, Maden Mühendisi, Eti Holding A.Ş., Madencilik Bülteni.
- Sapozhnikov, D. G., 1970, Localization conditions of bauxites of Mediterranean type in the USSR. *MÁFI Évk. Budapest* 54 pp 311-6.
- Sapozhnikov, D. G., 1971, On the bauxites of the southern part of western Siberia (Salair-Kuznetsk province). In: *Platform bauxites of the USSR*. Izd. Nauka Moscow pp 218-20.
- Sapozhnikov, D. G., 1975, Genetic classification of the bauxite deposits of the USSR. In: *Problems of bauxite genesis*. Izd. Nauka Moscow pp 32-41.
- Sarayköylü, T., 2010, Alüminyum yataklarının uzaktan algılama (remote sensing) tekniği ile haritalanması: yöntemin Akseki-Seydişehir boksit yataklarına uygulanması, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114 s.

- Satır, M., and Friedrichsen, H., 1986, The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: A rubidium/strontium and oxygen isotope study: *Geologische Rundschau*, v. 75, p. 703-715.
- Scarrat, K., 1980, Faceted Diaspore, *The Journal Of Gemmology*, V.17(3), p.145-148.
- Schellmann, W., 1986. A new definition of laterite. In: *Lateritisation Processes*, IGCP-127. Geological Survey of India, Memoirs, 120, 1-7.
- Schellmann, W. 1994, Geochemical differentiation in laterite and bauxite formation, *Catena* 21, 131–143.
- Shen, C., Lu, R., 2019, The Color Origin of Gem Diaspore: Correlation to Corundum. *Gems & Gemology*, 54 (4). [doi:10.5741/gems.54.2.394](https://doi.org/10.5741/gems.54.2.394).
- Schroll, E., Sauer, D. 1968. Beitrag zur Geochemie von Titan, Chrom, Nickel, Cobalt, Vanadium und Molibdan in Bauxitischen gesternen und problem der stofflichen herkunft des Aluminiums. *Travaux de ICSOBA* 5, 83–96.
- Schuling, R.D., 1962, On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex (SW-Turkey). *Bulletin of the Mineral research and Exploration Institute of Turkey*, 58, 71-84.
- Sidibe, M., and Yalcin, M.G., 2019, Petrography, mineralogy, geochemistry and genesis of the Balaya bauxite deposits in Kindia region, Maritime Guinea, West Africa, *Journal of African Earth Sciences* 149, 348–366.
- Sinisi, R., 2018, Mineralogical and Geochemical Features of Cretaceous Bauxite from San Giovanni Rotondo (Apulia, Southern Italy): A Provenance Tool. *Minerals*, 8(12), 567.
- Sinisi, R.; Mongelli, G.; Mameli, P.; Oggiano, G., 2014, Did the Variscan relief influence the Permian climate of Mesoeurope? Insights from geochemical and mineralogical proxies from Sardinia (Italy). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 396,132-154.
- Sinkovec, B., 1971, Geological features and origin of the Vrace bauxite deposit, Croatia. *ICSOBA*, 2, 39-52.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Şengör, A.M.C., Satır, M., and Akkök, R., 1984b, Timing of tectonic events in the Menderes massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey: *Tectonics*, v. 3, p. 693-707
- Şengör, A. M. C., 1986. The dual nature of the Alpine-Himalayan system: Progress, problems and prospects: *Tectonophysics Volume 127, Issues 3–4, Pages 177-195*.

