

Balıkesir-Balya Cevherli Sahalarının Jeolojisi, Mineralojisi ve Maden Potansiyelinin Değerlendirilmesi*

Zeki AKYOL

ÖZET : Balya ve civarında bulunan Pb-Zn içerikli cevherleşmelerin oluşum koşulları incelenmiştir. İnceleme alanı, Kuzeybatı Anadolu Bölgesi içinde bulunan Balya Madeni Sahasıdır.

Balya bölgesinde, Paleozoyik, Mezozoyik ve Senozoyik'e ait formasyonlar vardır. Paleozoyik formasyonları Permiyen kireçtaşı blokları ile temsil edilmiştir. Mezozoyik formasyonları, Üst Triyas'a ait, konglomera, kumtaşı miltası kiltası, killikireçtaşı ardalanması şeklindedir. Senozoyik, volkanik kayalardan, dasit, riyolit, andezit, çok az bazalttan oluşmaktadır.

Cevherleşme ortamının oluşmasında en önemli etken olan stratigrafik magmatik ve tektonik koşulların uygunluğu, Balya ve yöresinde geniş cevherleşmeye neden olmuştur. Bu olgular yörede, dokanak başkalaşım (kontakt metamorfik) ve hidrotermal tipi cevherleşmenin oluşumunu sağlamıştır. Esas cevher mineralleri galenit ve sfalerittir. Ayrıca, bol pirit, az kalkopirit bulunmaktadır. Tali cevher mineralleri ise: pirotin, markazit, bizmutin, arsenopirit, fahlers, kozalit, argentit, bursait, heyrouskit, magnetit, hematit, pollanit, piroluzit, antimonit, realger ve orpimenttir.

Genellikle, dasit-kireçtaşı ile bloklu Üst Triyas çökellerinin dokanak zonlarında bulunan cevherleşme, ayrıca kireçtaşı eklemlerinde ve ayrılmış dasit içinde saçılmış halde de bulunmaktadır. Yaklaşık 45° civarında batıya eğimli olan ana yatakta, derinlere doğru cevher oluşum sıcaklığı artmaktadır. Derinlik arttıkça hidrotermal tip cevherleşme, dokanak ornatma (kontakt metasomatik) tip cevherleşmeye geçmektedir. Aynı doğrultuda gang mineralleri de kalsit-kuvars topluluğundan, silikat mineralleri topluluğuna dönüşmektedir.

Balya maden potansiyeli, yeraltı (Balya cevherli sahaları) ve yerüstü (Balya madeni işletme artıkları) olmak üzere iki kısma ayrılır. Bu çalışma ile Arı-Orta Cevherli Sahasının cevher potansiyeli ortaya konmuştur. Değerlendirmeye esas olan cevherleşme alanı, 259248 m² olup, $Pb+Zn+Cu \geq 1$ % baz tenör değerine göre 16755132 ton, $Pb+Zn+Cu \geq 7$ % baz tenör değerine göre ise 4423424 ton tüvenan cevher hesaplanmıştır. Yerüstü cevher potansiyeli, eski işletmelerden arta kalan, jig artıkları, flotasyon artıkları, izabe artıklarıdır. Toplam rezervleri bir milyon tonun üzerindedir. Tenör ortalamaları ise, jig artıkları % 12 (Pb+Zn), flotasyon artıkları % 8 (Pb+Zn), izabe artıkları % 13 (Pb+Zn) dir.

Arı-Orta Sahasının dışında, Sarısu, Koca, Karaca, Darıderesi ve Bahçecik sahaları bulunmaktadır.

(*) Prof. Dr. Önder Öztunalı yönetiminde İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesinde hazırlanan doktora tezinin kısaltılmış şeklidir.

ABSTRACT : The mineralization of the Pb-Zn bearing are deposits which are situated in the Balya Maden area, NE Turkey were investigated in this study.

The rock formations which are exposed in the Balya region are of Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic age. A formation composed of Permian limestone blocks represents the Paleozoic era. A sequence of interbedded conglomerates, siltstones, shales and the mark of Upper Triassic age represents the Mesozoic era. The Cenozoic rocks compose mostly the volcanic rocks which are dacites, rhyolites, andesites and basalts.

The wide spread are mineralization in the Balya region is due to the presence of suitable geological conditions and these conditions caused the occurrence of the contact metamorphic and hydrothermal are deposits. The dominant are minerals galena and sphalerite also less pyrite and chalcopyrite. The accessory are minerals are pyrrhothite, marcasite, bismutinite, arsenopyrite, fahlore, argentite, bursait, heyroustite, magnetite, hematite, polianite, pyrolusite, antimonite, realgar, arpiment.

Generally, the are mineralization appears to have been in the contact zones of dacites and limestones and Upper Triassic sedimentary rocks. Also disseminated mineralizations occurs in the joints of limestones and the altered dacited. It is found that the crystallization temperature of the are minerals increases by depth in the main deposit which dips approximately 45° to west and hydrothermal type mineralizations appears to have changed to contact metasomatic type are mineralizations.

The gang minerals which are calcite-quartz association at shallow depths varies to silicate minerals association in the dip direction.

The are potential of the Balya Maden area can be divided into to types, which are the are deposits underground and the dumped material on the surface.

In this study only the ore potential of the Ari-Orta ore area was evaluated. As the ore area is 25948 m² large and the grade of the Pb+Zn+Cu \geq 1 % a total of 16755132 metric tons and the grade of the Pb+Zn+Cu \geq 7 % a total of 4423424 metric tons ore reserve extractible from underground was calculated. The surface potential is composed of dumped materials (tailing) which are crushed floated and smelted ore deposits.

The total of these materials is calculated to be more than one million tons. The grades of these are as follows: for crushed dumps 12 % Pb + Zn for concentrations dumped after flotation and 8 % Pb + Zn for smelted dumps.

Besides Ari-Orta ore deposition area there are also Sarısu, Koca, Karaca, Darıdere and Bahçecik areas which can be evaluated.

1 — GİRİŞ

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Maden Yatakları Kürsü Direktörü Prof. Dr. Önder ÖZTUNALI yanında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Balya cevherleşmesi, Balya İlçesinin Be-

lediye sınırları içinde ve yakının da bulunmaktadır.

Eski çağlardan beri varlığı bilinen maden, Orta Çağda Perikles zamanından beri işletilmektedir. Modern işletmeciliğe 1880 yılında bir Fransız Şirketi olan "Société des Mines de Balya-Karaaydın" başlamıştır. Madenin Eski

Çağlardan beri ilgi çekmesinin nedeni, kurtunda, işletme sırasında, 1800-2000 gram gü-
şunda fazla gümüş içeriğinin bulunmasıdır.
müş elde edilmiştir.

1913 yılında en yüksek üretim düzeyine
erişen işletmeden 140 bin ton ham cevher, 13
980 ton kurşun, elde edilmiştir. Şirketin 1900
yıllarında modern işletmeciliğe geçmesinden
sonra dört milyon ton civarında cevher çı-
karıldığı, bundanda 400 bin ton metal kurşun
ve 400 bin tonun üzerinde de metal çinko üre-
tildiği bilinmektedir.

Yeraltı işletmesi 1935 yılına kadar devam
etmiş, 1939 yılına kadar da maden artıkları iş-
letilmiştir. 1939 yılında madenin bittiği ve iş-
lemenin zarar ettiği gerekçesi ile saha terkedil-
miştir.

1972 yılında M.T.A. Enstitüsü yetkilileri-
ne yazarın sözlü olarak yaptığı önerinin kabul
edilmesinden sonra, Ağustos 1973'de bir aylık
bir ön çalışma yapılmıştır, Yazar ayrıntılı jeo-
loji çalışmalarına 1974 yılında başlamıştır.

Başlangıçta çalışmaların ağırlık merke-
zini, stratigrafi, tektonik ve magmasal ilişki-
ler oluşturmuştur. Maden tayakları ile olan
ilişkilerine ve ekonomik jeoloji çalışmalarına
ikinci aşamada geçilmiştir. Yüzeyde cevher-
leşme içeren mostra izlenemediğinden tekto-
nik, stratigrafik ve magmasal ilişkiler yorum-
lanarak, jeofizik çalışmalardan da yararları-
larak "istikşaf (arama) sondajlarına" geçil-
miştir.

Balya cevherleşme sahasının bir bölümü
olan, Arı-Orta sahasının değerlendirilmesine
esas çalışmaları 1979 yılında bitirilmiş ve bu-
rasının da önemli olduğuna inanılan potan-
siyeli ortaya çıkarılmıştır.

Çalışmalar, 1/35.000 ve 1/15.000 ölçekli
1/25.000 ölçekli ve daha sonra da 1/5.000 öl-
çekli maden jeolojisi çalışmaları şeklinde sür-
dürülmüştür.

Değerlendirme çalışmalarına esas olan,
Arı-Orta Sahası cevherleşmesinin araştırılma-
sı sırasında, 18 adet sondaj yapılmıştır. Son-
daj aralıkları 100-150 m.dir. Bu suretle bu sa-

hada önemli bir rezervin varlığı ortaya kon-
muştur.

Balya cevherleşme sahasının bir bölümü
olan, Arı-Orta Sahasının cevher kitlesi sınır-
landırılmamıştır. Bunun nedeni, ana cevher
yatağının BKB'ya doğru dalımlı olması ve
derinleşmesidir. Bugün için ekonomik düşünül-
en ve işletilebilir bölümlerin ortaya konması
ile yetinilmiştir. Daha derin kesimlerin işlet-
me sırasında daha ucuza ortaya konması ola-
naklı olduğundan daha derin sondajlardan
kaçınılmıştır.

Balya cevherleşmesi, Arı-Orta, Sarısu
Sahalarında sondajlı çalışmalarla araştırılmış-
tır. Bölge de sondajla çalışmaların yapılmadığı,
jeoloji çalışmaları ile yetinilen, Koca, aK-
raca Sahalarının da aynı tip cevherleşmeye
uygun sahalar oldukları saptanarak bunlar-
da da sondajlı çalışma önerileri hazırlanmış-
tır.

Balya madeni inceleme alanı, Marmara
Bölgesinin Balıkesir ilinin batısında, Balıkesir
e 9 km. uzaklıktadır.

Çalışma sahası, Balya ilçe merkezi ve ya-
kın çevresini kapsar. Güneyde Çakallar köyü,
doğuda Bahçecik köylerini içine alır. Kuzeyde
de Kadıköy sınırına kadar uzanır.

1/25.000 ölçekli, Balıkesir İ19 a4 İ19 di
paftaları içindedir (Şekil: 1, Ek: 1).

Çalışma alanının topoğrafik yüksekliği
150-550 m. arasında değişmektedir. Yüksek
tepelere Permian kireçtaşları, çukur alan-
larda ise, genellikle Triyas yaşlı kilitaşı, milt-
aşı ve ayrılmış volkanik kayalar izlenmekte-
dir.

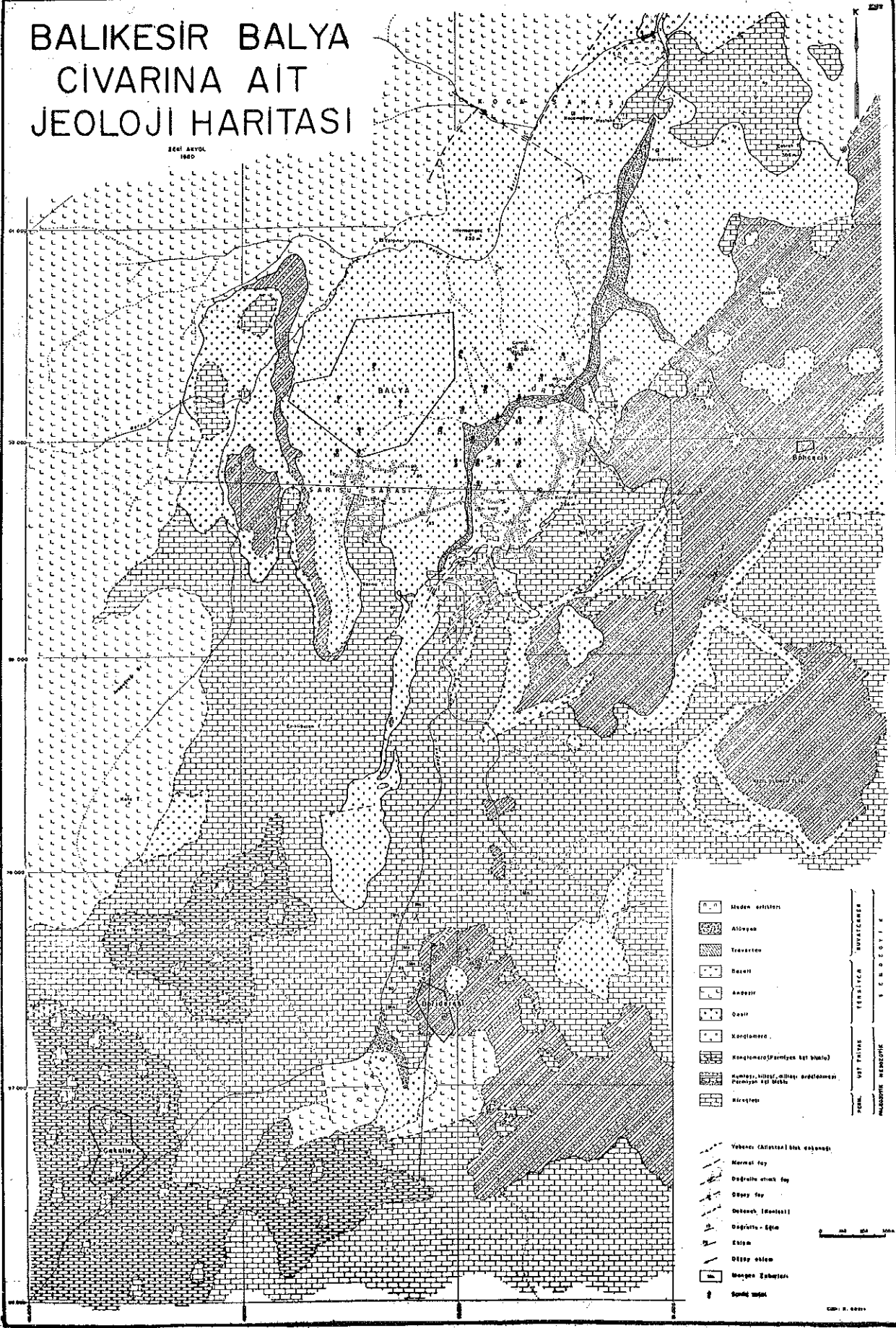
Arazide bulunan ana akarsular, kabaca
kuzey-güney yönünde akarlar. Bunlara gelen
yan kollar, doğu-batı yönündedir.

Bölgede geniş ova bulunmamaktadır.
Vadi içlerinde, küçük alüvyon birikintileri
vardır. Küçük bahçecilik bu birikintiler üze-
rinde yapılmaktadır.

Marmara bölgesi iklimi ile Ege Bölgesi
iklimi arasında geçiş zonu üzerindedir. Ge-
nellikle kış ve bahar ayları yağışlı, yazlar sı-
cak ve nemli geçer.

