

Ofiyolitik Kayaçların Ağır Mineral Plaserlerinin Oluşumundaki Önemi: Burdur-Çamköy Örneği, GB-Türkiye

The importance of the ophiolitic rocks in the formation of heavy mineral placers: A case study from Burdur-Çamköy, SW-Turkey

FUZULİ YAĞMURLU¹, EZHER TAGLIASACCHI^{2a*}, MURAT ŞENTÜRK¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çünür, Isparta, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, Denizli, Türkiye

^aDepartment of Earth Science, University of Florence, Via la Pira, Florence, Italy

Geliş (received) : 10 Nisan (April) 2017

Kabul (accepted) : 22 Kasım (November) 2017

ÖZ

Alp-Himalaya orojenik kuşağı içinde yer alan Türkiye, ofiyolitik kaya topluluklarının oldukça geniş alanlar kapladığı bir ülkedir. Tetis Okyanusu'na ait okyanusal kabuk dilimlerinin kıtasal kabuk üzerine bindirmeleri sonucunda, Kuzey Anadolu ve Toroslar'da geniş alanlar kaplayan ofiyolitik naplar, Geç Kretase-Geç Eosen zaman aralığı içinde bu günkü konumlarına yerleşmişlerdir. GB-Anadolu'da yaygın olarak gözlenen Burdur-Yeşilova ofiyolitleri, egemen olarak dunit, peridotit, gabro ve diyabaz bileşenleri ile bunlara eşlik eden tabakalı çört ve radyolaritlerden oluşmaktadır. Dunitik bileşimli peridotitlerin içerisinde çok sayıda masif ve saçılımlı kromit içeren cevher yatakları yer almaktadır.

Çamköy yöresindeki plaser özelliği oluşturabilecek sedimanlar, Yeşilova bölgesindeki ofiyolitlerden türeyen kırıntılı tortulları, akarsular tarafından güneye doğru taşınıp, Acıpayam Grabeni kenarında depolanmaları sonucu oluşmuşlardır. Egemen olarak kromit, vanadyumlu manyetit ve ilmenit gibi ağır mineraller içermektedirler.

Bu çalışmanın amacı, ekonomik anlamda önemli bir yere sahip olan Çamköy sedimanlarının ağır mineral içeriği açısından ayrıntılı olarak incelenmesi, kromit ve ağır mineral plaserler potansiyeline ilişkin ön sonuçlarının ortaya konulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda saha gözlemlerinin yanı sıra, konsantre plaser cevherin, kimyasal ve mineralojik (XRD) analizleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalara göre yöredeki plaserlerin egemen olarak kromit, vanadyumlu magnetit ve ilmenitten oluşan ağır mineral bileşenlerinden oluştuğu saptanmıştır.

Kimyasal analiz sonuçları göre, plaserlerden, sallantılı masa kullanılarak elde edilen konsantre cevherin, % 22-27 Cr₂O₃; % 3-3.5 TiO₂ ve % 0.3 mertebesinde V₂O₅ içerdiği saptanmıştır. Bölgede 12 milyon tona ulaşan oldukça büyük bir plaser kromit rezervine ek olarak, buna eşlik eden önemli titanomanyetit ve ilmenit potansiyelinin varlığı da, bu çalışmada ortaya konmuştur.

Bu sonuçlara göre; yeni zenginleştirme yöntemleri geliştirildiği takdirde, Çamköy yöresindeki ofiyolitlerden türeyen plaserlerden, ekonomik sayılabilecek tenöre sahip cevher üretilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır mineral, Çamköy-Burdur, GB-Anadolu, kromit, plaser maden yatağı.

ABSTRACT

Turkey, situated in the Alpine-Himalayan orogenic belt, is a country where ophiolitic rock assemblages cover a very large area. The ophiolitic nappes covering large areas in North Anatolia and the Taurus Mountains have emplaced on their present positions in the Late Cretaceous-Late Eocene period as a result of the obduction of oceanic crust slices of the Tethyan Ocean onto the continental crust. The Burdur-Yeşilova ophiolites commonly observed in SW-Anatolia consist mainly of dunit, peridotite, gabro and diabase components, accompanied with layered chert and radiolarites. There are numerous massive and disseminated chromite ore deposits within the dunitic compounded peridotites.

The sediments that may form the placer feature in Çamköy area have been formed by detrital sediments derived from the ophiolites in the Yeşilova region and transporting to southward by the rivers, resulting in deposits on the margin of the Acıpayam Graben. They contain heavy minerals such as chromite, vanadium magnetite and ilmenite dominantly.

* E. Tagliasacchi
e-posta: egulbas@pau.edu.tr

The aim of this study is to investigate in detail the heavy mineral content of Çamköy sediments, which has an important economical significance, to reveal the preliminary results of chromite and heavy mineral placers potential. For this aim, chemical and mineralogical (XRD) analyzes of the concentrate placer ore were carried out in addition to field observations. According to the studies carried out, it was determined that the placers in the region were predominantly composed of heavy mineral constituents consisting of chromite, vanadium, magnetite and ilmenite.