- Taylor, S.R.; McLennan, S.M, 1985, The Continental Crust: Its Composition and Evolution; Blackwell Scientific Publications: Hoboken, NJ, USA, Volume 1, 312p.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1995, The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics* 33, 241–265.
- Temur, S., 2001, Endüstriyel Hammaddeler, Çizgi Kitabevi, Konya.
- Temur S., Kansun G., Karadağ, M.M., Arık, F., Öztürk, A., 2003, Maşatdağı (Alanya-Antalya) diasporitik boksitlerinin stratigrafik konumu, *Geosound*, 109-122.
- Temur, S., Orhan, H. ve Deli, A., 2009, Geochemistry of the limestone of Mortas Formation and related terra rossa, Seydisehir, Konya, Turkey. *Geochem. Int.* **47**, 67., pages 72-97. <https://doi.org/10.1134/S0016702909010054>
- Thomson, S.N. ve Ring, U., 2006. Thermochronologic evaluation of post collision extension in the Anatolide orogen, western Turkey. *Tectonics*, 25.
- Tuğal, T., 1964, Milas Civarının Diasporit Zımpara Yatakları, Maden Tetkik ve Arama Rapor, No: 3446.
- Türe, O., 2017, Tectonic Geomorphology Of Muğla-Yatağan Region, Muğla Sıtkı Koçman University, Master of Science, 132 p.
- Urai, J.L. and Feenstra, A., 2000, Weakening Associated With The Diaspore–Corundum Dehydration Reaction In Metabauxites: An Example From Naxos (GNTEce), *Journal of Structural Geology*, 23, 941-950.
- Uygun, A. Ve Gümüşçü, A., 2000, Çine Asması (GB-Anadolu) Albit Yataklarının Jeolojisi ve Kökeni, MTA Dergisi 122. 25-32.
- Ünal, T., 2018, Çamköy (Milas-Muğla) ovası hidrojeoloji incelemesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 113 s.
- Vadász, E., 1951, Bauxitföldtan (Bauxite geology), Akadémiai Kiadó, Budapest 127 p.
- Valeton, I., 1972, Bauxites.—Development in Soil Science. Vol I. Elsevier, Amsterdam pp 1-226.
- Valeton, I., Biermann, M., Reche, R., Rosenberg, F., 1987, Genesis of nickel laterites and bauxites in GNTEce during the Jurassic and Cretaceous, and their relation to ultrabasic parent rocks. *Ore Geology Reviews* 2, 359–404.
- Vračar, R., ve Živković, Ž., 1993, Extractive metallurgy of aluminium, Naučna knjiga, Belgrade, 1–14.
- Weise, G. De, 1964, Bauxite lateritique et bauxite karstique. Symp. Bauxites, Oxydes et Hydroxydes d'Aluminium, Zagreb 1-3. X. 1963. 1 pp 7-29.

- Weng, S., Yu, W., Algeo, T.J., Du, Y., Li, P., Lei, Z., Zhao, S., 2019, Giant bauxite deposits of South China: Multistage formation linked to Late Paleozoic Ice Age (LPIA) eustatic fluctuations, *Ore Geology Reviews* 104, 1–13, 13 p.
- Viers, J.;Wasserburg, G.J., 2004, Behavior of Sm and Nd in a lateritic soil profile. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68, 2043–2054.
- Vikulova, M.N., 1946, Outlines of the lithology of the Tikhvinsk bauxitiferous region. *Trudy Leningr. Geol. Upravl.* 21, Gosgeolizdat Leningrad.
- Whitney, D.L., Bozkurt, E., 2002, Metamorphic history of the southern Menderes Massif, western Turkey. *Geological Society of America Bulletin* 114, 829-838.
- Wippert, J.,1963, Muğla ve Söke Arasındaki Diasporit ve Zımpara Zuhurları, *Maden Tetkik ve Arama Rapor*, No. 3332.
- Wippert, J.,1964b, Denizli ve Yatağan Arasındaki Diasporit Yatakları, *Maden Tetkik ve Arama Rapor*, No: 3421.
- Wippert, J.,1965b, Menderes Masifi Çevresindeki Diasporit ve Zımpara Yatakları, *Maden Tetkik ve Arama Rapor*, No: 3730.
- Wrafter, J.P.; Graham, J.R., 1989, Ophiolitic detritus in the Ordovician sediments of South Mayo Ireland. *J. Geol. Soc.*, 146, 213–215.
- Wright, J.; Schrader, H.; Holser, W.T., 1987, Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51, 631–644
- Wu, Y., PAN, X., Han, Y., Yu, H., 2019, Dissolution kinetics and removal mechanism of kaolinite in diasporic bauxite in alkali solution at atmospheric pressure, *Elsevier, Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 29, 2627–2637, 11 p.
- Yakupoğlu, T., 2001. Muğla-Yatağan Bölgesi’ndeki Neojen Yaşlı Sedimanter Kayaçların Kil Sedimentolojisi ve Sedimanter Petrografik İncelenmesi (doktora tezi, yayınlanmamış). H.Ü. Fen Bil.Enst., Ankara, 118 s.
- Yalçın, Ü., 1987, Petrologie und geochemie der Metabauxite SW-Anatoliens. PhD Thesis Bochum Ruhr-Univ. p 136. (Unpublished).
- Yalçın, Ü., Schreyer, W. and Medenbach, O., 1993, Zn-rich högbomite formed from gahnite in the metabauxites of the Menderes Massif, SW Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 113, 314–324.
- Yang, H., Hu, Y., Yang, W., Ao, W and Qui, G., 2004, Alteration of diasporite by thermal treatment, *Journal of Central South University of Technology*, volume 11, p173–175