BALIKESİR BALYA CIVARINA AIT JEOLOJİ HARITASI

1:50.000
1960



- | | |
|--|----------------------------------|
| | Maden üstü |
| | Alüvyon |
| | Traverten |
| | Kalsit |
| | Anaziir |
| | Ovası |
| | Kocaköyü |
| | Kocaköyü (Pamirler Bölgesi) |
| | Kumbar, kilit, miltay araklaması |
| | Pamirler Bölgesi |
| | Mıracı |
-
- | | |
|--|-----------------|
| | Yabancı Çiftten |
| | Normal fay |
| | Sağa kırık fay |
| | Sola kırık fay |
| | Değişik eğim |
| | Eğim - Eğim |
| | Etilim |
| | Diğer etim |
| | Mangan zehirli |
| | Sıcak su |

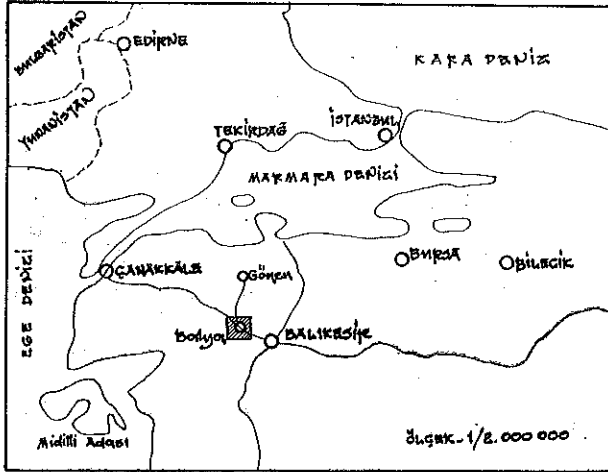
1:50.000
1960

0 100 200 300 400 500

1:50.000

Çalışma alanı içinde yol sorunu yoktur. Balıkesir-Çanakkale, Balya-Gönen yolları ince-

tadır. Mezozoyik yaşlı formasyonlar, Üst Triyas litolojileri ile temsil edilmiştir. Tersiyer'de volkanik faaliyet yoğun olup, volkanik kayalar yaygındır (Ek: 1,2, Şekil: 2).

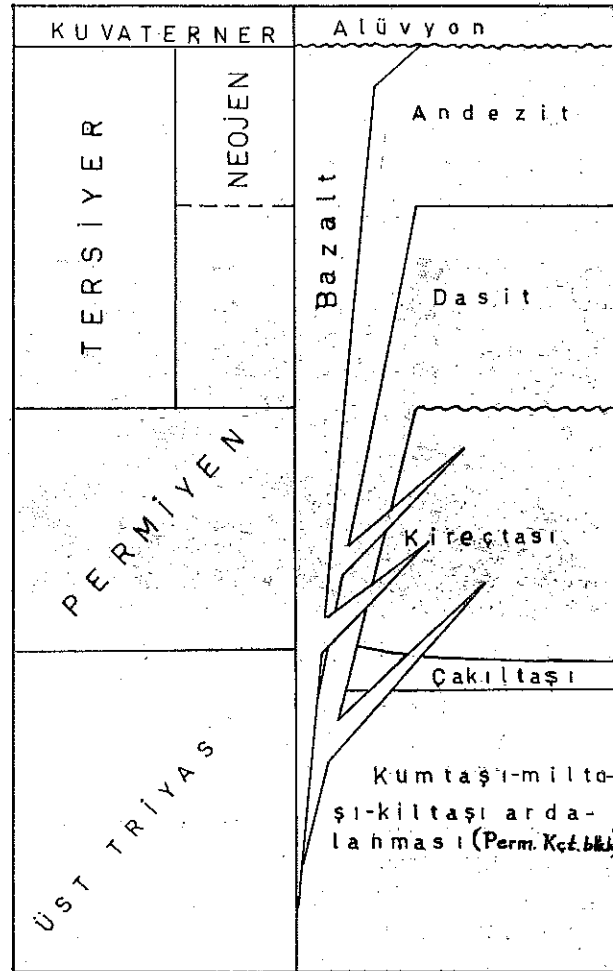


Şekil 1 — YER BULDURU HARITASI

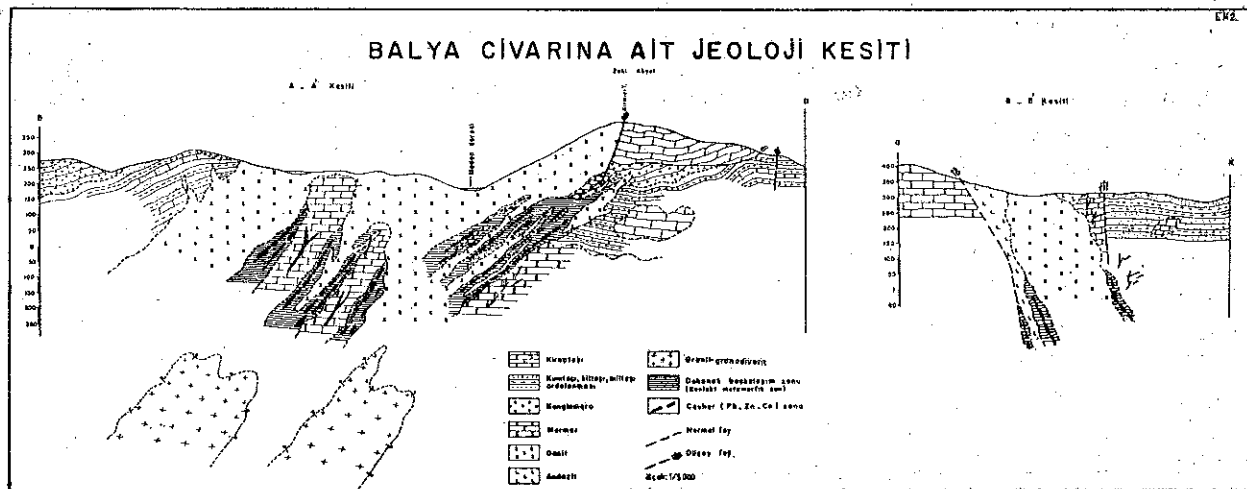
leme alanının içinden geçer. Çevre köylere giden yollar oldukça iyi olup, vasıta ile gidilebilir.

III — JEOLJİ

İnceleme alanında, Paleozoyik, Mezozoyik ve Tersiyer yaşlı formasyonlar bulunmaktadır. Paleozoyik'i temsil eden Permiyen kireçtaşları, Üst Triyas litolojileri içinde ve üstünde yabancı (allokton) bloklar şeklinde bulunmak-



Şekil 2-Kaya Stratigrafi Birimleri



III. 1 — STRATİGRAAFİ ve PĒTROGRAFİ

III. 1. 1 — PERMİYEN KİREÇTAŞLARI

Bol fosilli olan bu kireçtaşları, çalışma alanında Üst Triyas formasyonları içinde ve üstünde yabancı (allokton) bloklar şeklinde bulunmaktadır. Gerek saha ve gerekse sondajlı çalışmalarda bu durum saptanmıştır (Ek: 1,2, Levha 1, Foto 1).

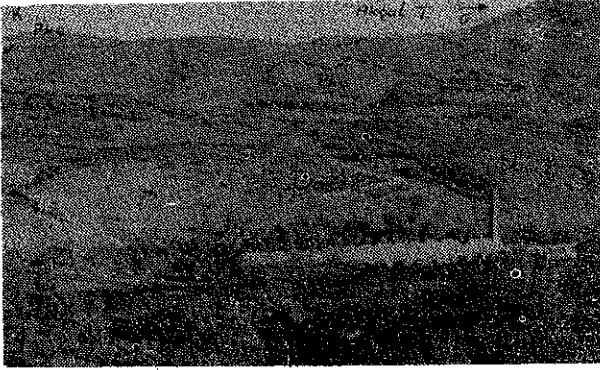


Foto 1 : Permiyen kireçtaşı bloklarını gösterir foto.
Pk: Permiyen kireçtaşları
Trç: Üst Triyas çakıltısı
Tr: Triyas kt-kıltası ardalanması
Bina: 1880 yılında yapılan İzabe tesisi

Permiyen kireçtaşları, NEUMAYR (1887) BUKOWSKI (1892), AYGEN (1956) tarafından incelenmiş, PHILLIPSON (1915) bu kireçtaşlarını Permo-Karbonifer düşünmüştür. Ancak kireçtaşlarının muhtelif yerlerinden alınan örneklerin Paleontolojik tayin sonucu, bu kireçtaşlarının Permiyen yaşlı fosilleri içerdiği saptanmıştır (AKYOL 1976). Permiyen kireçtaşı bloku, fosilli, Balya civarında Üst Triyas yaşlı olduğu saptanan formasyon; (BİNGÖL ve diğerleri 1973) tarafından "Karakaay formasyonu" olarak isimlendirilmiştir.

Kireçtaşlarının makro özelliği, taze kırık yüzeylerinin rengi beyaz-gri yer yer siyahımsı hava ile temas yüzünün rengi: gri, koyu gri, rengin dağılışı yeksenak, yapısal özellikleri; karmaşık görünümlü, karmaşık eklem sistemi gelişmiş, çok çatlaklı çatlaklar kalsit dolgulu, tabakalanma belirgin değil, dokanağa yakın zonlarda tektonik ezilmeli, yer yer karstik bog-

luklar gelişmiş, rekristalize, yer yer dolomitik, bol fosillidir.

Balya yakınından alınan kireçtaşı örneğinin mikroskopta incelenmesi sonucu :

Çimento: Mikritik kalsit ve sparkalsitten oluşmaktadır. Bu çimento, onkolit, çift çekirdekli onkolit ve intraklast gibi allokemler içermektedir. 0,3 mm ile 2 mm arasında değişen kalınlıktaki kalsit damarları rekristalize olmuştur (Levha 1, Foto 2).



Foto 2 : Permiyen kireçtaşı, 100x
Kripto oluşumlar halinde kalsitten ibarettir. Kalsit damarı: açık gri beyaz, kesiti yukardan aşağıya kateden damar.

Bu kireçtaşlarının arazide konumu iki şekilde düşünülmektedir.



Foto 3 : Triyas kumtaşı, 100x
Granit parçası: mikro yazı graniti olup, yazı graniti tekstürü göstermekte, (sağ alt köşeden, sol üst köşeye doğru devam eden alacalı görünümlü).
Kuvars: gri-beyaz, benekli görünümlü, sol alt köşede ve üstte.
Çimento: taneleri saran dalgali, gri görünümlü, kalsit mikro tanelerinden oluşmaktadır.

1) Üst Triyas'ın kıltaşı-silttaşı-kumtaşı-kumlu kireçtaşı ardalanması içinde bulunan Permiyen kireçtaşı blokları (Foto 6, Ek: 1).

2) Üst Triyas'ın tavan (regresif) konglomerasının oluşumundan sonra, Üst Triyas çökeltileri üzerine alloktan örtü (saryaj örtüsü) şeklinde gelen Permiyen kireçtaşları (Şekil 2).

Gerek sondajda geçen bloklardan ve gerekse sahadan alınan örneklerden aşağıdaki fosiller saptanmıştır (ÇATAL, 1974; GÜVENÇ 1974).

- Scwagerinidae
- Globivalvulinae sp.
- Pachyphloia sp.
- Kahlerina sp.
- Eotuberitina sp.
- Glomospirella sp.
- Pseudovermiporella sp.
- Schwageria sp.
- Paleotextularia sp.
- Paraschwageria sp.
- Glomoshirella sp.
- Pseudofusulina sp.
- Schubertella sp.
- Codonofusiella sp.
- Pseudoepimastopora sp. (Alg)

Saptanan başlıca makro fosilleri ise şunlardır:

- Encrines
- Brachiopodes
- Gastropodes

III. 1. 2 — KUMLU KİREÇTAŞI- KİLTAAŞI-MİLTAŞI KUMTAŞI ARDALANMASI

Bahçecik köyü civarında ve Balya'nın güneyine doğru mostrua vermektedir. Genellikle vadilerde ve çukur yerlerde aflöre etmektedir. İçinde Permiyen kireçtaşı blokları vardır. Renkleri koyu gri yeşil, yer yer siyahımsı çoğunlukta kıltaşları siyaha yakın gri ve mor renklidir. Kumtaşları daha ziyade gri renklidirler. Tansiyon çatlakları gelişmiş, sıkı çimentoludur. Çimento yer yer kireçli, milli seviyelerde yer yer makrofosil izlenebilmektedir. Mikrofosil izlenememiştir. Ancak, makro fosillerin çoğu tayin edilememiştir. Sondajdan alı-

nan bir örnek Halobia olarak tayin edilmiştir. Daha önceki çalışmaları sırasında (AYGEN, 1956) Kızıltepe civarından toplanan örneklerin incelenmeleri sonucu şu fosiller saptanmıştır (Ek: 1, Şekil: 2).

Halobia neumoyri BITTNER

Halobia rugosa BITTNER

Halobia subcomata BITTNER

Bu fosillere göre bu formasyonun yaşı Üst Triyas olarak belirlenmiştir.

Üste doğru, Üst Triyas'ın regresif çakıltaşlarına geçilmektedir (Ek 1,2).

Bahçecik köyünün hemen güneyinden alınan kumtaşının mikroskop altındaki incelenmesi şöyledir (Levha 1, Foto 3).

Örnek içindeki iri taneler, taşın % 45'ini oluşturmakta, çimento (matriks) ise % 55'i bulmaktadır. İri taneler, tane boyu (uzun eksen boyu 0.1 mm.den büyük) monokristalin kuvars, şeyll, çört, magmatik kayaç parçası, miltaşı, ortoklas kırıntılarında oluşmaktadır. Taneler az küresel ve az yuvarlaktır. Taş kötü boylanmıştır. Matriks ise (uzun eksen boyu 0.1 da belirtilen iri tanelerin bileşimindeki ince mm. den küçük olan kırıntılar toplamı) yukarı zerrelerden oluşmaktadır. Karbonat çimentonun, taş içine sonradan yerleşmesi, hacim olarak % 12'yi bulmaktadır. Çimentonun kapladığı hacim, kısmen çimento içinde, kısmen de kuvvetli diyajenez ile meydana gelen yerine geçme aralıklarında bulunmaktadır. Taş nisbeten derin bir denizde çökelmiştir.

Bahçecik köyünün hemen kuzeyinden alınan milli-killi örneğin mikroskop altındaki incelenmesi şöyledir:

Taş içinde % 15 oranında mil boyunda vuras taneleri, mikritik karbonat, kil ve çok ince serizit pullarından oluşan çimento (makriks) içinde serpilmiş halde görülmektedir. Ayrıca, taş içinde yer yer yoğunlaşmış ve bazen çimento (makriks) dahil olup, % 15'ini teşkil edecek miktarda diyajenetik büyümeye bağlı olarak gelişmiş demir minerali kristalleri bulunur. Taş sakin bir ortamda çökelmiştir (Levha 2, Foto 4).

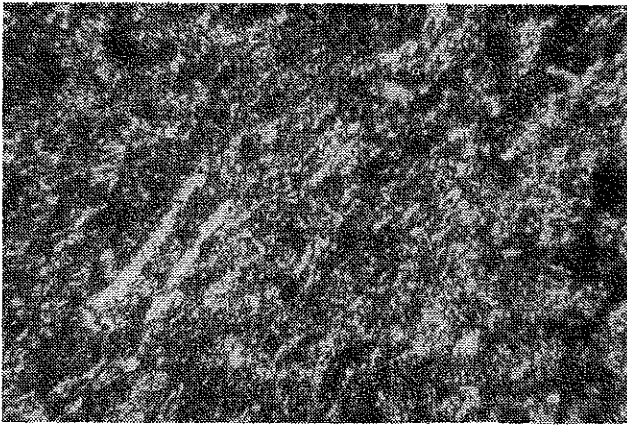


Foto 4 : Kıltaşı, 100x

Zayıf sistrozite göstermekte
İllit: çubuk şeklinde, açık renkli
Kuars: açık gri renkli, dağınık halde.

Balya'nın güneyinden alınan bir kumlu kireçtaşı örneğinin mikroskop altında incelenmesi şöyledir.

Taş içindeki iri taneler (tane boyu 0.1 mm. den küçük olanlar) taşın % 35'ini teşkil eder. Bunlar monokristalen kuvars, şist ve çörtten ibarettir. Çimento ise % 65'i oluşturur. Çimentonun (matriksin) içinde, taşın hacmine oranla % 5 oranında iri taneler bileşimindeki küçük kırıntılar bulunur, (uzun eksenli 0.1 mm. den küçük olan kırıntılar) çimentonun (matriksin) geri kalan kısmı, yani taşın hacim olarak % 45'i mikrit ve intraklastik karbonattandır. Ayrıca, taş içinde, taşın hacmine oranla oluşur. Intraklastlar da mikritten oluşmaktadır. % 15 miktarda sparit çimento bulunur. İri tanelerin küreselliği ve yuvarlaklığı çok zayıftır. Taş kötü boylanmıştır.