According to the chemical analysis results, concentrated ore obtained from placers using shaking table, 22-27 % Cr₂O₃; 3-3.5% TiO₂ and 0.3% V₂O₅. In addition to a considerable placer chromite reserve of 12 million tons in the region, the presence of significant titanomagnetite and ilmenite potential is also revealed in this study.

According to these results, it is thought that if new enrichment methods are developed, the ore having the constituent which can be considered as economical can be recovered from the placers derived from ophiolites in the Çamköy region.

Keywords: Çamköy-Burdur, chromite, heavy mineral, placer ore deposits, SW-Anatolia.

GİRİŞ

Plaser tipi tortullar, cevher mineralleri bakımından zengin kayaların fiziksel ve kimyasal ayrışmaları ve aşınmaları sonucu ortaya çıkan kaya ve mineral kırıntılarının, akarsular vb. taşıyıcı faktörler vasıtası ile taşınıp birikmeleri sonucu meydana gelen kırıntılı çökeltilerdir. Kayaların ayrışması sonucu, bileşimlerinde bulunan ağır mineraller, serbest hale geçerek kırıntılı tortullarla birlikte kısa mesafelerde taşındıktan sonra, gerekli koşulların sağlanması halinde ana kayaç yakınında, alüvyonlar içinde ekonomik sayılabilecek nitelikte plaser tipi maden yataklarını oluşturabilmektedir (Dill ve Ludwig, 2007). Plaserler, genellikle ayrışmaya karşı direnci yüksek olan kırıntılı bileşenlerden oluşmaktadır. Siyahımsı ve koyu grimsi kumlar içerisinde yoğunlaşmış olan ağır mineraller egemen olarak, kromit, ilmenit, manyetit, hematit, monazit, rutil, zirkon, wolframit, altın ve platin grubu minerallerden oluşur (Gujar vd., 2010; Iyer vd., 2009; Yiğit, 2009).

Genel olarak gerekli koşullar sağlandığında (akarsuyun, şekilleri aynı olan taneler üzerindeki etkisi -yoğunluk ve hacim-, akıntı hızındaki ani azalma, iri çakılların varlığı gibi) plaser tipi maden yataklarının oluşması mümkündür. Eski-yeni alüvyonlar ve plaj tortulları, plaser tipi oluşumlar için verilebilecek en iyi örneklerdir. Plaser tipi maden yataklarının işletilmesi, diğer madencilik faaliyetlerine göre daha az riskli ve daha kolay bir madencilik şekli olduğu için, dünyanın değişik yerlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Günümüzde Avustralya'da Murray Havzasında, tenörü %1 ile %5 arasında değişen kromit içerikli kumlar işletilmektedir. Bu işletmelerde ilmenit ve manyetitler yan ürün olarak elde edilmektedir.

Ülkemizde plaser yatakları konusunda birçok araştırma mevcuttur (Çağatay, 1979; Aydal, 1989; Ergin vd., 2007; Ergin vd., 2015). Türkiye'de

bilinen en önemli kırıntı yatakları, altınlı akarsu plaserleridir. Manisa'nın Salihli ilçesine bağlı Sart Çayı ve çevre akarsularının taşıdığı alüvyonlar ve çakıltaşları içindeki altın oluşumları önemli plaser yataklarındandır. Bundan başka, Hatay ilinin güneyinde Akıllıçay deresi boyunca taşınan alüvyonlarda ve Kars'ın Kağızman ilçesinde Darphane deresinin taşıdığı kırıntılı sedimanlar içinde altın oluşumlarına rastlanılmıştır (MTA, 2009). Buna ek olarak, Büyük Menderes Vadisindeki rutil yığılımları, Sivas-Divriği demir plaser yatağı, Şile'nin monazitli kumları ve Istanca Masifinin kuzeydoğuya akan dereleri ile bu kesimdeki deniz sahillerindeki manyetitli ve ilmenitli kumlardan söz edilebilir (Koşal, 1971; Öztürk vd., 2016). Ayrıca ülkemizde, Doğu Karadeniz sahillerindeki ilmenit-manyetit'li siyah plaj kumlarının ağır mineral içeriği, uygulanan iki aşamalı gravimetrik ve manyetik ayırma yöntemi ile ayrıntılı olarak incelenmiştir (Köksoy, 1975).

Bu çalışmada, Çamköy (Burdur) ve çevresinde yer alan ofiyolitik kayaçlardan kaynaklanan kromit plaserleri ile buna eşlik eden ilmenit ve titanomanyetit gibi ağır minerallerin ayrıntılı değerlendirilmesi yapılmış, kimyasal ve mineralojik analizler sonucunda, bunların ekonomik açıdan potansiyelleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmada, Çamköy yöresinde yer alan komit içerikli sedimanların alansal dağılımına dönük jeoloji haritası yapılmıştır. Yapılan haritalama sonucunda yöredeki akarsu teras tortullarının en fazla 100 m, ortalama 75 m kalınlıkta olduğu saptanmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi, Çamköy sedimanlarının büyük bölümü, çok zayıf tutturulmuş kaba taneli çakıl ve kum bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu nedenle, plaserlerin yayılım

gösterdiği alanlarda dere ve yol yarmalarının yanı sıra, açılmış kum ocaklarında, plaserlere ait mostralara yaygın olarak gözlenmektedir. Bu durum plaserlerden örnek alımını oldukça kolaylaştırmaktadır.