- Yang, S., Huang, Y., Wang, Q., Deng, J., Liu, X., and Wang, J., 2019, Mineralogical and geochemical features of karst bauxites from Poci (western Henan, China), implications for parental affinity and bauxitization, *Ore Geology Reviews* 105, 295–309.
- Yu, X., Guo, B., Jiang, X. And Kang, W., 2016, Color-change glass as a Zultanite imitation. *Gems&Gemmology*, V.52(4), p.434-436.
- Yusoff, M, Z., Ngwenya B, T., Parsons, I., 2013, Mobility and fractionation of NTEs during deep weathering of geochemically contrasting granites in a tropical setting, Malaysia, *Chemical Geology*, 71-86.
- Yüksel, V., 1971, Söke-Germencik bölgesinin jeolojisi ve jeotermik enerji olanakları, MTA rapor, 4677.
- Zamanian, H., Ahmadnejad, F., Zarasvandi, A., 2016. Mineralogical and geochemical investigations of the Mombi bauxite deposit, Zagros Mountains, Iran. *Chem. Erde Geochem.* 76, 13–37.
- Zans, V. A., 1954, Bauxite resources of Jamaica and their development, *Colonial Geol. Miner. Res.* 3 pp 307-32.
- Zarasvandi, A., Charchi, A., Carranza, E.J.M., Alizadeh, B., 2008, Karst bauxite deposits in the Zagros Mountain Belt, Iran. *Ore Geology Reviews* 38 (4): 521-532. doi:10.1016/j.oregeorev.2008.05.005.
- Zhang, L., Park, C., Wang, G., Wu, C., Santosh, M., Chung, D., Song, Y., 2017, Phase transformation processes in karst-type bauxite deposit from Yunnan area, China, *Ore Geology Reviews* 89, 407–420, 14 p.
- Zhang, Y. and Zhang, J., 2019, Study on the Occurrence State of Lithium in Low-Grade Diasporic Bauxite from Central Guizhou Province, China, *Rare Metal Recovery From Secondary Resources*, JOM, Vol. 71, No. 12, 6 p.
- Zhang, L., Liu, X., Dinh, Q. N., 2020, Geochemical Implications of Rare Earth Elements in Terra Rossa in Tropical Karst Area: A Case Study in Northern Vietnam, *Applied Sciences*, 2-16.
- Zhu, K., Su, H., Jiang, S., 2019, Mineralogical control and characteristics of rare earth elements occurrence in Carboniferous bauxites from western Henan Province, north China: A XRD, SEM-EDS and LA-ICP-MS analysis, Elsevier, *Ore Geology Reviews* 114, 103144.
- Url.1 <https://shernandae1.wordpress.com/research-factors/bauxite-industry-jamaica/>
- Url.2 <https://www.usgs.gov/media/images/bauxite-deposit-world-map>
- Url.3 <https://www.statista.com/statistics/620584/australia-bauxite-production/>
- Url.4 <https://www.statista.com/statistics/264964/production-of-bauxite/>

- Url.5 <https://usfacetersguild.org/cutting-and-polishing-against-the-stop/>
- Url.6 <https://www.rockpeddler.com/product/facetrone-faceting-machine-a-96-gear-is-mounted-on-the-machine/#iLightbox%5Bproduct-gallery%5D/0>
- Url.7 <https://www.erbakan.edu.tr/bitam/sayfa/3289>
- Url.8 <https://www.erbakan.edu.tr/bitam/sayfa/3286>
- Url.9 <http://www.gemmoraman.com/GemmoFtir.aspx>
- Url.10 <http://www.webmineral.com/data/Diaspore.shtml#.Ybw-PerP2Uk>
- Url.11 <https://www.youtube.com/watch?v=nO7YntJs46s>
- Url.12 <https://mdmayagems.com/products/rare-color-change-diaspore-gemstone-12-03-ct>
- Url.13 <https://www.gia.edu/alexandrit-quality-factor>
- Url.14 <https://www.gemselect.com/gem-info/color-change-garnet/color-change-garnet-info.php>
- Url.15 <https://www.jtv.com/library/gemopedia/color-change-sapphire>
- Url.16 <https://www.gemsociety.org/article/Brusit-jewelry-gemstone-information/>
- Url.17 <https://www.gemdat.org/gem-787.html>
- Url.18 <http://www.rheaindustries.in/Alexit.html>
- Url.19 <https://www.jtv.com/product/lavender-zandrite-color-change-8mm-round-1-75ct/Z7R012>
- Url.20 <http://www.yourgemologist.com/Zandrit.html>
- Url.21 <https://www.idr-edu.com/cut.html>
- Url.22 <https://4cs.gia.edu/wp-content/uploads/2016/07/155880-960x960-round-brilliant-cut-diamond-illustration.jpg>
- Url.23 <https://www.capediamonds.co.za/diamond-info/emerald-cut/emerald-cut-diamond-facets-pavilion-table/>
- Url.24 <https://www.fascinatingdiamonds.com/wholesale-diamonds/asscher-cut>
- Url.25 <https://www.antiquers.com/threads/identification-help-needed.27599/page-2>