III. 1. 3 — ÇAKILTAŞI (KONGLOMERA)

Bölgede Üst Triyas formasyonlarının üst seviyesi olarak düşünülen ve kalınlığı değişik olan bu çakıltaşları, genellikle Permiyen kireçtaşlarının hemen altında mostura vermektedirler. Çakıltaşları, Triyas'ın çekilme (regresyon) artığı olarak düşünülmektedir. Bahçeler köyünün güneyinde, dere içinde, çakıltaşlarında yapılan incelemede, Triyas'ın altına ait miltaşı, kıltaşı parçaları bulunmuştur. Çakıltaşların, çalışma alanında, Bahçeler köyü-

nün doğu ve güneyinde, Kızıltepe'nin yamaçlarında mosturaları izlenebilmektedir (Ek: 1,2, Şekil 2).

Özellikle Balya ilçesinin doğusunda ve güneyinde mostura veren çakıltaşları, genellikle Permiyen Örtü kireçtaşlarının altında tektonik dokanaklı olarak; kumlu kireçtaşı-miltaş-kıltaşı-kumtaşı ardalanmasının üzerinde de regresif bir birim olarak durmaktadır (Ek: 1, 3).

Çakıltaşların hava ile temas yüzlerinin rengi; ayrışmadan dolayı sarı-kahverengi, yer yer gri, içinde bulunan çakılların büyüklüğü 0.8 mm. ile 1,5 cm. arasında değişmektedir. Daha iri çakıllara da yer yer rastlanmaktadır.

Çakılların petrografik incelenmesi:

Mikroklin, pertitik büyüme gösteren ortoklas, albit, kuvars boynuztaşı, yazıganiti, kuvarsit, mikaşist, gnays parçaları saptanmıştır. Permiyen olarak düşünülen kireçtaşı çakılları ortalama 4 cm. civarında büyüklüğe sahip, çok seyrek olarak görülmektedir. Hakim çakıl kuvars çakıldır.

III. 1. 4 — VOLKANİK KAYAÇLAR

Kırmızı tepenin batı bölümünde, Balya kazasının oturduğu alanda, Çamlık tepe ve Hastahane tepe dolaylarında, Darıdere köyünün güneyinde dasitler geniş yayılmıştır. Balya kazasının kuzey ve batı kesimleri ile Darıdere köyünün güneyinde de andezitler yaygındır. Volkanik kayaçların, Bölge içindeki yayılımı kabaca KKD-GGB gidişlidir (Ek.1,2; Şekil 2).

Yörede volkanitlerin, Permiyen, Triyas, çalışma alanının kuzeyinde dışında bulunan Jura-Alt Kretase yaşlı formasyonları kestiği saptanmıştır. Ayrıca Balya civarında yapılan incelemelerden ve yapılan sondajlardan elde edilen bulgulardan andezitlerin dasitlerden daha genç olduğu gözlenmiştir (AYGEN, 1956; KRUSHENSKY, 1971; AKYOL 1976).

Volkanik kayaçlar sahada dasit ve andezit olarak ayrılmıştır. Altere dasit olarak alınan örneklerden riyolit ve riyodasitte saptanmış-

tır. Hakim volkanik kayalar dasit ve andezit-
tir.

Çalışma alanının doğu kesiminde çökel
kayalar ile volkanik kayalar arasındaki do-
kanak faylıdır. Batı bölümünde ise andezit-
ler Triyas yaşlı bloku seriyi örtmüştür. Özel-
likle doğu dokanakta, sedimenter parçalar, da-
sit içinde anklavlar şeklindedir. Bu tektonik
oluşum Balya madenin yerleşmesinde önem-
li bir etkidir.

a) Dasit :

Bölgeden alınan 75 adet dasit örneği üze-
rinde yapılan ince kesitlerin mikroskopik in-
celemeleri sonucu genellemede:

Ayrışmış olan dasitler porfirik yapıda bir
dokuya sahiptir. Ve bu doku içinde, fenokris-
taller halinde mineraller dağılım göstermekte-
dir.

Hamur, genellikle kil minerallerinden
oluşmakta, ayrıca, oligoklas mikrolitleri, ku-
vars, kaolen, biyotit ve serizit pulcukları var-
dır. Kuravs mikrokristaller şeklindedir.

Fenokristaller: Kuravs, plajiolklas, felds-
pat ve kornblend minerallerinden oluşmuş
rışmış durumdadır. Plajiolklaslar genellikle;
olup, bunlar genellikle bütün örneklerde ay-
oligoklas ve andezin karakterindedir. Felds-
patlar az miktarda Ortez ve mikroklin olarak
görölmektedir.



Foto 5 : Biyotitli korablendli dasit, 100x

Kuvars: açık gri, dağınık bulunan kristaller.
Amfibol: sağ ortada, koyu renkli, kristal
Biyotit: sol ortada, opozitleşme göstermekte.
Hamur: çamsı malzeme ve mikro oluşumlar
şeklinde plajiolklas ve mafitten ibarettir.

Tali mineral olarakta: Apatit, epidot, klo-
rit, kalsit izlenmiştir.

Ayrışma (Alterasyon): Plajiolklas ve felds-
patların ayrışması ile; serizit, limonit, kalsit,
kilmineralleri, kaolen, ender olarakta damurit-
leşme görölmüştür (Levha 2, Foto 1).

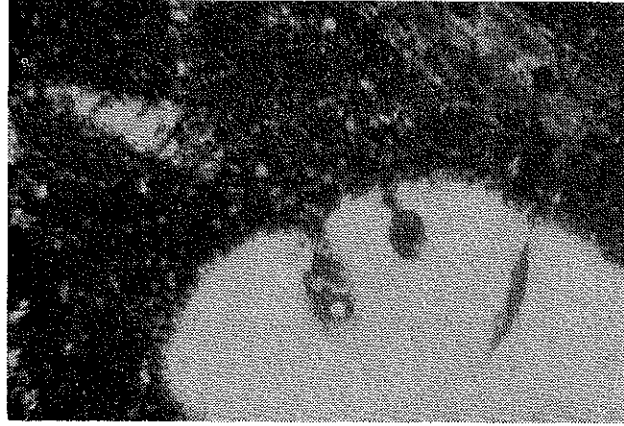


Foto 6 : Riyodasit, 100x

Kuvars: beyaz renkli, büyük, hamur tarafın-
dan yenme gösteren, fenokristal.

Feldspat: kuvars, sanidin, ayrışma gösteren
mafitten oluşmaktadır. Koyu renkli benekli
olan kısım.

b) Riyodasit

Balya yakınından alınan ayrışmış ve kah-
verengimsi kayanın mineralojik incelenmesi
sonucu riyodasit saptanmıştır (Levha 2, Fo-
to 6).

Doku: örnek, porfirik tekstür gösteren
fenokristallerden oluşmaktadır. Hamur ince
kristaller şeklinde alkolfeldspat, plajiolklas ve
kuvarstan oluşmaktadır.

Esas mineraller:

Kuvars: Otomorf kristalleri ile temsil
edilmekte. Fenokristaller halinde fazlaca gö-
rölmemektedir.

Alkolfeldspat: Sanidin ve az miktarda
anortoklaslardan oluşmaktadır. Hamur için-
de fenokristaller halinde bol miktarda bulun-
maktadır. Sanidin, çoğunlukla kristal içinde
mikro taneli kil minerallerine ve dilinim bo-
yunca filon şeklinde uzun ve ince pertitlere dö-

nüsmüştür. Bazı Sanidin kristallerinde, tane kenarlarında iğ şeklindeki pertitler alkalfeldspata zonlu yapı kazandırmıştır. Alkali feldspatların ayrışma ürünü olarak; serizit ve muskovit izlenmiştir.

Plajioklas: Andezin karakterinde olup, serizit ve muskovite dönüşmüşlerdir.

Hornblend: nadiren muhafaza edilmiştir. Hornblendin birincil özelliği tamamen kaymıştır.

Biyotit: birincil özelliği kaybolmuştur.

Ayrışma (Alterasyon): Andezin olan plajioklaslar, ayrışma ürünü olarak serizit ve muskovite dönüşmüşlerdir. Bunlar kayalıkta belirli bir yönelme kazanmışlardır. Alkali feldspatlar da aynı ayrışma özelliklerini göstermektedir.

Örneğin mikroskopik incelemesinde, serikayacın az da olsa metamorfizma geçirdiği izizit ve muskovitlerin, yönelme göstermesini vermektedir.

c) Riyolit

Balya yakınında alınan 2 örnek riyolit olarak saptanmıştır. Mikroskopik incelemesi (Levha 3, Foto 7):

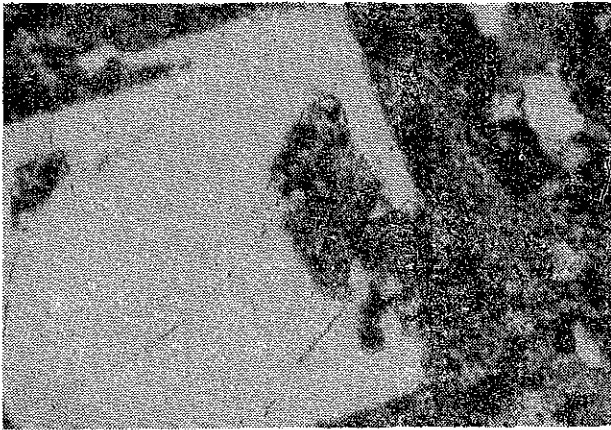


Foto 7 : Riyolit, 100x

Kuars: hamur tarafından yenme gösteren (beyaz) idiomorf fenokristali.

Hamur: serizit ve kil minerallerine dönüşmüş, mikro oluşumlar halinde kuvars içermekte.

Doku: Porfirik tekstür göstermekte. Camı maddesi yoktur. Mikrotaneli hamur madde-

si: sanidin, kuras, kaolon ve serizitten oluşmaktadır. Ayrıca hamur içinde, bol miktarda, saçılmış küp şeklinde opak mineral mevcuttur. Çok küçük taneli opak mineralin, feldspatların dilinimi doğrultusunda dizildiği ve yoğunlaştığı izlenmektedir.

Esas Mineraller:

Kuars: hamurda ve fenokristaller şeklinde, içinde feldspat enklüzyonları olan otomorf kuvars izlenmiştir.

Plajioklas: oligoklas ve andezin karakterindedir.

Alkalfeldspat: alkali feldspat, çoğunlukla sanidin ve bazı durumlarda ortoklas olarak izlenmiştir.

Biyotit: çok az, altere olarak izlenmiştir.

Hornblend: az izlenmektedir.

Ayrışma (Alterasyon): Alkali feldspatların ayrışması ile; kaolenleşme, serizitleşme ve kalsitleşme göstermektedir. Alterasyon fazla olduğu için bazen sadece kristal iskeletleri ile tanınmaktadırlar.

d) Andezit

Balya ilçesinin, batısında ve kuzeyinde geniş yayılımı olan andezitler; gri ve koyu gri renkli, yer yer kabuğumsu ayrışma göstermekte. Andezitler de dasitlerde olduğu gibi, ayrışmaya uğramışlardır (Levha 3, Foto 8).



Foto 8 : Biyotitli, hornblendli andezit, 100x

Biyotit kristalleri: sol köşede, ortada belirgin, dilinimli.

Hamur: ince mikro çubuklar şeklinde (koyu renkli) plajioklas, hornblendler (açık) ve kristallenme gösteren camı (açık) malzemenin oluşmaktadır.

Balya'nın güneyinde, Darıderesi köyü yakınından alınan bir andezit örneğinin mikroskopik incelemesi sonucu:

Doku: Numune porfirit tekstürlüdür. Hamur (makris) hipokristalin olup, kil ve kaolen mineralleri az miktarda biyotit ve plajiyoklas mikrolitlerinden oluşmaktadır.

Esas Mineraller:

Feldspat: az izlenmiştir.

Hornblend bol miktarda, idiomorf taneler şeklinde izlenmektedir.

Biyotit: bol miktarda, idiomorf taneler şeklinde izlenmektedir.

Opak mineral: hamur içinde homojen dağılmıştır.

Numune düzensiz kalsit damarları ile kesilmiştir.

Ayrışma (Alterasyon): Ayrışma ürünü olarak kil ve kaolen mineralleri oluşmuştur.

e) Bazalt

Çalışma alanında, Darıderesi köyü civarında küçük bir bazalt mosturası izlenmiştir (Ek 1).

Buradan alınan örneğin mikroskopta incelenmesi :

Doku: Porfirit tekstür göstermektedir. Hamur, ojit ve plajiyoklas mikrolitleri, apatit çubukları, çok küçük taneli olivino, opak mineral ve bir miktar camı maddeden meydana gelmektedir.

Esas Mineraller :

Bazik plajiyoklaslar: iri taneli bazik plajiyador ve bitovnit tamamen sosuritleşmiş, epioklaslar, labrador ve bitovnitten ibarettir. Labdot ve zoisite dönüşmüştür.

Ojit: Fenokristal şeklinde idiomorf taneli olup, çoğunlukla kloritleşmiştir.

Olivin: küçük taneli olan olivinler daha fazla serpantine dönüşmüşlerdir.

Ayrışma (Alterasyon) :

Labrador ve bitovnit sosuritleşmiş ve epi-

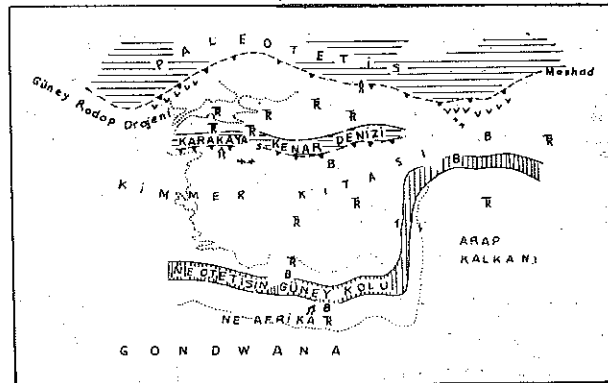
dot ile zoisite dönüşmüştür. Ojit fenokristalleri kloritleşmişlerdir. Olivin kristalleri ise genellikle serpantine dönüşmüştür.

IV. 1. 5 — AALÜVYON ÇÖKELLERİ

Çalışma alanında, alüvyon çökelleri bulunmaktadır. Akarsular derin vadiler meydana getirerek akılmaktadırlar. Alüvyon sahaları narlarında, dar alanlarda, çakıl zaman zaman büyük çakıl, kum ve toprak örtüsü şeklindedir. Çimentolanmamışlardır. Teras çakılları bulunmamaktadır. Maden dere ile Balya derelerinin yataklarında ziraate elverişli çok küçük alanlar bulunmaktadır. Önemli değildir (Ek 1).

III. 2 — TEKTONİK EVRİM

Çalışma alanı, Batı Pontit (KETİN, 1966) kıtasının güneyinde bulunan Sakarya kıtası (SENGÖR, YILMAZ, 1981) nın batı kesimi üzerindedir. Sakarya kıtası ile Batı Pontitler, Kuzey Anadolu transforme (dönüşüm) fayı ile kenetlenmişlerdir. Ege graben sistemini oluşturan K-G gerilim kuvvetlerinin zayıfladığı ve Kuzey Anadolu transforme (dönüşüm) fayının kopmasyon (sıkıştırma) kuvvetlerinin yoğun olduğu bir bölgedir (Şekil, 3 Ek 1).



Şekil 3- Permo-Triyas'ta tektonik birliklerin bağlı ilişkileri ve tektonik konumlarını gösteren harita (Sengör ve Yılmaz, 1981 den)

Ayrıca Kuzey Anadolu transforme fayının KD-GB yönüne dönüş zonuna yakındır. Bu iki kuvvet sisteminin etkin ve plaka tektoniği bakımından birçok sorunları olan bir alan içindedir. Daha önce bu bölgede araştırmalarda bulunanlar, ARNİ (1939), AYGİN (1956) MOHR (1958), BRIKMAN (1971), bölgenin je-

olojisinin ve yapısının karmaşık olduğunu belirtmişlerdir. Yazar bu karmaşıklığın nedeni, bölgenin jeotektonik evriminde etken olan Ege graben sistemi ile Kuzey Anadolu transforme fayının oluşturduğu kuvvet dengelerinin yoğunlaştığı bir alanda olmasına bağlanmaktadır.