Kimyasal ve minerolojik analizlerde kullanılmak üzere, plaser oluşturabilecek kırıntılı sedimanların değişik noktalarından 10 adet alınan tutturulmamış örnekler, öncelikle 1 mm'lik eleklerden geçirildikten sonra, elde edilen ince kum, sallantılı masa yöntemiyle zenginleştirilmiştir. Sallantılı masadan elde edilen konsantrasyon örnekleri ise yaş manyetik sepratörden geçirilerek manyetik ve manyetik olmayan konsantrasyon fraksiyonları elde edilmiştir. Bunların büyük bir bölümü manyetitlerden oluşmaktadır. Manyetik cevher fraksiyonunun yanı sıra, daha çok kromit ve ilmenit içeren manyetik olmayan konsantrasyon fraksiyonuna ait örnekler, kimyasal (ICP MS) ve stereo mikroskopik analizlerle birlikte XRD yöntemiyle incelenmiştir. Jeokimyasal analizler, elementler için doğruluk ve güvenilirlik oranı yüksek ACME laboratuvarlarında (Kanada), XRD analizleri ise S. Demirel Üniversitesi Jeotermal Araştırma Merkezi laboratuvarında (Isparta) gerçekleştirilmiştir.

BÖLGESEL JEOLJİ

GB-Anadolu'da Likya Napları olarak bilinen allokton ofiyolit kuşağı, egemen olarak peridotit, dunit, gabro, diyabaz ile bunlara eşlik eden derin denizel tortullardan oluşmaktadır (Yağmurlu vd., 1997). Önceki yıllarda bölgede çalışan araştırmacılar (Dilek ve Moores, 1990; Yağmurlu vd., 1997; Glover ve Robertson, 1998; Rimmel vd., 2003; Alçiçek ve Ten Veen 2008; Elitok ve Drüppel 2008; Ten Veen vd., 2009; Arslan vd., 2013; Doyen vd., 2013), Likya Napları'nı oluşturan allokton kaya birimlerinin, Eosen başından itibaren, Beydağları otoktonunu meydana getiren kırıntılı ve karbonat kaya birimleri üzerine yerleştiğini belirtmişlerdir.

Çalışma alanı, Likya Naplarına ait ofiyolitik kuşağı içinde yer almakta ve Burdur ili Gölhisar ilçesinin kuzeyinde yer alan Çamköy ve çevresini kapsamaktadır (Şekil 1). Çamköy beldesi, yörede K-G doğrultusunda akan Dalaman Çayının doğu kenarında yer alan bir yerleşim alanıdır. Bu bölgede Dalaman Çayının bir kolu olan ve D-B doğrultusunda uzanım gösteren Aksu Deresi, Çamköy Beldesinin yaklaşık 1 km kuzeyinden geçmektedir.

Çalışmanın konusunu oluşturan Çamköy plaserleri, Aksu Deresinin oluşturduğu eski alüvyonlar olup,

8km²'den daha geniş bir alanda yayılım göstermektedirler. Çamköy plaserlerinin yayılım gösterdiği alan, bölgede KB-GD yönünde uzanım gösteren Acıpayam Grabeni'nin kuzey kenarında yer almaktadır. Her iki yanı normal faylarla sınırlanmış, simetrik bir çöküntü alanı özelliği taşıyan Acıpayam Grabeni, büyük bölümüyle Likya Napları içinde gelişmiş olup Burdur-Fethiye fay zonuna ait Gölhisar segmenti tarafından da kesilmektedir (Şekil 2). Başlıca ofiyolitlerden oluşan kaya birimleri, Acıpayam Grabeni'nin kuzeyinde ve güneyinde geniş yayılım göstermektedir (Şekil 3).

Çalışma alanının (Çamköy) doğusunda, Burdur-Yeşilova ve Salda Gölü çevresinde geniş yayılım gösteren dunitik bileşimli peridotitler içinde çok sayıda masif ve saçılımlı kromit içeren cevher yatakları yer almaktadır. Çamköy plaserlerini oluşturan tortullar, başlıca Burdur-Yeşilova peridotitlerinden aşınan kırıntılı malzemenin ve ağır minerallerin Acıpayam Grabeni'nin doğu kenarında depolanması sonucu oluşmuşlardır.