Ege graben sistemi içinde oluşan faylar ve açılma doğu-batı yönlüdür. Bu oluşum K-G gerilim sistemi içindedir. Marmara denizine yaklaşıldığında Kuzey Anadolu transforme fayının etkisi ile faylar, KD-GB gidişli olmaktadır. Ege Anadolu Plakasının belirgin D-B gidişi (MCKENZIE, 1972; ŞENGÖR, 1980) bu bölgede etkinliğini azaltmaktadır. Diğer bir deyişle, bölge, Kuzey Anadolu transforme fayının hemen güneyinde, Sakarya kıtasının batı sıkışma zonu içindedir. Ayrıca, Egede oluşan K-G yönlü gerilim tektoniğinin etkinliğini azalttığı zonu içindedir. Bu nedenle saha, yapısal jeoloji bakımından karmaşık görünümündedir.

Çalışma alanında en yaşlı litoloji Permiyen kireçtaşlarını bloklar şeklinde içeren Üst Triyas formasyonlarıdır. Kireçtaşlarının genç litolojiler ile dokanakları genellikle faylıdır. Tri-kuzeydoğu-güneybatı gidişli olduğu ve Permiyas formasyonlarının, genel doğrultularının, yeni kireçtaşlarının Üst Triyas havzasına ise KD-GB doğrultusunda ve doğudan batıya bir itilme ile geldiği ve bu itilmede Karakaya kenar denizi sırasında, özellikle Üst Triyas'ta Sakarya kıtasında bulunan Uludağ masifinin Kadağ masifine yaklaşmasının önemli etken olduğu düşünülmektedir.

AYGEN (1956) Permiyen bloklarını «Balya saryajı ismini verdiği Üst Triyas üzerine atılmış olarak düşünür. MOHR (1959) «Permiyen ve Triyas kayaların pek fazla katlanmış ve birbiri üzerinde bulunduğunu» söyler. GJELSVIK (1952) bölgenin tektoniğini devrik kıvrımla izah eder. Ve «biri kuzey-güney, diğeri doğu-batı istikametinde» iki kıvrım sistemine ait «mihver» saptandığını söyler. Permiyen kireçtaşlarını daima Üst Triyas formasyonları üzerinde düşünürler. Üst Triyas üzerinde ve içinde Permiyen kireçtaşı blokları saptan-

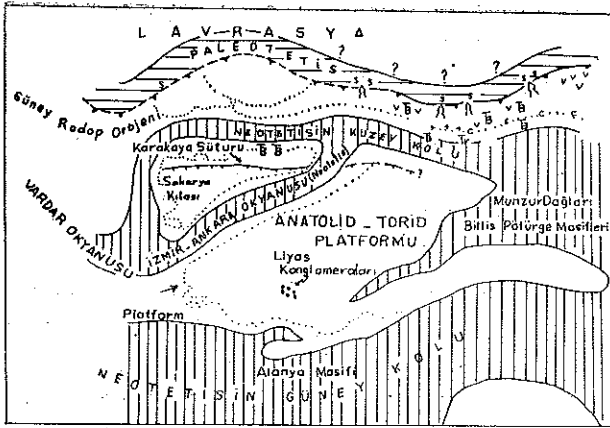
mıştır. Üst Triyas çökeltme (sedimentasyon) havzası içinde ve üstünde görülen kireçtaşı yabancı (allokton) bloklarının tektonik evrimi de farklı düşünülmektedir.

Çalışma alanında ve dışında bulunan, kireçtaşı bloklarının, Üst Triyas çökeltme havzası içine, Üst Triyas tavan (regresif) çakıltaşının çökeltme başlangıcına kadar geldiği düşünülmektedir. Blok kireçtaşları havzada gelişen düşey blok hareketlerin sonucu çekim kaymalarıyla gelmiştir. Bu evrim içinde tektonik sınır kesinlik göstermez.

BİNGÖL ve diğerleri (1973), Balya yöresinde, fosilli Üst Triyas yaşlı olarak saptanan formasyonu, Karakaya formasyonu olarak isimlendirirler. Balya ve civarında Permiyen yaşlı blok kireçtaşları fosilli Üst Triyas içinde bulunmaktadır. Bergama-İvrindi-Balya-Gönen-Manyas zonu doğu kesimi ile batı kesimi Üst Triyas içindeki Permiyen kireçtaşı bloklarının varlığı bakımından farklılıklar göstermektedir. Örneğin: Balya-Yenice yolu üzerinde Alancık köynün batısında ve Havran'ın kuzeydoğusunda İnönü köyü dolaylarında Üst Triyas içinde Permiyen kireçtaşı blokları izlenememiştir (AKYÜREK, 1979, sözlü katkı).

Tavan (regresif) çakıltaşının çökeltmeye başlamasıyla kabukta gittikçe dozunu arttıran kompresyon kuvvetlerin geliştiği düşünülmektedir. Gelişen kompresyon kuvvetleri, Üst Triyas regresyonu ile son bulmakta, bu zaman süreci içinde, Karakaya kenar denizi tamamen çekilmektedir. Çalışma alanının dışında Üst Jura-Alt Kretase diskordan olarak Üst Triyas üzerine gelmektedir. Üst Triyas'ın üzerine sarye olan Permiyen kireçtaşları, Üst Triyas tavan çakıltaşının çökeltiminden sonradır.

Bölgede Karakaya kenar denizi, Triyas başından itibaren açılmaya başlamıştır. Çalışma alanında Üst Triyas'ta kapanan bir deniz görünümündedir (Şekil 3,4). Ancak bu açılma, Orta Triyas'ta çalışma alanının batısında ve güneyinde meta kumtaşı ve metamilitaşlarının çökeltiminden sonra kapanmaya başlamıştır. Olgun bir okyanuslaşma sözkonusu değildir. Çalışma alanında Üst Triyasta, kil-



Şekil 4.- Liyasta tektonik birliklerin bağlı ilişkilerini ve tektonik konumlarını gösteren harita (Sengür ve Yılmaz, 1981 den.)

taşı, miltası, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ardalanması ve bunların üzerinde çakıltasının çökmesi ile de kapanma sürecini tamamlamıştır. Karakaya kenar denizi, Paleotetis'in dalma-batma zonu üzerinde açılıp kapanan bir deniz görünümündedir. Çalışma alanında Üst Triyas'tan sonra denizel malzeme çökelişi izlenmemiştir.

Gerek inceleme alanında ve gerekse Kuzeybatı Anadolu bölgesinde volkanitlerin yayılımı geniştir. Volkanit faaliyet genellikle Eosen'de başlamış, çeşitli evrelerde Üst Pliyosen'e kadar devam etmiştir. Kalkalkalin türde: andezit, dasit, riyodasit, riyolit; alkalın türde ise: bazalt ve trakitlerdir. Kalkalkalin volkanizma özellikle Gediz, Simav, Sındırğa, Bilgadiç, Tavşanlı, Dursunbey, Orhanlı, Gönen, Manyas, Susurluk, Edremit, Balya, Biga, Bayramic, Çanakkale, Ayvalık dolaylarında yaygındır. Genellikle Miyosen, özellikle Üst Miyosen'de volkanik faaliyet yoğunudur. Kalkalkalin grup volkanizmanın yaygın olduğu bölgelerde, alkalin grup volkanizma da izlenmiş olup, bunlar Pliyosen yaşlıdır (ERCAN, 1979).

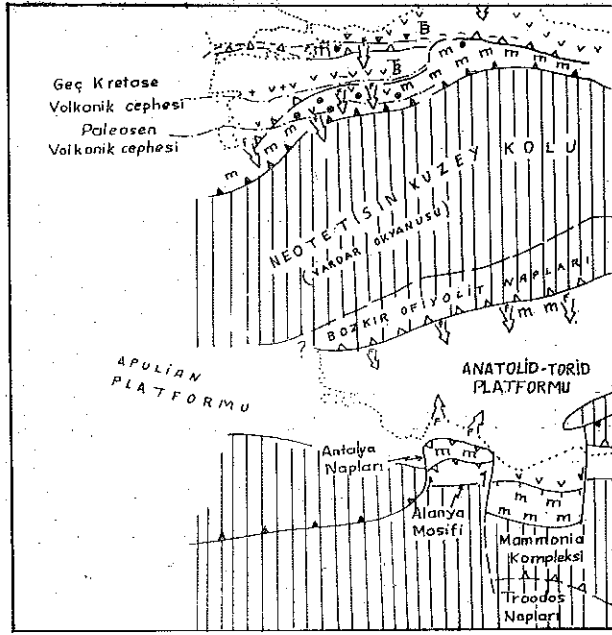
Kalkalkalin gruba dahil volkanitler, levha kenarlarındaki yitme zonlarına bağlı ada yaylarında, veya kıta kenarında, kitakenrı volkanizma ürünü olarak oluşurlar. Bu olguya plütonizma da eşlik eder. Günümüzün birçok ada yaylarında, andezit, dasit, riyolit kayaların oranları yüksektir. (MIYOSHİRO, 1972). Ayrıca birçok ada yayları, gabroyik ile granodiyoritik bileşimli sokulumlar içerir.

Çalışma alanında kalkalkalin volkanizma

ürünü olan, dasit, riyodasit, riyolit ve andezitler ile alkalin volkanizma ürünü olan ufak bir bazalt mostrası izlenmiştir (Ek 1.). Balya cevherleşmesinin, dasit ile çökel kayalar arasında yataklanmasının Balya yöresinde ve derinlerde kıtasal bir asit sokulum (granitgranodiyorit) olasılığını düşünmektedir (Ek 2). Bu sokulum ve Kırmızı tepeden geçen büyük tektonik hat, Balya'da kontakt pirometasomatik cevherleşmeden, hidrotermal cevherleşmenin son safhasına kadar gelişen farklı zaman aralıklarında kompleks cevherleşmeyi oluşturmuştur. Bu oluşum Sakarya kıtasının jeotektonik evrimi içinde oluşan ada yayları ve kıtaların çarpışması ile doğrudan ilgili görülmektedir. Bu ilgi tüm Kuzeybatı Anadolu bölgesinde oluşan pirometasomatik cevher yataklarını içermektedir.

Kıtaldaki maden yataklarının büyük bölümünü eriyiklerden türeyenler oluşturmaktadır. Ekonomik bakımdan da en önemli olanlar sülfid yataklardır. Sülfid yataklarının çoğunun, günümüzdeki ya da eski, yakınsayan levha kenarlarında oluştuğu görüşü yaygındır. Sülfid yataklarını yakınsayan levha kenarlarına konsantre eden işlemler ise, içine doğru dalan ve orada eriyen litosferik levhadan çıkan mineral yapıcı eriyiklerdir (RONA 1973). Yakınsayan levha kenarları boyunca yer alan metalik sülfid yatakları Japonya'da, Filipinler'de, Amerika'da, Avustralya'da, Afrika'da, Türkiye'de görülmektedir. Traklayan levha kenarlarında da maden yatakları oluşmaktadır. Ancak yayılımları geniş değildir.

Kuzeybatı Anadolu'da gelişen ve Balya madeninin oluşumuna neden olan magmatik aktivite Üst Kretase-Eosen aralığında devam eden plaka hareketlerinin sonucudur (Şekil 5). Balya cevherleşmesinin oluşumuna neden olduğu düşünülen granit-granodiyorit sokulumları, Balya maden sahasının derinliklerine yerleşmiştir. Sokulumun başlangıç aşamalarında oluşan hornfels, daha sonra skarn mineralleri ve daha sonra da cevherleşme ile son bulmuştur. Magma sokulumundan sonra oluşan kalkalkalin volkanik kayalar ile cevherleşme olgusu son bulmamış, kalkalkalin mag-



Şekil 5 - Üst Kretasede tektonik birliklerin bağıl ilişkilerini ve tektonik konumlarını gösterir harita (Şengör ve Yılmaz, 1981 den)

se ve Tersiyer magmatik faaliyetine bağlı olarak gelişmiştir.

III. 2. 1 — FAYLAR

Çalışma alanında çeşitli özellikte faylar saptanmıştır. Genel doğrultuları KD-GB'dir. Ayrıca bu doğrultuya dik gelen birkaç ufak fay da izlenebilmiştir (Ek. 1).

«Büyük fay» ismi verilen ve Kırmızı tepeden geçen fay, çalışma alanının içindeki en büyük kırık zonudur. Bu fay, Permiyen kireçtaşı ve Üst Triyas çökelleri ile dasit ve andezitlerin dokanağında bulunmaktadır. Fay mosturasının üzerinde yapılan incelemelerden, yaşının dasitlerin yaşında eski olduğu düşünülmektedir. Zira dokanakta dasitlerde tektonik izler saptanamamıştır. Fakat kireçtaşının düşeye yakın olduğu saptanmıştır. Ancaklarında birleşme görülmüştür. Fay düzlemlerine doğru kuzeybatıya eğimli olduğu ve eğim derecesinin elli civarında bulunduğu düşünülmektedir.

Diğer bir düşey fay da, Balya'nın kuzeyinde ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanmaktadır. Bu fay, genç bir doğrultu atımlı fayla kesilmiştir. Ayrıca Balya'nın güneyinde ve güney doğusunda dik birtakım faylar saptanmıştır (Ek 1).

III. 2. 2 — EKLEMLER

Permiyen kireçtaşları ile dasitler üzerinde yoğunlaştırılan eklem çalışmaları sonucunda: Permiyen blok ve yabancı örtü kireçtaşları havzaya tektonik olarak geldiğinden yapılan eklem ölçülerinde belirli yapı özelliklerini çıkarma olanağı yoktur. Geliş bloklar halinde olmuştur. Permiyen kireçtaşlarına ait 261 adet eklemde ölçülen doğrultuların 45 adedi K40-50D, 42 adet K20-30B, 40 adedi de K30-40B doğrultusundadır. Permiyen kireçtaşına ait 261 adet eklem üzerinde ölçülen eğimlerin 29 adedinin eğim istikameti K60-70B, 27 adedinin eğim istikameti K10-20D, 27 adedinin eğim istikameti G20-30B ve 22 adedinin eğim istikameti K40-50B'dir. Çatlak sistemlerinin çoğunluğunun K10-40D ve K10-30B doğrultulu olduğu saptanmıştır. Bu eklem sistemleri geliştirilen kuvvetlerin kaba hatlarıyla D-B doğrultulu olduğu düşünülmektedir (Ek 1).

matizmanın son safhasında oluşan hidrotermal eriyikler, tektonik zonlara bağlı olarak dir. Zira Permiyen kireçtaşlarında ve dasit-kireçtaşı dokanağında kontakt metasomatik cevherleşmenin içinde ve üst kesimlerinde breşik zonda görülmektedir. Damar tipi cevherleşme, dasit çatlaklarında ve ayrılmış dasit içinde de az saçılmış olarak görülür. KKD-GGB gidişli tektonik-magmatik bir zon içine yerleşen Balya cevherleşmesi, Ilıca-Şanlı granodiyorit sokulumuna yakındır. Tersiyer yaşlı olan bu sokulumlar, genellikle Paleozoik, Mezozoik litolojiklerini dokanak başkalaşıma uğrattığı saptanmıştır. Granit-granodiyoritlerin oluşumuna neden olduğu düşünülen okyanus kabuğu ve katıdan gelen kitasal parçaların ergimesi, daha sonraki aşamalarda yörede yoğun bir kalkalkalen magmatizmanın oluşmasına eden olmuştur. Balya ve civarında Miyosen'e kadar devam eden kalkalkalen magmatizma ürünü dasit, riyodasit, andezitler mevcuttur.