Bölgede, Salda Gölü ile Acıpayam Grabeni arasında çok geniş yayılım gösteren ve egemen olarak dunit, harzburgit, gabro ve diyabaz bileşenlerinden oluşan Yeşilova peridotit kütlesi, Likya Napları içinde yer alan en önemli allokton kaya birimlerinden birisidir. Yeşilova peridotit kütesinin büyük bir bölümünü oluşturan dunitler içinde, çok sayıda masif ve saçılımlı kromit cevherleri farklı alanlarda yüzeylenmektedir. Saçılımlı kromit içeren dunitlerin büyük bölümü, çalışma alanının kuzeyinde, Aksu Deresinin menba alanı içinde yer almaktadır. Saçılımlı ve parça kromit içeren cevher yataklarının bir bölümü günümüzde halen işletilmektedir.

BULGULAR

Çamköy Plaserlerinin Sedimentolojik Özellikleri

Çamköy yöresinde yayılım gösteren kromitli plaser tipi tortullar egemen olarak çok zayıf pekleşmiş kumtaşı, çakıltası ve siltaşı bileşenlerinden oluşmaktadır. Çamköy'ün doğusunda yer alan yarmalarda plaser kalınlığı 100 metreye ulaşır (Şekil 4). Bu yöredeki plaserlerin kalınlığı ve yayılımları, KB-uzanımlı Acıpayam Grabeni'ni sınırlayan aktif faylar tarafından kontrol edilmektedir. Plaser kalınlığı, doğudan batıya doğru giderek azalmakta ve Çamköy ve çevresinde 50 metreye kadar düşmektedir. Ancak, arazi ve harita alım sonuçlarına göre, tüm saha için ortalama plaser kalınlığı 75 m olarak kabul edilebilir. Çalışma alanında yer alan kromitli plaserler, Çamköy'ün doğusunda



Şekil 1. Çalışma alanını gösteren Google Earth uydu görüntüleri. (A) Çalışma alanının dünyadaki ve Türkiye'deki uydu görüntüsü. (B) Çalışma alanı ve çevresinde yer alan graben sistemlerinin uydu görüntüsü üzerinde gösterimi.

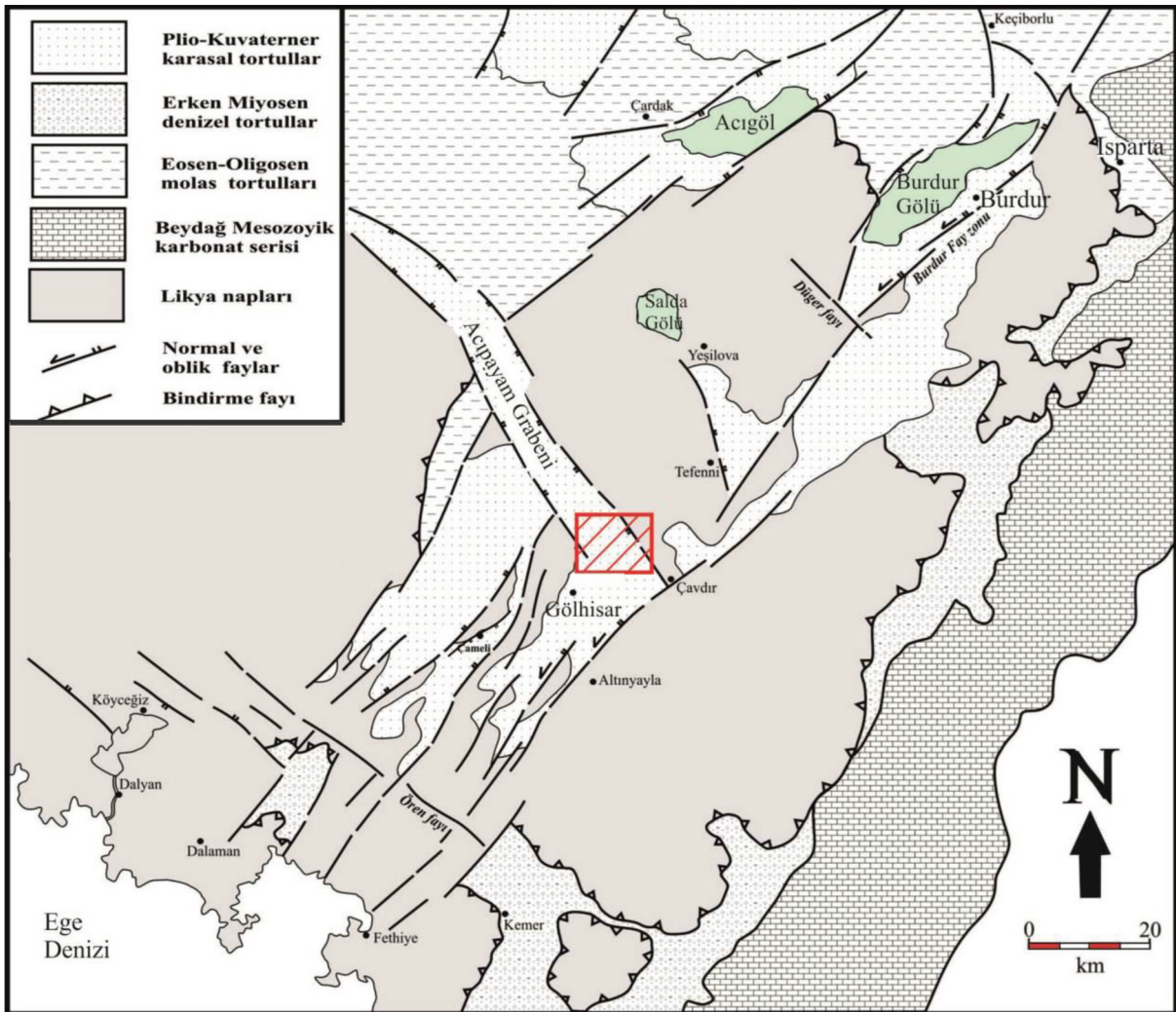
Figure 1. Google Earth satellite images of the study area. (A) The satellite image of the location of the study area in the Earth and Turkey. (B) The satellite image of the graben systems in the study area and surroundings.

ve Küçükalan çevresinde serpantinleşmiş peridotitler üzerine aşınmalı bir dokanakla uyumsuz olarak gelmektedir.

Plaser tortullar içinde yaygın olarak gözlenen tutturulmamış çakıltası, kumtaşı ve silttaşları, büyük bölümü ile ultrabazik kayalardan türemiş kırıntılı bileşenleri içerir. Plaserleri içeren alüvyonların içindeki çakıltaları, genellikle yeşilimsi gri ile sarımsı gri, orta ile kalın katmanlı, çok zayıf pekleşmiş, orta ile kötü boy-

lanmalı ve tane değişimlidirler (Şekil 5 ve 6). Çakıltası bileşenleri olağan olarak 3-5 cm, yersel olarak 10-15 cm büyüklük sınırları içinde olup orta ile iyi yuvarlaklaşmıştır. Bunların boyutları doğudan batıya doğru gidildikçe belirgin biçimde azalım göstermektedir.

Taneler bolluk sırasına göre, dunit, harzburgit, gabro, diyabaz ve seyrek olarak kireçtaşı bileşenlerinden oluşmaktadır (Çizelge 1). Çakıltaları plaser tortul istifi içinde çok katlı kanal dolguları şeklinde bulun-



Şekil 2. GB-Anadolu'nun belli başlı tektonik birliklerini gösteren bölgesel jeoloji haritası ve çalışma alanının jeolojik konumu.

Figure 3. Regional geology map showing significant tectonic units of SW-Anatolia and geological location of the study area.

maktadır. Çapraz katmanlanma, üste doğru tane incilmesi, kiremitvari çakıl dizilimi ve tane uzun eksen yönelmesi gibi tortul yapılar, çakıltaşlarında olağan olarak gözlenmektedir. Zayıf tutturulmuş kumtaşı, siltaşı ve çamurtaşından oluşan arakatki ve arakatmanlar, Çamköy plaserlerine ait çakıltaşları içinde yersel olarak görülmektedir. Çamköy plaserlerinde doğudan batıya doğru azalan tane büyüklüğüne bağlı olarak, kumtaşı ve çamurtaşı arakatkılarının oranı, doğudan batıya doğru, giderek artmaktadır. Çakıltaşları içinde saptanan tortul yapılar ve binik çakıllar, egemen beslenmenin doğudan batıya doğru geliştiğini göstermektedir. Buna göre, Çamköy yöresindeki ofiyolitik plaserler ve bunlara eşlik eden ağır mineraller, çalışma bölgesinin doğusunda geniş yayılım

gösteren ultrabazik kayaların ayrışması ve erozyonu sonucu açığa çıkan ofiyolitik kaya kırıntıları ve ağır minerallerin, Aksu Deresi tarafından taşınıp plaserler içinde biriktirilmesiyle oluşmuşlardır. Özetlenmeye çalışılan bu prosesler sonucunda, plaser kumlar içinde konsantre olan ağır mineraller, Çamköy yöresinde işletilebilir nitelikte bir plaser tipi maden yatağı oluşturmuştur.

Kromit ve Ağır Mineral İçeriği

Çamköy yöresindeki plaserlerin tane boyu dağılımı ile bunların ağır mineral içerikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre, Çamköy yöresindeki doğal plaserlerin, ortalama ağır mineral içeriği %2'dir. Büyük bölümü



Şekil 3. Çamköy yöresindeki plaser çökellerinin uydu görüntüsü üzerindeki görünümü (kırmızı noktalar örnek alım yerlerini göstermektedir)

Figure 3. The satellite image of the Çamköy Placer deposits (red circles indicate sample points)

çakıl boyutunda kaba taneler içeren doğal plaserlerin, yaklaşık 1/3'lük bölümü ise 1mm'lik elekten geçmektedir. Diğer bir ifade ile 1 mm'lik elekten geçen ince kum boyutunda tortular, kaba taneli doğal plaserlerin 1/3 lük bölümünü oluşturmaktadır.