Balya'da ve KB Anadolu'da meydana gelen cevherleşmeler, bir yararlı havza içinde gelişen Karaya karmaşığı (ŞENGÖR, YILMAZ 1981) nin tektonik zonlarında, hidrotermal ve dokanakta pirometasomatik tipte Üst Kreta-

Dasitlere ait eklemeler üzerinde yapılan incelemede:

Hakim doğrultuların K40D ve K60D dur. K40D doğrultulu olanların hakiki eğimlerinin ortalaması 80GD dur. K60D olanların hakiki eğimlerinin ortalaması ise 35 KB dır. Bu eklemelerin KB ve GD yönlü basınçların etkisi ile oluştuğu söylenebilir.

IV — EKONOMİK JEOLJİ

IV.1 — CEVHERLEŞME

Tektonik, stratigrafik ve magmatik olguların uygunluğu nedeni ile, Balya cevherleşmesi oldukça geniş bir alana yayılmıştır. Bu nedenle cevherli sahalar ayrı ayrı isimlendirilmiştir (Ek 1).

Balya maden yatağı cevherleşmesi kompleks bir cevherleşme olup, yatak kurşun-çinko tenörünü çokluğu nedeniyle, «Balya kurşun-çinko madeni» olarak tanımlanmıştır.

Balya cevherleşmesi tip ve biçimlerine göre şöyle sınıflandırılabilir :

IV. 1. 1 — DOKANAK ORTANMA (kontakt matesomatik) TİPİ CEVHERLEŞME

IV. 1. 2 — HİDROTERMAL TİPİ CEVHERLEŞME

IV. 1. 1 — DOKANAK ORNATMA (kontakt metasomatik) TİPİ CEVHERLEŞME

Balya sahasının, stratigrafik, yapısal, magmatik birimleri, bu yöre için, dokanak ornatma tipi yataklanmanın oluşumunu kolaylaştırıcı ve yatağın maden potansiyelinin boyutlarını büyültücü niteliktedir.

Gerek saha çalışmaları ile elde edilen veriler ve gerekse sondajlı çalışmalarla elde edilen bulgular, yatağın bir dokanak başkalaşım (kontakt metamorfik) zon içinde oluştuğunu göstermektedir.

Başkalaşım süreci içinde, sıcaklıkların en yüksek olduğu dokanak alanından, hiç değişmemiş yerli kayaya kadar, geniş sıcaklık aralığı içinde mineralojik bakımdan, farklı dönüşüm derecelerine karşıt gelen değişik zonlar

ayrılanabilir (LINDGREEN, 1933; SINGWALD, 1959; DUONF, 1969; WINKLER, 1974; ÖZTUNALI, 1973).

Mağmanın sokulumu sonucu, ısı ve basıncın etkisi ile, yan kayacın, kimyasal ortamının değişmediği koşullarda hornfelsler oluşur. Hornfels kayalarının yanında, özellikle, kireçtaşı, killikireçtaşı, dolomit, dolamitik kireçtaşlarının bulunduğu ortamlarda, magma sokulumunu takip eden zaman süreci içinde, magmadan çıkan ve soıcaklıkları 400° C'nin üzerinde sıcak solüsyonların etkisi ile, yöre kayaları ornatılır. ve bunun sonucunda «skarn» olarak tanımlanan silikat toplulukları oluşur (GBIJER ve MAGNUSSON, 1952).

Sokulumun oluşturduğu, ısı, basınç ve yüksek ısıdaki solüsyonların yan kayalarda etkileri ve yeni kayaç oluşum şartları, hornfels ve skarn minerallerinin oluşum şartlarıdır. Bu nedenle, dokanak başkalaşım (kontakt metamorfik) zon içinde, her iki kayaçta iç içe geçmiş durumda bulunmaktadır. Balya maden yatağında Arı-Orta ve Sarısu sahalarında yapılan sondajlı çalışmalarda durum izlenmiştir.



Foto 9 : 100x, Pirit (sağda) sfalerit (solda koyu gri) arasını dolduran galenit (gri-beyaz)

Cevherleşme görünürse, dasit ile daha eski formasyon olan, yöre kayacı, Üst Triyas yaşlı Permiyen kireçtaşı bloku, kiltası-miltası-kumtaşı-killikireçtaşı ardalanması arasında da bulunan dokanak başkalaşım (kontrakt metamorfik) zonu içinde bulunmaktadır. Maden yatağının oluşumu için gerekli olan ortamın:

IV.1.1.A — STRATİGRAFİK OLGULAR

IV.1.1.B — YAPISAL OLGULAR

IV.1.1.C — MAGMATİK OLGULAR'ına göz atılacak olursa:

IV.1.1.A — STRATİGRAFİK OLGULAR

Balya cevherleşmesinde Permiyen kireçtaşı bloklar, önemli ölçüde rol oynamışlardır. Yer yer dolomitik olan bu kireçtaşları, skarn zonlarının gelişmesinde önemli etkindir. Kireçtaşı blokları, dokanak başkalaşım zonu içinde, mermer, dolomit, skarn mineralleri ve silisifiye kireçtaşına dönüşmüştür. Triyas'a ait ardalanma çökelleri ise: kuvarsit, meta-kumtaşı, hornfels ve skarn kayalarına dönüşmüşlerdir.

Karbonatlı kayalar, magmanın sokulmunden hızla etkilenen kayalardır. Yörede ise bu ortam fazlası ile mevcuttur. Özellikle, kireçtaşı, dolomit, killikireçtaşı izokimyasal ve allokimyasal şartlarda değişim için; sıcaklık, basınç, gaz ve sıvıların etkisi ile daima hazır bir ortamdır. Bu ortamda, reaksiyondan en fazla etkilenen, saf olmayan karbonatlı kayalardır (WINKLER, 1974, ÖZTUNALI, 1973; PARK and DIAMİD, 1975). Ortamda bulunan silis, alüminyum ve demir, kalsiyum oksit ile yeniden birleşmelere girmeye hazırdır. Sokulumu yakın zonlarda, granat kaya kütlesi, silikatlar ve cevher oluşur. Yöre kayada bulunan kumtaşları, genellikle kuvarsite dönüşmüştür. Metasomatik işlemler, ince damarlar da ve saçılmış olarak skarn minerallerine ve yer yer de cevherleşmeye neden olmuştur.

IV.1.1.B — YAPISAL OLGULAR

Bölgesel tektoniğin, bir mozayigini oluşturan Balya maden yatağının yapısal konumu, genel yapısal konumdan soyutlanmaz. Yatak civarında, gerek kireçtaşlarında ve gerekse faylı dokanaklarda yapılan inceleme ve araştırmalarda, dokanak ornatmayı kolaylaştıracak ve cevherleşmeyi sağlayacak yapısal birimler mevcuttur. Basitkireçtaşı dokanağı, Balya'nın doğusunda, büyük bir fay ile karşı karşıya gelir. Bu fay ve cevherleşmede büyük etkinliği olan kırıkların genel gidişi KKD-GGB'dir

(Ek 1). Aynı zamanda, cevherleşme birincil olarak bu faylı dokanakta, dokanak başkalaşım zonu içinde yerleşmiştir. Bu faylar ve zayıf dokanaklar, stratigrafik bakımdan, cevherleşmeye uygun ortam hazırladıkları gibi, bu uygun ortam içinde, magmadan türeyen cevherli solüsyonların dolaşımını da kolaylaştırıcı bir ortam oluşturmaktadır. Bu tip yataklar için en önemli etkenlerden biri olan yapısal etken (ÖZTUNALI, 1973), Balya sahası cevherleşmesi içinde en önemli etkindir. Yapıya bağlı olarak yatağın genel konumu KKD-GGB gidişli ve BKB'ya eğimlidir.

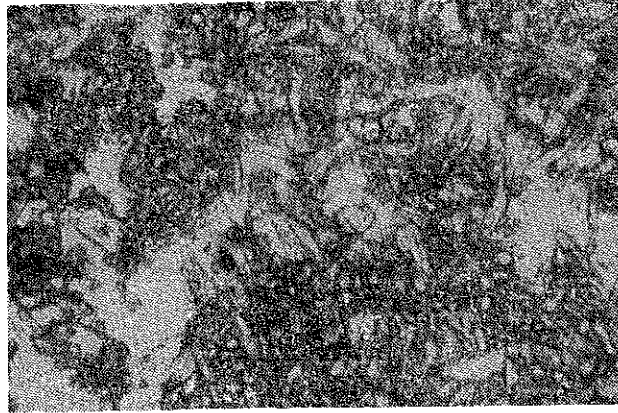


Foto 10 : 50x, Diyopsit; küçük, idiomorf, dik dilinim gösteren, yüksek rölyefli kristallerdir. Wollastonit; ışınsal, küçük prizmatik kristaller şeklinde görülenler. Albit: solda, altta ve üstte, beyaz renkli görülenlerdir. Kalsit: sağda beyazımsı renkli.
Tağ: Kalk.albit-diyopsit-wollastonit hornfelsidir.

Genellikle düzensiz olan dokanak ornatma tipi yataklar, Balya sahası içinde geçerlidir. Balya maden yatağı da, genel konumu ile düzensizdir. Ancak bu düzensizlik içinde, yapısal konturolden gelen genel bir düzenlenme söz konusudur. Bu da genel yapının gidişine uygundur. Fay ve blokluların zayıf dokanak zonlarına, cevherleşme genellikle paraleldir. Ve düzensizlik sadece, cevherleşmenin dış şekline indirgenir. Eklemlerin kesim zonlarında, fay zonlarında, içinde bulunan küçük blokların ornatılmasına paralel olarak, yumrulu cevherleşme, birincil kırıkların özelliklerine bağlı olarak gelişmiştir. Bu kırıklar, zon içinde dedüzensizlik gösterirler. Dokanakta, kalın kireçtaşı bloklarında, bu düzensizlik daha da be-

İrgindir. Kaba hatları ile, genel gidişleri belirli düzlem oluşturan ve BKB'ya eğimli olan bu gidiş, hem dokanakta ve hem de fay zonu- nun oluşturduğu ortamda meydana gelen ornatma işlemleri ile doğrudan ilişkilidir. Ge- rek Arı-Orta sahasında, gerekse Sarısu, Koca ve Karaca sahalarda tüm bu olgular geçer- lidir. Cevherleşme tektonik konum ile doğru- dan ilişkilidir. Yatağın açık mosturasını gör- me olanağı yoktur.

IV.1.1.C — MAGMATİK OLGULAR

Dokanak ornatma tipi cevherleşmenin oluşumu için geçerli ve en önemli olgu magma- tik olgudur. Balya sahasında görülen cevher-leşme, görünürde dasit-kireçtaşı bloku seri do- kanağındadır. Yine, dokanak başkalaşım zonu içinde, dasit, andezit, granik aplit, kuvars por- fir damarları ile başkalaşım kayaları izlen- mektedir (Ek 1,2).

Yüksek sıcaklık mineralleri içeren, bu zonların oluşumu için, dasitin yeterli olma- ya- cağı ve bu yörede, dasitlerin altında, veya ya- kınında asitik bir magma sokulumunun var- lığı düşünülmektedir (Ek 2). Bazı sondajlar- da kesilen granit aplit de bu düşüncemin kanı- tı olabilir.

Tektonik evrim, bir sokulum kayacının yerleşmesine uygun ortam oluşturmaktadır. Bandırma-Balya-İvrindi-Bergama zonu için- de ve Balya sahasının kuzey ve güneyinde granodiyorit sokulumlarının varlığı, Balya maden yatağının yakınında veya altında bir granodiyorit sokulumu oluşumunu daha da güçlendirmektedir. Gerçi, bu tip yatakların oluşumu, çok değişik bileşimde magmalardan meydana gelebilirse de genellikle bu tip cev- herleşmeyi oluşturan magma, kuvarşlı mon- zonit, kuvarşlı diyorit, granodiyorit gibi asit sokulumlardır. Balya yöresinde de cevherleş-meyi oluşturan magmanın granodiyorit bile- şimli olduğu düşüncesini güçlendirmektedir.

Yukarda anlatılan olguların, Balya doka- nak başkalaşım zonunun oluşması için uygun ortam hazırlanmıştır. Dokanak başkalaşım zo- nunun genişliği, hornfels, skarn ve cevher mi- nerallerinin zenginliği bunun kanıtıdır. Zon

içide, skarn ve hornfels kayaları girift bu- lunmaktadır.

IV.1.1.D — HORNFELSLEŞME VE SKARNLAŞMA

Başkalaşım zonunun oluşması için yöre kayalar, Balya sahasında şunlardır: Kireç- taşları, dolomitik kireçtaşları, killikireçtaşla- rı, killikireçtaşları, kumtaşları, milttaşları ve kilttaşlarıdır. Balya sahasından alınan örnek-lerden yapılan mineralojik analiz listesine ba- kıldığında, hokakan başkalaşım zonunda mey- dana gelen minerallerin oluşum şartları ve yan kayaç bileşimi, hornfels ve skarn zonları- nın hızla gelişmesini sağlayacak niteliktedir. Isı, basınç ve magmadan türeyen solüsyonla- rın da etkisiyle (Levha 4,5 Foto 10,13).

Arı-Orta sahasında yapılan sondajlı çalış- malarından, dokanak başkalaşım sonunun baş- lıca kayaları: hornfels, skarn, mermer, meta- kumtaşı, kuvarsit, dolomitik kireçtaşı, karma- şığıdır. Bu mineral toplulukları ve kayaların oluşumu, metamorfizma süreci ilişkilidir. Böy- le bir ortamda, çevre kayacının kimyasal bile- şiminin değişmediği koşullarda meydana ge- len başkalaşım sonucu hornfelsleşme sözkö- nusüdür. Hornfels kayaları, izokimyasal ko- şullarda meydana gelir. Yeni oluşan mineral- lerle, eski minerallerin kimyasal bileşimlerin- de bir değişim olmamıştır. Hornfelsin oluşu- mu sırasında, ortamın ısı ve basıncı ile baş- layan reaksiyon ve yan kayaların fiziksel ve kimyasal özellikleri gereği, bu reaksiyonlar sonucu, yörede bulunan karbonatlı kayalar- dan H_2O , OH , CO_2 gibi gazlar açığa çıkacaktır. Başkalarının ileri aşamalarında, H_2O ve CO_2 içeren mineraller azalacak ve gaz fazı ge- lişecektir. Bu da başkalaşım olayının hızlan- masını sağlayacaktır.

Balya maden yatağının oluşumu ile ilgili skarn sokulumlara doğrudan bağlı skarnlar- dır. Skarn yatakları, magma sokulumundan biraz uzakta da yerleşmiş olabilir. Balya ma- den yatağını oluşturan sokulum kayacının ke- sin yeri yüzeyden saptanamamıştır. Büyük bi- çimlilikle biraz derinlerde. Dasitin geniş ya- yılımı ayrışması, skarn ve hornfels zonlarının yatay ve düşey yönde, derine doğru ısı ve ba-

sınç özelliklerinin artması, dokanak başkalaşım zonuunun derine doğru, jeolojik ve jeofizik olarak sınırlandıramaması, sondaj çalışmalarında kuvars porfir ve aplit damarlarının keşilmiş olması, derinlerde asitik sokulum kayaç olasılığını güçlendirmektedir. Cevherleşme açısından da bu sokulumların önemi büyüktür.

WINKLER, (1974); sınıflamasına göre dokanak başkalaşım zonuun fasiyesleri:

- a — Albit-epidot hornfels fasiyesi
 - b — Hornblend hornfels fasiyesi
 - c — Piroksen hornfels fasiyesi
- dir.

Çalışmalar sırasında, yapılan sondajlardan alınan örneklerin mineralojik incelenmesi sonucu, Balya sahasında albit + epidot hornfels fasiyesine ilişkin şu parajenezler saptanmıştır (Levha, 4, Foto 11):

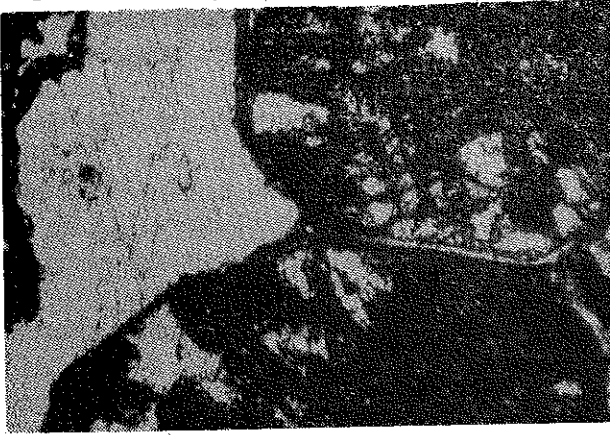


Foto 11 : 50x, Nikol +, Pirit: solda siyah renkli. Kalsit: solda, beyaz dilinimli. Granat: sağ tarafta iki iri kristal şeklinde, kenarları idiomorf şekilli, içinde, Albit (beyaz) enklüzyonları izlenmekte. Taş: Kalk + albit + granat hornfels.