Çalışma alanında yer alan plaser istifinin farklı noktalarından alınan ve istifin tümünü temsil eden, pekleşmemiş çakıl ve kum örnekleri, öncelikle 1 mm'lik elekten geçirilmiştir. Elek altında kalan ince kum fraksiyonu, daha sonra sallantılı masadan geçirilerek, ağır mineral açısından zenginleştirilmiş konsantre cevher elde edilmiştir. İnce kum boyutundaki konsantre cevherin yaklaşık % 70-75'lik bölümü ağır minerallerden oluştuğu görülmektedir (Çizelge 2).

Sallantılı masadan elde edilen konsantre cevherin kimyasal analiz sonuçlarına göre, bu örneklerin büyük bölümünün, %22 ile %27 arasında değişen oranlarda Cr_2O_3 içerdiği görülmüştür. Çamköy plaserleri içinde bulunan kromitler ile bunlara eşlik eden ağır mineraller, boyutları egemen olarak 50 ile 200 mik-

ron arasında değişen serbest tanecikler şeklinde bulunmaktadır (Şekil 7). Mikroskopik, kimyasal ve XRD analiz sonuçları, incelenen tüm plaser örneklerinin, egemen olarak kromit başta olmak üzere, daha az oranda ilmenit ve titanomanyetit gibi ağır mineraller içerdiklerini göstermektedir (Çizelge 3).

Plaserlerden elde edilen konsantre cevherin, egemen olarak kromit, vanadyumlu titanomanyetit ve ilmenitten oluşan ağır mineral bileşenleri içerdiği XRD yöntemiyle saptanmıştır (Şekil 8). Kimyasal analiz sonuçları, konsantre cevherde, % 22-27 Cr_2O_3 (%22-28 Cr_2O_3), % 3-3.5 TiO_2 ve ortalama 1850 ppm V içerdiğini göstermiştir.

Buna göre, Çamköy yöresindeki ofiyolitik plaserler içinde bulunan ağır mineral içeriği ile, Hindistan'ın orta-batı kıyısındaki plaj kumları (Gujar vd., 2010, Iyer vd., 2010) ile Avustralya'da ki Murray havzasında (Freeman vd., 2003) bulunan ofiyolitik plaserler içindeki ağır mineral içeriği, ana çizgilerde, büyük benzerlikler taşımaktadır. Sözü edilen plaserlerin tümü



Şekil 4. Çamköy doğusunda kalınlığı 100 metreye ulaşan tutturulmamış ofiyolitik plaser tortullarının sahadaki görünümü.

Figure 4. The view of unconsolidated ophiolitic placer deposits which reached up to 100 meters thickness in the east of Çamköy.



Şekil 5. Çamköy yöresinde kısmen tutturulmuş kaba taneli çakıltaşı ve kumtaşı ara katkılarında oluşan ofiyolitik plaser tortullarının yakından görünümü.

Figure 5. The closer view of ophiolitic placer sediments composed of poorly consolidated coarse grained conglomerate and sandstone intercalations in Çamköy area.



Şekil 6. Çamköy yöresinde plaserleri oluşturan ofiyolitlerden türemiş tanelerin yakından görünümü.
Figure 6. The closer view of grains derived from ophiolites that formed Çamköy placer deposits.

Çizelge 1. Çamköy yöresindeki ofiyolitik plaserlerin ortalama tane bileşimi.
Table 1. The mean grain component of the ophiolitic plasers in Çamköy area

Kayaç Türü	% Dağılım
Mağmatik Kayaçlar	
Dünit	45
Harzburjit	25
Gabro	7
Diyabaz, dolerit	8
Tortul Kayaçlar	
Kireçtaşı	8
Çört, Radyolarit	5
Kumtaşı	2

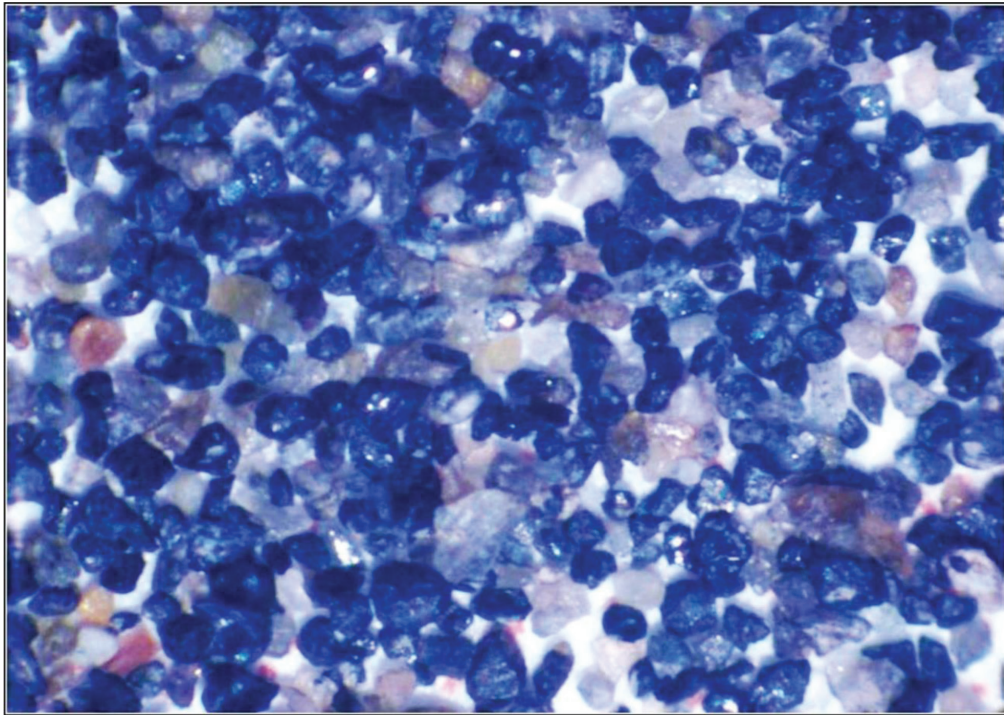
ofiyolitlerden türemiş kaya kırıntılarının yanı sıra, kromit, ilmenit ve manyetit gibi ağır mineraller içermektedir. Bunlardan Avustralya'daki Murray havzasında bulunan ofiyolitik plaserler günümüzde halen işletilmektedir.

Diğer taraftan elde edilen kimyasal analiz değerleri, Çamköy yöresindeki plaserlerin bileşiminde bulunan TiO_2 ve vanadyumun daha çok manyetitlerin yapısında bulunduğunu, daha az oranda ilmenitlere bağlı olarak bulunabileceğini göstermektedir.

Çizelge 2. Çamköy plaserlerinin ham ve işlenmiş örneklerine ait ağır mineral içeriği.

Table 2. The content of heavy mineral which belonged to natural and processed samples of Çamköy placers

Sediment Fraksiyonu Türü	Ortalama Ağır Mineral Fraksiyonu
Tüm sediment (doğal plaser)	%2
Elenmiş plaser (sediment<1mm veya ince kum)	%6
Zenginleştirilmiş konsantrasyon cevher (sallantılı masa)	%70-75



0 3 mm

Şekil 7. Konsantrasyon plaser örneği içinde bulunan kromit ve diğer ağır minerallerin mikroskopik görünümü.

Figure 7. The microscopic view of chromite and other heavy minerals found in a concentrated placer sample.

Çamköy Plaserlerinden Ağır Mineral Üretimi

Çamköy doğusunda yaklaşık 8 km² genişlikte bir alanda yayılım gösteren, ağır mineral içerikli ofiyolitik plaserlerin toplam rezervi 1 milyar ton civarındadır. Yöredeki ofiyolitik plaserlerin tüvenan halde ortalama %2 mertebesinde ağır mineral içerdiği dikkate alındığında, Çamköy yöresinde yaklaşık olarak 20 milyon tona varan ağır mineral rezervinin bulunduğu söylenebilir.

Çamköy yöresinde yer alan ofiyolitik plaserler büyük bölümü ile pekleşmemiş ya da çok zayıf pekleşmiş

çakıl ve kumlardan oluşmaktadır. Plaserler içinde bulunan ağır mineraller büyüklüğü 50-200 mikron arasında değişen serbestleşmiş taneler halinde bulunmaktadır. Alüvyon kumlarının pekleşmemiş olmasının yanı sıra, içerdiği ağır minerallerin serbest halde bulunması, cevherlerin ekonomik olarak üretimi açısından son derece önemlidir.

Çamköy plaserlerinden yapılacak bir cevher üretimi için öngörülen akım şeması Şekil 9'da verilmektedir. Buna göre, plaserlerden yapılacak kazı sonucu üretilen ağır mineral içerikli çimentolanmamış tüvenan tortullar, öncelikle 1 mm' lik elekten geçirildikten

sonra, doğrudan sallantılı masaya yönlendirilir. Diğer taraftan, geriye kalan ve çoğunluğu dünitlerden oluşan, 1 mm'den kaba malzeme, değirmende öğütüldükten sonra benzer şekilde sallantılı masa sistemine gönderilir. Sallantılı masadan elde edilen konsantr cevher, yaş manyetik seperatörden geçirilerek manyetik ve manyetik olmayan cevher fraksiyonları elde edilir. Yaş manyetik seperatörden elde edilen manyetik fraksiyona ait konsantr cevher, büyük bölümü ile manyetit minerallerinden yapılı olmasına karşın, manyetik olmayan fraksiyona ait cevherin çok büyük bir bölümü ile kromitten yapılı olduğu saptanmıştır. Manyetik seperatörden elde edilen manyetik cevher fraksiyonu yaklaşık % 45-50; bunun yanısıra, manyetik olmayan fraksiyon miktarı ise % 50-55 arasında değişir.