- Kuvars + kalsit + epidot + albit hornfels
- Kalk + albit + granat hornfels
- Kalk + albit + epidot + granat + tremolit hornfels
- Kalk + albit + hornfels
- Kalk + albit + epidot + granat hornfels
- Kalk + albit + epidot skarn
- Kalk + silikat skarn
- Kalk + albit + grossular skarn
- Kuvars + kalk + epidot + albit skarn
- Andradit + epidot + klorid + dolomit skarn

Balya sahasında, Sarısu sahasından, Ari-Orta sahasının doğusuna doğru, eski işletme alanlarına gidildiğinde, düşük sıcaklık dokanak başkalaşım zonuunun fasiyesi olan albit-epidot hornfels fasiyesi izlenmektedir. Bu fasiyes 00°C sıcaklık ve 2000 bar basınç dolaylarında oluşmaktadır (WINKLER, 1974).

Eski işletme alanına girildiğinde, hakim cevherleşme, hidrotermal tipin yüksek sıcaklıkta (hipotermal) oluşan cevherleşme türüne geçmektedir. Nitekim KOVENKO (1940), AYGEN (1956) «Gang hemen hemen hiçbir zaman metamorfik kontakt minerallerini ihtiva etmez. Kontakt yataklarına ait olan tipik «skarn» bura admevcut değildir» der. Ve KOVENKO (1940) «Netice olarak Balya cevher yatağının metasomatik damar yataklar grubuna dahil olduğu söylenebilir» ve «Balya cevher yatağı 300°S'lik, yahut 300°C'ye daha yakın bir sıcaklıkta teşekkül etmiştir» der. AYDIN, ÖZTUNALI, (1981) yaptıkları çalışmada Sb/Bi oranlarına göre cevherleşmenin 220°C civarında oluştuğunu vurgulamaktadırlar. Eski işletme alanlarında Balya Sahasının doğusuna doğru yatak hidrotermal karakter kazanmaya başlar.

Albit + epidot + hornfels fasiyesi yatay ve düşey yönde batıya doğru, büyük faydan Balya ilçesine doğru, sıcaklık ve basıncın arttığı hornblend-hornfels fasiyesine geçmektedir. Hornblend-hornfels fasiyesine ilişkin şu parajenezler saptanmıştır (Levha 4,5, Foto 10-13):

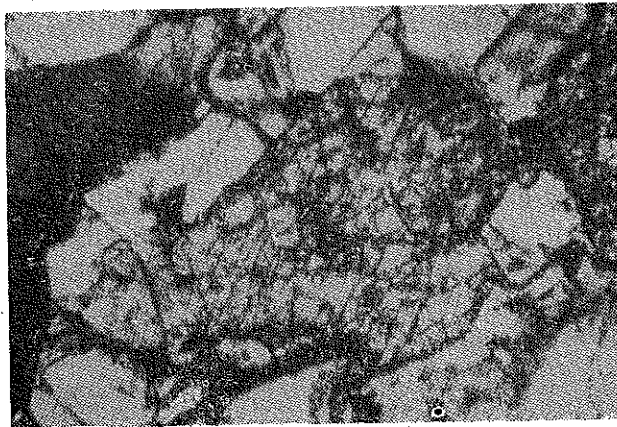


Foto 12 : 50x, Nikol+, Hedenberjit: ortada ve sağda, gri renkli, idiomorf dilinimli, Granat: idiomorf kristalli ve zonar yapı göstermektedir. Taş: Kalk-granat-hedenberjit skarn.



Foto 13 : 50x, Nikol+, Pirit: Kalsit: beyaz renkli ve çatlaklar içinde, Granat; diyopsit ve zoisit gri renkli, dağınık halde bulunanlar. Taş: Kalk-grossular-zoisit-wollastonit skarn.

Kalk + albit + diyopsit + wollastonit hornfels

Kalk + albit + epidot + wollastonit hornfels

Kalk + grossular + diyopsit + zoisit wollastonit hornfels

Kalk + albit + epidot + klinozoisit hornfels

Kalk + albit + andaluzit hornfels

Kalk + grossular + diyopsit + zoisit + wollastonit skarn

Kalk + grossular + hedenberjit skarn

Hornblend-hornfels fasiyesi başlangıcı 530 ± 15°C ve 1000 bar, 540 ± 20°C 2000 bar'dır (WINKLER, 1974).

IV.1.1.D.a — BALYA DOKANAK BAŞ-KALAŞIM ZONUNUN (skarn + hornfels) MİNERALLERİ :

a — Granat grubu mineraller :

Granat : $R_3''R_2''(SiO_4)_3$
 Andradit : $Ca_3F_2(SiO_4)_3$
 Grossular : $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
 Vezavianit (İdokraz) : $Ca_3(Mg, Fe)(Al, (OH), F)Al_2(SiO_2)_5$

b — Piroksen grubu mineraller:

Diyopsit : $CaMg(SiO_2)_3$

Ojit : $CaFe^{+2}Si_2O_6$
 Hedenberjit : $CaFe^{+2}Si_2O_6$
 Wollastonit : $CaSiO_3$

c — Amfiol grubu mineraller :

Antofillit : $(i_8O_2^2(OH)_2(Mg, Fe)_7$
 Aktinolit : $Si_8O_{22}(OH)_2(Mg, Fe)_3Ca_2$
 Tremolit : $Si_8O_{22}(OH)_2Ca_2Mg_5$
 Hornlend : $Ca(Mg, Fe)_3(SiO_3)_4(Al, Fe)_2O_3$

d — Epidot grubu mineraller :

Zoisit : $Ca_2(Al, OH)Al_2(SiO_4)_3$
 Klinozoisit : $Ca_2(Al, OH)Al_2(SiO_4)_3$
 Epidot : $Ca_2(Fe, OH)Fe_2(SiO_4)_3$

e — Susuz karbonat grubu mineraller:

Dolomit : $CaMgCO_3$
 Kalsit : $CaCO_3$

f — Dioksit grubu mineraller :

Kuvars : SiO_2

g — Klorit grubu mineraller:

Klorit : $Mg_3(Si_4O_{10})Mg_3(OH)_3$

h — Feldpat grubu mineraller :

Albit : $NaAlSi_3O_8$
 Ortoklas : $KAlSi_3O_8$
 Mikroklin : $KAlSi_3O_8$

i — Plajiolklas grubu mineraller :

Sikapolit : $(NaCa)_4Al_3(Al, Si)_3Si_6O_{24}(Cl, CO_3, SO_4)$

k — Nesosilikatlardan Andalusit grubu mineraller :

Andalusit : $(Al, Fe^{+3})_2(SiO_4)$
 Sillimanit : Al_2SiO_5

IV.1.1.M.b — BALYA DOKANAK BAŞ-KALAŞIM ZONUNDA İZLENEN CEVHER MİNERALLERİ :

Galenit : PbS

Sfalerit	: ZnS
Pirit	: FeS ₂
Kalkopirit	: CuFeS

Tali olarak izlenen mineraller :

Pirotin	: FeS
Markazit	: FeS ₂
Bizmutin	: Bi ₂ S ₃
Arsenopirit	: FeAsS
Fahlers	: Cu ₂ SbS ₃
Kozalit	: Pb ₂ Bi ₂ S ₅
Argentit	: Ag ₂ S
Bursait (?)	: Pb ₃ Si ₄ S ₁₁
Heyrovskit	: Pb ₆ Bi ₂ S ₉
Magnetit	: Fe ₃ O ₄
Hematit	: Fe ₂ O ₃
Pollanit	: MnO ₂
Piroluzit	: MnO ₂
Kadmiyum	: Cd

(Levha 5,6,7,8, Foto 13-24).

ların, magmadan türeyen, cevher içeren sulu solüsyonların yukarıya doğru çıkmalarına olanak verir. Böyle bir ortam, damar tipi hidrotermal maden yataklarının oluşumunu sağlar.

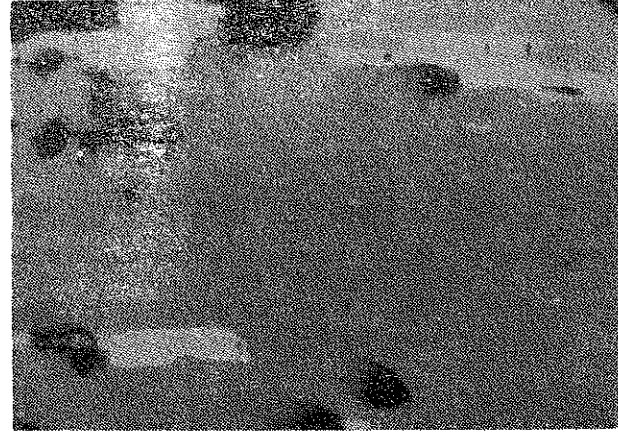


Foto 15 : 100x, Sfalerit (gri) içinde belirli kristalografik doğrultulara göre sıralanmış (beyaz) ayrılmaları.

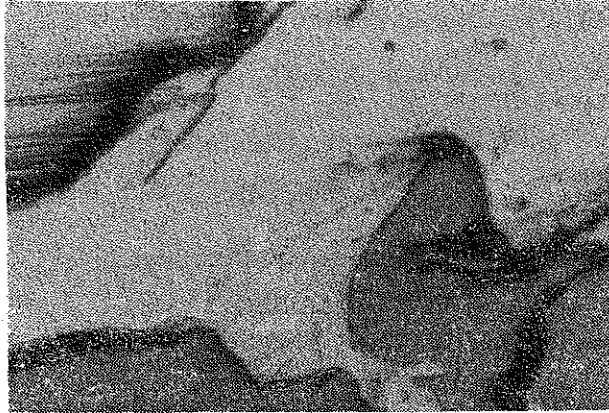


Foto 14 : 100x, tek nikol, Sfalerit (koyu gri) ve pirit (sol üst köşede boşlukları siyah), galenit (açık gri) tarafından ornatılmıştır.

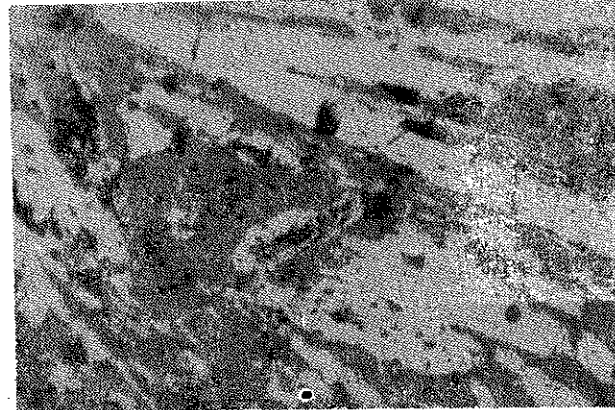


Foto 16 : 100x, gang (koyu gri) içinde çubukçuklar şeklinde magnetit (beyaz), boşluklar siyah.

IV.1.2 — HİDROTERMAL TİP CEVHERLEŞME

Balya maden sahasında, cevherleşme, sadece dokanak ornatma (kontakt metasomatik) tip cevherleşme olmayıp, hidrotermal tip cevherleşmede izlenmektedir. Tektonik zon içinde yerleşmiştir.

Hidrotermal tip cevherleşme: Kırık sistemleri, fay zonları, zayıf dokanak zonları, tabakalanma düzlemlerine yerleşmiş cevherleşmelerdir. Derinlere kadar inen tektonik çatlak

Balya Arı-Orta Sahasında, eski işletmelerin devamı olan ve dokanak ornatma (kontakt) metasomatik) tipi cevherleşmenin üstte, eski işletme alanlarına doğru tedricen katatermal tip cevherleşmelere geçtiği düşünülmektedir. İşletme sırasında bu sahalarda, çalışmış olan KOVENKO (1940), işletme alanlarında dokanak başkalaşım tipi cevherleşmenin olmadığını, yatağın hidrotermal tip yatak olduğunu söyler. Eski işletme sahaları, derine doğru, dokanak başkalaşım tipi cevherleşmelerle sıkı ilişkili olup, derine doğru bu tip yatağa geçmektedir. Sondajlı çalışmalarda, üst seviye-

lerde, dokanak başkalaşım zonunun üzerinde hidrotermal tip cevherleşmeler gözlenmiştir. Kireçtaşında, dasitlerin çatlaklarında breşik zonlarda izlenmiştir (Ek 2).

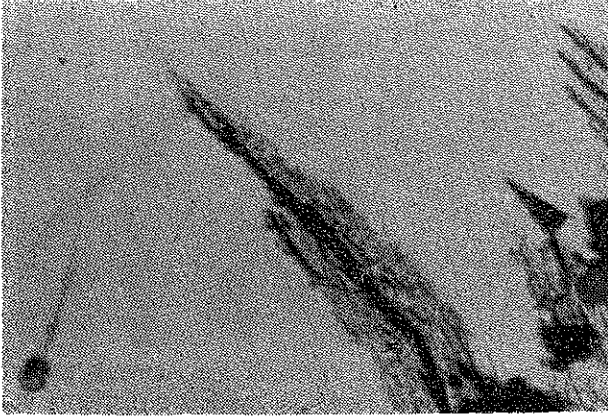


Foto 17 : 100x, Pirotin (açık gri) çatlağı boyunca pirit ve markazite dönüşmüş (keçemsi yüzeyli), Gang (siyah).

Hidrotermal yatakların meydana gelmesi için, Balya sahasının yapı unsurlarının uygun olduğu anlatılmıştı. Yapılan incelemelerde:

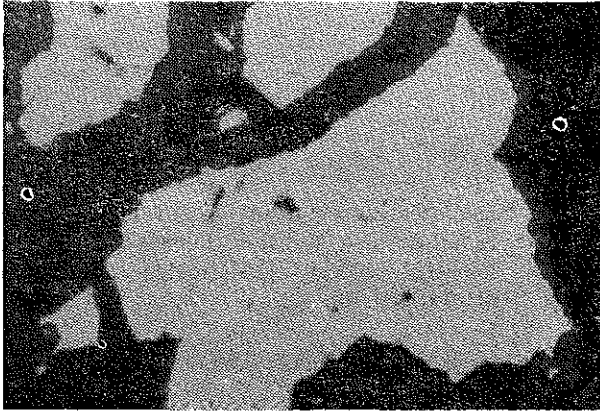


Foto 18 : 100x, Kalkopirit (beyaz gri), içinde sfalerit (koyu gri) ayrıntıları, Gang (siyah), Kalkopirit kataklastik doku gösteriyor. Kalkopirit içinde sfalerit ayrıntıları yüksek derecede oluştuğunu gösterir.

1 — Mineral yapıcı unsurları taşımaya uygun ortamın varlığı: Mineral yapı unsurlarının taşınmasına uygun ortam sulu ve akışkan ortam olup, magmadan çıkan eriyiklerin oluşturduğu ortamdır. Eriyikler kaynaktan uzaklaştıkça soğumaya ve uygun koşullarda içerdikleri mineralleri bırakmaya başlar. Bal-

ya sahasında, derin zonlardan yukarılara doğru dizilim, bu ortamla bağdaşmaktadır.

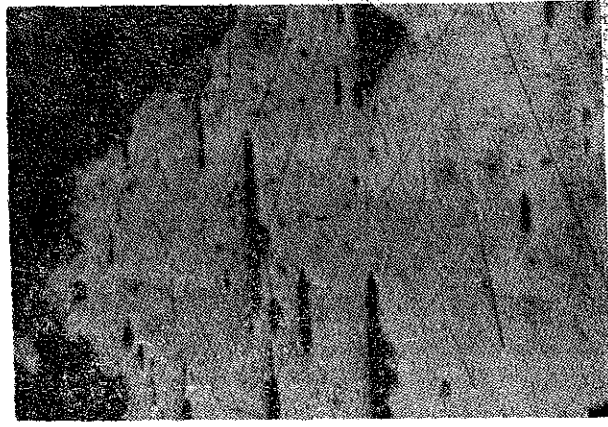


Foto 19 : 100x, Sfalerit (koyu gri)'i çevreleyen galenit (açık gri).

2 — Eriyiklerin içinden geçebileceği uygun boşluk kırık ve fay zonlarının varlığı: Cevher yapıcı solüsyonların geçebilmesi için, gerek kireçtaşlarında ve gerekse dasit-bloklu seri zayıf dokanak zonlarında mevcut kırık sistemleri ve kayalarda boşlukların varlığı önemlidir. Ve cevherleşmenin sebebidir. Balya maden sahasında ve dasitlerde görülen mineral içerikli çatlaklar, zayıf zonlar, faylı dokanaklar, cevherli solüsyonların geçmesini sağlayan uygun ortamları oluşturmaktadır. Tektonik bahsinde ayrıntılı anlatılan faylar ve bunlara bağlı gelişen, kırık sistemleri cevherleşme için uygun ortamlardır. Darıderesi civarında mangan çökelleri, kireçtaşlarının eklem ve karstik boşluklarında oluşmuştur (Ek 1).

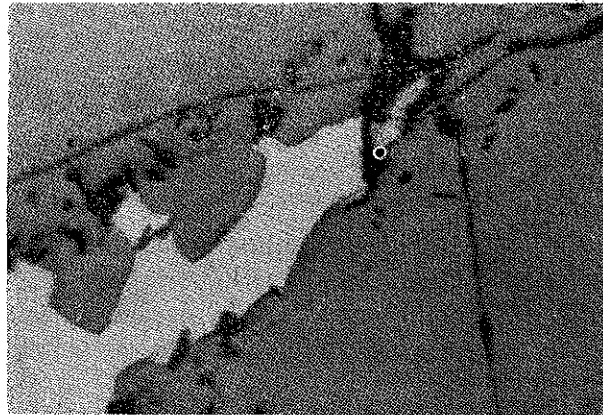


Foto 20 : 100x, Sfalerit (koyu gri), galenit (beyaz gri) tarafından ornatılmıştır. Gang damarcıkları (koyu gri), Boşluklar (siyah).



Foto 21 : 100x, Pirotin (açık gri), sfalerit (koyu gri) tarafından ornatılmıştır. Pirotin, dilinimleri boyunca, pirit ve markazite (sağ üst taraf) dönüşmüştür. Gang damarcıkları (siyah rengli), boşluklar (koyu siyah).

3 — Mineral çökeli mi için uygun ortamın varlığı: Balya sahasında genellikle hidrotermal cevherleşme, az karstik boşluklarda ve eklemlerin kesim zonlarında elips şeklinde, kırık, fay ve breşik zonlarında damar şeklinde çökelmiştir. Çöke tilerin büyük çoğunluğunda, şekil kabaca levhamsıdır.



Foto 22 : 100x, Pirit (beyaz sağ üst köşe), kalkopirit (sol alt köşe) çoğunluğuna epidotun oluşturduğu gang içinde.

4 — Ayrışmaya uğramış dasitinde cevherleşmede etken olduğu ve kapan görevi gördüğü düşünülmektedir. Ayrıca ayrılmış dasit içinde, saçılmış ekonomik olmayan cevherleşme izlenmiştir.

İzlenen başlıca cevher mineralleri: Gale nit, sfalerit, pirit, kalkopirit, bismutin, realgar, orpiment, antimonit, arsenopirit, pisilo-

melan. Gang minerali olarakta: Granat, epidot, kuvars, kalsit, dolomit bulunmaktadır.

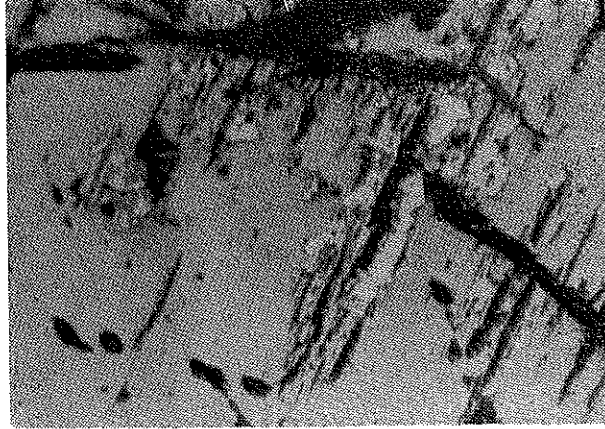


Foto 23 : 100x, Pirotin (gri-açık gri) dilinimi boyunca pirit (beyaz) ve markazit (beyaz)'e dönüşmüştür.

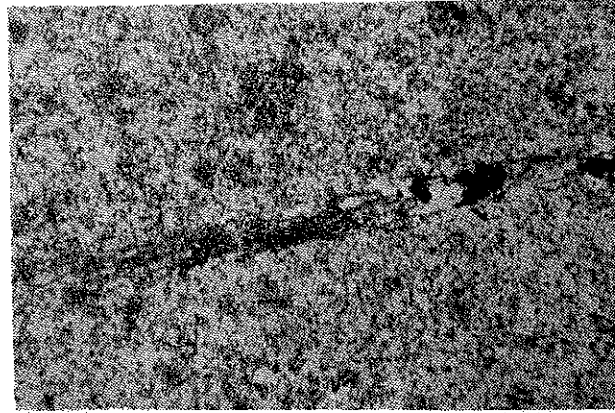


Foto 24 : 50x, Realgar-orpiment: damar içinde, siyah renkli görülen. Kalsit ve kuvars (beyaz-gri), kalsitler dilinim göstermekte. Dilinimsiz olanlar kuvars.

IV.2 — BALYA YARESİNDEKİ CEVHERLİ SAHALAR

Bugüne değin çalışmaların yoğunlaştırıldığı Arı-Orta Sahaları, Balya maden potansiyelinin varlığının sondajlı çalışmalarla ortaya çıkardığı ilk sahadır. Balya maden sahası, yaklaşık 8 km² lik bir alan içinde yayılmış, çok büyük kurşun, çinko potansiyeli içerdiği düşünülen bir sahadır. Kendi içinde üç bölüme (AKYOL, 1980) ayrılmıştır (Ek 1):

IV.2.1 — BALYA SAHASI

IV.2.2 — DARİDERESİ SAHASI

IV.2.3 — BAHÇECİK SAHASI

Balya sahası da kendi içinde şu bölümlere ayrılabilir (Ek 1):

IV.2.1.A — ARI SAHASI

IV.2.1.B — ORTA SAHASI

IV.2.1.C — SARISU SAHASI

IV.2.1.D — KOCA SAHASI

IV.2.1.E — KARACA SAHASI

Darideresi ve Bahçecik Sahaları hakkında, jeolojik yapı bakımından maden içerme olasılığı bulunduğu, yapılan jeolojik incelemelerinde olumlu olpğu düşünülmektedir. Ancak sondajlı çalışma yapılmamış bulunmaktadır. Bakir sahalardır.

V — BALYA CEVHERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ :

Balya maden potansiyeli, yeraltı ve yerüstü maden potansiyeli olarak değerlendirilir. Yeraltı maden potansiyelini Balya sahası cevherleşmesi oluşturmaktadır. Yerüstü maden potansiyeli olarak nitelendirilen ise, daha önceki işletmelerden arta kalan maden artıkları olup, bugün önemli ekonomik değere sahiptirler. Bunlarda: izabe artıkları, jig artıkları, ve flotasyon artıkları olarak ayrılmışlardır.

V.1 — YERALTI MADEN POTANSİYELİ:

Balya madeni yeraltı potansiyeli, Balya cevherli sahaslarının tümünün potansiyelini içermektedir. Yaklaşık sekiz kilometrekarelik bir alana yayılmış, büyük ekonomik bir potansiyeldir (Ek 1). Cevherleşmenin ekonomik varlığını ortaya koymak amacı ile yapılan çalışmalar, doğrudan sondajlı çalışmalara yöneliktir.

Sondajlı çalışmalar için, cevherleşme ve yapıya uygun bir karelej sistemi (Ek 1) uygulanmıştır. Balya Arı-Orta sahasında 100-150 m. aralıklı 18 adet sondaj yapılarak, bu sahanın, potansiyel rezervi (görünür + muhtemel) ortaya konmuştur.

Çalışmalar :

V.1.1 — MADENCİLİK FAALİYETİ

V.1.2 — REZERV ÇALIŞMALARI olarak sürdürülmüştür.

V.1.1 — MADENCİLİK FAALİYETİ :

Balya cevherleşmesinin mosturasının bulunmaması, arama safhasında galeri açmanın pahalıya mal olacağı nedeni ile, sondajlı çalışmalar tercih edilmiştir.

Rezerv çalışmalarına esas olan cevherin ortalama tenörü ile ilişkili çalışmalar, sondajlardan elde edilen örneklerin değerlendirilmesi ile sağlanmıştır. Balya cevherleşmesinin bir bölümü olan, Arı-Orta Sahasının boyutları ve maden potansiyeli sondajlı çalışmalarla ortaya konmuştur (Tablo 1-4).

Ana yatağın KB'ya eğimli oluşu ve devamlılık arzemesi yapılan sondajların hepsinin cevher kesmesinin nedeni olmuştur. Ancak, hidrotermal damar tipi cevherleşmelerin, yapıya bağımlı olarak yer yer dikleşmeleri, sondajlarda bu tip cevherlerin kesilmemesinin nedenidir. Bu nedenle, işletme sırasında, bu tip damarlar galeriler ile yoklanabilir ve rezerve katkısı olur. Veya galeri içi sondajlar ile de tahkik edilebilir.

V.1.2 — REZERV ÇALIŞMALARI

Balya Arı-Orta Sahasının metal içeriği olan Pb, Zn, Cu, Cd, Ag miktarlarını hesaplamak için: Ortadoğu Teknik Üniversitesinde (I.B.M.) ve M.T.A.'da bulunan (INTERDATA) cihazlarından yararlanılmıştır.

Arı-Orta Sahasının rezerv çalışmalarında görünür + muhtemel ve görünür rezerv sınıflaması esas alınmıştır (Tablo: 1-4).

Cevher yatağının hesaplamalarında üç ayrı unsur hesaplanarak sonuca gidilmiştir :

1 — Cevher yatağının hacminin hesaplanması,

2 — Yatağın özgül ağırlığının hesaplanması,

3 — Yatağın işletme konusu olan metal tenörünün hesaplanması.

Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen rezerv, ortalama tenörler, metal değerleri, değişik baz tenör değerlerine göre elde edilen sonuçlar tablo olarak verilmiştir (Tablo: 1-4).

V.2 — YERÜSTÜ MADEN POTANSİYELİ

Yerüstü maden potansiyeli, Balya maden işletmelerinden arta kalan ve toplam rezervi bir milyon tonun üzerinde olan potansiyeldir.

Bunlar ana yatağın ayrılmaz bir parçası olup, yeraltı işletmesinin finansman kaynağıdır.

Balya artıkları :

V.2.1 — JİG ARTIKLARI

V.2.2 — FLOTASYON ARTIKLARI

V.2.3 — İZABE ARTIKLARI

V.2.1 — JİG ARTIKLARI :

Jig artıklarının toplam tenör ortalaması % 12 (Pb+Zn) dir. Rezervi 300 bin ton civarındadır.

Jig artıkları üzerinde yapılan mineralojik analiz çalışmalarında: bol miktarda pirit, sfalerit, galenit, kalkopirit, fahlers ve çok az miktarda da arsenopirit saptanmıştır.

Gang minerali olarak: kalsit, dolomit, kuvars, feldspat, izlenmiş olup, feldspatlar serüzeleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür.

V.2.2. — FLOTASYON ARTIKLARI :

Flotasyon artıklarının toplam (Pb+Zn) tenör ortalaması % 8 civarında ve 500 bin tonun üzerinde rezervi sahiptir.

Mineralojik analiz çalışmalarında: bol pirit, galenit, sfalerit, az kalkopirit izlenmiştir.

Gang minerali olarak: kalsit, dolomit, kuvars ve feldspat bulunmuştur.

V.2.3 — İZABE ARTIKLARI :

Balya işletmesinde, izabe tesislerinin çalışması sırasında arta kalan artıklardır. Bunların (Pb+Zn) toplam tenör ortalaması % 13 civarındadır. 300 bin tonun üzerinde bir rezerv ve sahiptir.

TABLO 1. BALYA, ARI-ORTA MADEN YATAĞININ DEĞİŞİK BAZ TENÖR DEĞERLERİNE GÖRE POTANSİYEL (GÖRÜNÜR + MUHTEMEL) REZERVİ

Hesaplarda kullanılan baz tenör değerleri (%)	Görünüş rezerv (ton)	Muhtemel rezerv (ton)	Toplam rezerv (ton)	Toplam metal muhtevası		
				Cu	Pb	Zn (ton)
Cu + Pb + Zn \geq 1.00	13 518 993.00	3 236 135.00	16 755 132.00	25 510.17	339 083.56	669573.70
Cu + Pb + Zn \geq 3.00	6 908 545.00	1 678 993.00	8 587 538.00	20 020.38	293 509.40	576692.60
Cu + Pb + Zn \geq 5.00	4 431 465.00	1 133 593.00	5 565 058.00	17 531.83	255 626.45	498917.30
Cu + Pb + Zn \geq 7.00	3 520 573.00	902.851.38	4 423 424.00	16 739.15	228 483.92	458598.40
Cu + Pb + Zn \geq 9.00	2 611 768.00	583.196.81	3 194 964.00	12 054.76	199 028.20	394361.20
Cu + Pb + Zn \geq 11.00	1 998 700.00	388 165.56	2 386 865.00	8 466.79	180 924.89	337122.90

TABLO 2. BALYA, ARI-ORTA MADEN YATAĞININ DEĞİŞİK BAZ TENÖR DEĞERLERİNE GÖRE GÖRÜNÜR REZERV HESABI TABLOSU

Hesaplarda kullanılan baz tenör değerleri %	Toplam Rezerv (ton)	Ortalama tenör %			Metal muhtevası		
		Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
Cu + Pb + Zn \geq 1.00	13 518 993.00	0.15	2.14	4.06	19 941.35	388 814.69	548 598.25
Cu + Pb + Zn \geq 3.00	6 908 545.00	0.22	3.65	6.87	15 334.19	251 833.88	474 301.50
Cu + Pb + Zn \geq 5.00	4 431 465.00	0.30	4.96	9.29	13 398.47	219 599.19	411 656.56
Cu + Pb + Zn \geq 7.00	3 520 573.00	0.37	5.64	10.78	12 858.35	198 592.81	379 438.00
Cu + Pb + Zn \geq 9.00	2 611 768.00	0.38	6.81	12.66	9 839.73	177 985.00	339 711.19
Cu + Pb + Zn \geq 11.00	1 998 700.00	0.34	8.18	14.43	6 739.05	163 482.60	288 392.13

TABLO 3. BALYA, ARI-ORTA MADEN YATAĞININ DEĞİŞİK BAZ TENÖR DEĞERLERİNE GÖRE MUHTEMEL REZERV HESABI TABLOSU

Hesaplarda kullanılan baz tenör değerleri (%)	Toplam Rezerv (ton)	Ortalama tenör %				Metal muhtevası (ton)		
		Cu	Pb	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
Cu + Pb + Zn \geq 1.00	3 236 135.00	0.17	1.55	1.55	3.73	5568.82	50268.87	120615.50
Cu + Pb + Zn \geq 3.00	1 678 993.00	0.28	2.48	2.48	6.10	4686.19	41675.52	102391.19
Cu + Pb + Zn \geq 5.00	1 133 593.00	0.36	3.18	3.18	7.70	4133.36	36027.26	87260.75
Cu + Pb + Zn \geq 7.00	902 851.38	0.43	3.31	3.31	8.77	3880.80	29891.11	79160.44
Cu + Pb + Zn \geq 9.00	583.196.81	0.38	3.61	3.61	10.91	2215.03	21043.20	63650.00
Cu + Pb + Zn \geq 11.00	388 165.56	0.45	4.49	4.49	12.55	1727.74	17442.20	48730.77

TABLO 4. BALYA, ARI-ORTA MADEN YATAĞININ DEĞİŞİK BAZ TENÖR DEĞERLERİNE GÖRE Cd, Ag REZERV, TENÖR VE METAL İÇERİĞİNİ GÖSTERİR TABLO

Baz tenör (ppm)	Görünür R.(T)	Ortalama Tenör (ppm.)		Metal Muhtevası (Ton)		
		Muh. R.(T)	Cd	Ag	Cd	Ag
Cd + Ag \geq 0.00	16 641 224	—	274	49	4007	713
Cd + Ag \geq 0.00	—	2 734 291	288	28	786	70
Cd + Ag \geq 100	9 679 614	—	406	62	3928	599
Cd + Ag \geq 100	—	1 930 714	390	34	761	66

VI — SONUÇ

Balya ve Kuzeybatı Anadolu bölgesi, yapısal konum, stratigrafik olgular, magmatik aktivite ortamı ile büyük maden potansiyeli oluşturan verilere sahip bir bölgedir.

Cevher içeren solüsyonların kaynağı, daha aşağılarda gömülü bulunan asit sokulumlarının olduğu düşünülmektedir. Kuzeybatı Anadolu'da geniş yayımlı ve açığa çıkmış granodiyoritlerin dokanaklarından ziyade, açığa çıkmamış, gömülü granodiyoritlerin dokanakları cevherleşme bakımından önem taşımaktadır.

Ayrıca, cevherleşmede büyük etken olan granodiyorit sokulumları ile, volkanik aktivitenin ilişkisi, Bölgenin maden yatakları açısından önemini vurgulamaktadır. Bu yönüyle de, Bölgede volkanik aktivitenin etkinlik derecesi ayrıntılı olarak incelenmeli ve granodiyoritlerden, dasit, andezit ve bazaltlara kadar varan magmatik faaliyet gözden geçirilmelidir.

Sokulumun merkezinden uzaklaştıkça, ısı ve basınç etkenlerinin değişimi, dokanak başkalaşım tip cevherleşmeden, hidrotermal tip cevherleşmenin son safhasına kadar varan bir dizilimi görme olanağı vardır.

Anlatılan tektonik ve magmatik olgu içinde Karakaya formasyonunun varlığı, metalik madenlerin yataklanması açısından önemli stratigrafik özellik taşımaktadır. Bu ortam içinde gelişen magma faaliyeti, bölgede geniş yayımlı maden yataklarının oluşumunu sağlamıştır.

Asitik magmaya bağlı olarak gelişen başlıca maden yatakları ve zühurları: Kurşun, çinko, bakır, antimuan, cıva, molibden, vol-

fram, demir, mangenez ve bunlara bağlı olarak gelişen nadir elementlerdir.

Balya cevherleşmesi olduğu ortamın genel özelliklerini içermektedir. Cevherleşme ortamının, yukarıda anlatılan, yapısal, stratigrafik, magmatik olguların bir bütünü belirli koşullar altında oluşan bir ayrıntısıdır.

Balya maden yatağının ekonomik potansiyeli, dokanak ornatma (kontakt metasomatik) ve hidrotermal tipi cevherleşme içermektedir. Bu olgu görünürde, dasit-bloklulu seri dokanağındadır ve geniş bir dokanak başkalaşım zonu içine yerleşmiştir. Bu zon yer yer dasit ve andezit damarları içermektedir. Derinlere doğru gidildikçe, cevherleşme, yüksek sıcaklıkta oluşum özelliği kazanmakta, skarn zonu yüksek sıcaklık mineralleri içermektedir. Diğer anlamda derinlerde düşünülen sokulum kayacına yaklaşıldıkça, artan ısı ve basınca bağımlı olarak oluşan yüksek sıcaklık mineralleri izlenmektedir. Bu düzen içinde Balya madeni sahasında, dokanak başkalaşım tipi yataklanmadan hidrotermal yataklanmanın son safhasına kadar varan cevherleşmeyi izlemek mümkündür.

Balya sahası geniş bir alana yayılmış, büyük cevherleşme içermektedir. Sondajlı çalışmalarla Balya sahasının belirli bir bölümünde, büyük potansiyelin varlığı ortaya konmuştur.

Ari-Orta sahasının $Pb + Zn + Cu \geq \%1$ baz tenör değerine göre rezervi 16 755 132 ton, $Pb + Zn + Cu \geq \%7$ baz tenör değerine göre 4 423 424 tonluk rezerv hesaplanmıştır (Tablo 1-4). Yatağın teknolojik sorunlarının olmaması, büyük cevherleşmeyi içermesi, finansman kaynağı olarak artıkların varlığı, Balya cevherleşmesinin, büyük ekonomik potansiyelinin olduğunu gösterir.

Ari-Orta sahasının özelliklerini taşıyan,

Sarısu Sahası, Karaca Sahası, Koca Sahası, Balya Sahası içinde büyük maden potansiyeli içerdiği düşünülen sahalardır. Bu sahalara ayrıntılı sondajlı çalışmalarla ele alınıp cevher potansiyelleri ortaya konmalıdır.

Sonu olarak,

1 — Balya madeni civarının tüm cevherli alanlarını kaplayan 1/5000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, saha ayrıntılı yorumlanarak Balya madeninin halen büyük maden potansiyeli içerdiği ortaya konmuştur.

2 — Balya cevherleşmesinin yalnız hidrotermal değil aynı zamanda kontakt metamorfik tip yatak olduğu ve derinlere doğru skarn zonu içinde ekonomik cevherin varlığı saptanmıştır.

3 — Hidrotermal yataklanmadan kontakt metamorfik tip yataklanmaya geçişin muntazam olduğu ortaya çıkarılmıştır.

4 — Kontakt metamorfik zonun doğudan batıya derinleştiği ve bu derinleşmeye paralel olarak albit-epidot hornfels fasiyesinden, hornblend hornfels fasiyesine geçişin yatay ve düşey yönde muntazam olduğu saptanmıştır.

5 — Yapılan sondajlardan düzenli örnekler alınarak düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık hornfels ve skarn minerallerinin varlığı ortaya çıkarılmıştır.

6 — Balya maden sahasının zengin cevherleşme içerdiği ve cevher yatağının teknolojik sorunlarının olmadığı büyük boyutlu işletme problemlerinin olmadığı açığa çıkarılmıştır.

7 — Bugüne değin Balya'da cevherleşmenin olup olmadığı yolunda tüm tereddütler ortadan kaldırılmış ve Balya'da büyük ekonomik maden potansiyelinin olduğu ortaya konmuştur.

8 — Ayrıntılı jeolojisi yapılan, Koca, Karaca, Sarısu, Darıderesi, Bahçecik sahaslarının da cevher potansiyeli içerdiği düşünülmektedir.

9 — Balya maden yatağının tektonik evrimi plaka tektoniği kuramı içinde, stratigra-

fik ve magmatik olgularla birlikte ele alınmış olup, cevherleşmede bu olguların büyük önemini olduğu ve yörede yapılacak maden jeolojisi çalışmalarında bu noktadan hareket edilmesi gerektiği ortaya konmuştur.

10 — Balya maden artıkları ve Balya cevherleşmesi yurt ekonomisine büyük katkısı olacak şekilde kazandırılmıştır.

VII — KATKI BELİRTME :

Yazar, Balya Madenyatağı çalışmalarına başladığından bu yana devamlı çalışmaları destekliyen, çeşitli zamanlarda gerek sahaya gelerek ve gerekse tez çalışmalarının her safhasında çalışmalara ışık tutan, yönlendiren, bilimsel katkıları ile samimi destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Dekanı ve Maden Yatakları Kürsü Direktörü Prof. Dr. Önder ÖZTUNALI'ya en içten teşekkür ve şükranlarını ifade eder.

Özellikle saha ve tektonik çalışmalarda büyük katkıları olan ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Tabii Jeoloji Kürsü Prof. Dr. Okay EROSKAY'a teşekkürlerini sunar.

Balya Madeni çalışmalarına olanak tanıyan ve devamlılığını sağlayıp destekliyen M.T.A. Enstitüsü Genel Direktörü Doç. Dr. S. ALPAN'a, Z. ÖNCEL'e, Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü personeline, Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Dr. A. ÇAĞATAY'a, V. ALKAN'a, B. ARMAN'a, tartışmalarda bulunup fikirlerinden yararlandığım E. RPAT'a, N. ÖZGÜL'e, Doç. Dr. E. BİNGÖL'e, Dr. Ö. AKINCI'ya, Dr. R. ÖZOCAK'a, fosillerin tayininde yardım sağlayan F. ARMAĞAN'a, N. GÜVENÇ'e, ve E. ÇATAL'a, çizimlerde yardım eden A. KURUL ve A. TUFAN'a, I.B.M. ile rezerv hesaplamalarında yardım eden G. ÇETİNEL ve N. KUTLUAY'a, yazım ve düzenlemede yardım eden eşim SEVİM'e, ve yardımları geçen birçok kişiye teşekkür ederim.

VIII — YARARLANILAN KAYNAKLAR

AKYOL, Z., (1976), Bahçesir Balya Pb-Zn-Cu'lu curufların tenör ve rezerv hesaplamasına yönelik ön çalışma raporu M.T.A.

- AKYOL, Z., (1976), Balıkesir-Balya Pb-Zn-Cu madeni hakkında jeoloji raporu M.T.A. Ra. No: 298.
- AKYOL, Z., (1980), Balıkesir, Balya, Arı-Orta Sahası Pb-Zn-Cu cevher yatağı maden jeolojisi ve rezerv çalışmaları M.T.A. Rap. No: 6973.
- ARNI, P., (1939), Şarki Anadolu ve mücavir mıntıkların tektonik ana hatları M.T.A. D. Nu. 4.
- AYDIN, E., ÖZTUNALI, O., (1981), Biga yarımadasındaki Pb-Zn cevherleşmelerinin oluşum koşulları İst. Üniv. Yer. Bi. Fak. Yay. C. 1, Sa. 1-2, S. 91-96.
- AYGEN, T., (1956), Balya bölgesi jeolojisinin incelenmesi M.T.A. Yay. Seri D. Nu: 11.
- BİNGÖL, E., AKYÜREK, B., KORKMAZER, B., (1973), Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri, Yerbilimleri Kong. 50. Yıl Teb. M.T.A., S. 70-76.
- BİNGÖL, E., (1976), Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi, M.T.A. mecm. S. 86, S. 14-36.
- BR'NKMAN, R., (1971), Kuzeybatı Anadolu'daki genç paleozoyik ve eski mezozoyik M.T.A. Derg. No. 76, S. 61-74.
- BUKOWSKI, G., (1892), Die geologischen Verhaeltnisse der Umgebung von Balya maden Sitzber Wien.
- DUONG, K.P., (1969), Skarn et mineralisations associées Chronique des mines çev. V. Uygur M.T.A.
- ERCAN, T., (1979), Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki senozoyik volkanizması TMMOB Jeo. Müh. O. Yay. S. 9, S. 23-46.
- ERCAN, T., (1980-a), Akdeniz ve Ege denizindeki Pliyo-Kuvaterner adayayı volkanizması T.J.K. Bül. Sayı 12, S. 19-23.
- GE'JER, P., MAGNUSSON, N.H., (1952), The iron ores of Sweeden, XIX Cong. geologique international Alger.
- GJE'RSVİK, T., (1962), Kuzeybatı Anadolu Pb-Zn zuhurlarında yapılan araştırmalar M.T.A. Derg. 59.
- KETİN, İ., (1946), Kapıdağ yarımadası ve Marmara adalarında jeolojik araştırmalar. İst. Üniv. Fen Fak. Sayı B, no. 11.
- KETİN, İ., (1947), Uludağ masifinin tektoniği hakkında T.J.K. Bull. V. 1, no. 1, S. 60-74.
- KETİN, İ., (1936), Anadolu'nun tektonik birlikleri M.T.A. D. no. 66. S. 29-34.
- KRUSHENSKY, R.D., AKCAY, Y., KARAEGE, E., (1971), Geology of an area East of Edremit, Biga peninsula. Northwestern Turkey, Un. Stat. Dep. Int. Geol. Surv. TU25, S. 139.
- KOVENKO, V., (1940), Balya kurşun madenleri M.T.A. Mec. S. 4/2.
- LİNDGREEN, W., (1933), Mineral deposits, 4th. Ed. Mc. Graw Hill New York.
- MC KENZIE, D.P., (1972), Active tectonics of the Mediterranean region, Geophys. Jour. Royal Astr. Soc. V. 30, S. 109-185.
- MİYASHİRO, A., (1972), Metamorphism and related magmatism in plate tectonics Amer. J. Sci. V. 272, S. 629-656.
- MOHR, M.H., (1959), Balya mıntikasındaki kurşun zuhurlarının prospeksiyonu hakkında toplu rapor M.T.A. R. no. 2703.
- NEUMAYR, M., (1887), Über Trias und Kahlenkalk versteinerten aus dem westlichen Kleinasien Anz. d. Kais. Akad. Wiss Wien.
- ÖZTUNALI, Ö., (1965), Demirtepe-Çavdar, Osankuyu Kisir (Çine Masifi) uranyum zuhurlarının petrografileri ve oluşumları M.T.A., D. No: 65, S. 109-121.
- ÖZTUNALI, Ö., (1973), Uludağ (KB Anadolu) ve Eğrigöz (Batı Anadolu) masiflerinin petrolojileri ve jeokronolojileri İst. Üniv. vb. Fen Fak. Mon. 23.
- ÖZTUNALI, Ö., (1973), Maden yatakları oluşumları ve değerlendirilmesi İstanbul.
- PARK, F.C., MAC DIARMİT, (1975), Ore deposits, W.H. Greeman and Company San Francisco.
- PHILIPPSON, A., (1915), Reisen und forschungen im westlichen Kleinasien I. Heft. Univ. İstanbul.
- RONA, A.P., (1973), Levha tektoniği ve maden yatakları M.T.A. Enst. Yay. No: 1, Çev.: D. Sanlı.
- ŞENGÜR, A.M.C., (1979), The north Anatolian Transform fault, its age, offset and tectonic significance J. Geol. Soc. Vol. 136, London, S. 269-282.
- ŞENGÜR, A.M.C., YILMAZ, Y., KETİN, İ., (1980), Remnants of a pre-late jurrasic ocean in northern Turkey. fragments of Permian Triassic Paleo-Tethys Geol. Soc. Amer. Bull. Part I, V. 91, S. 499-609.
- Yukarıdaki muameleler hesabınıza kaydedilmiştir.
- ŞENGÜR, A.M.C., (1980), Türkiye'nin Neotektoniğinin esasları T.J.K. Yay., S. 40.
- ŞENGÜR, A.M.C., YILMAZ, Y., (1981), Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach Testonoph. 75, Amsterdam, S. 181-241.
- SİNGWALD, D., (1959), İktisadi jeoloji için tercüme İst. Üniv. Fen Fak.
- WINKLER, H.G.F., (1967), Petrogenesis matamorphic rocks 2 ded. New York Springer-Verlag, S. 237.
- WINKLER, H.G.F., (1974), Metamorfik kayaçların oluşumu 3. b. çev.: E. Coğulu, İst. Tek. Üniv.
- YILMAZ, Y., (1981), Rift, alaktojen ve Türkiye'de örnekler T.J.K. Yayını No: 17, S. 51.
- YILMAZ, Y., (1981), Atlantik tipi bir kıta kenarının Pasifik tip bir kıta kenarına dönüşümüne Türkiye'den örnek T.J.K. Yayını, S. 27.
- YILMAZ, Y., GÖZÜBOL, A.M., TÜYSÜZ, O., YİĞİBAŞ, E., (1981), Abant (Bolu) Dokurcun (Sakarya) arasında Kuzey Anadolu Fay zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi İst. Üniv. Yer. Bil. Fak. Jeo. Müh. Böl.