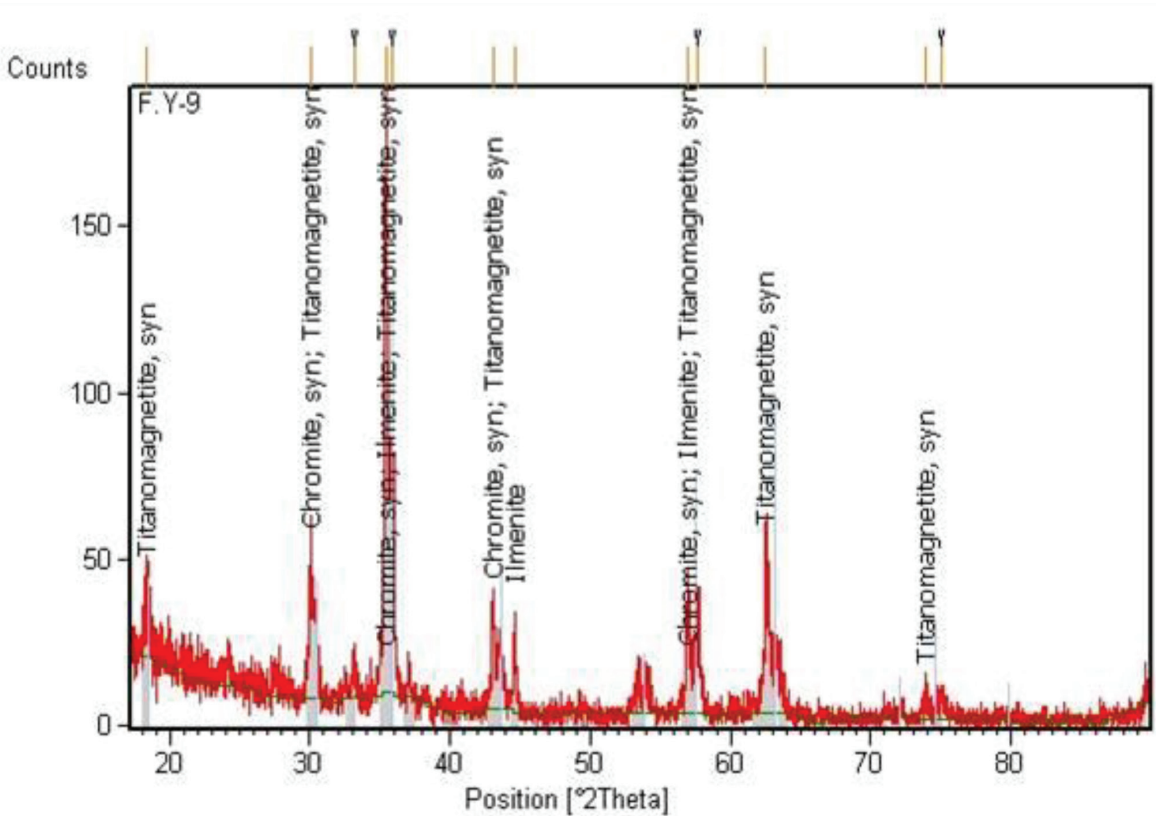
Sallantılı masalardan elde edilen konsantr cevher, yaş manyetik seperatörden geçirildiğinde, manyetik ve manyetik olmayan cevher fraksiyon oranının eşit olduğu saptanmıştır. Bu durumda, Çamköy yöresinde bulunan 20 milyon dolayındaki ağır mineral rezervinin yaklaşık yarısının kromit, diğer yarısının ise vanadyum içeren titanomanyetitlerden oluştuğu kabul

edilebilir. Elde edilen yaş manyetik seperatör analiz sonuçlarına göre, Çamköy yöresindeki plaserlerdeki kromit ve vanadyumlu titanomanyetit rezervlerinin, her biri için, yaklaşık 10 milyon ton civarında olabileceğini söylemek mümkündür.

Kimyasal analiz sonuçları, sallantılı masadan elde edilen manyetik fraksiyona ait konsantr cevherin, 1850 ppm mertebesinde vanadyum içerdiğini yansıtmaktadır. Manyetit mineraline bağlı olarak bulunan vanadyumun kazanılması için, cevherin NaCl ile birlikte 900 °C civarında kavrulması (roasting) ve yapısındaki vanadyumun oksitlendirilmesi gerekmektedir. Manyetit minerallerine ait tanelerin çeperlerinde oluşan V_2O_5 'in kazanılması için, bunlar H_2SO_4 ile yıkanılır (leaching). Sıvı faza geçen V_2O_5 , daha sonra uygun kimyasal prosesler uygulanarak çöktürülüp kazanılır (Freeman vd., 2003).

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Burdur ili (Çamköy) ve çevresindeki ofiyolitik kayalardan türeyen plaser oluşturabilecek kromitler ile buna eşlik eden ilmenit ve titanomanyetit



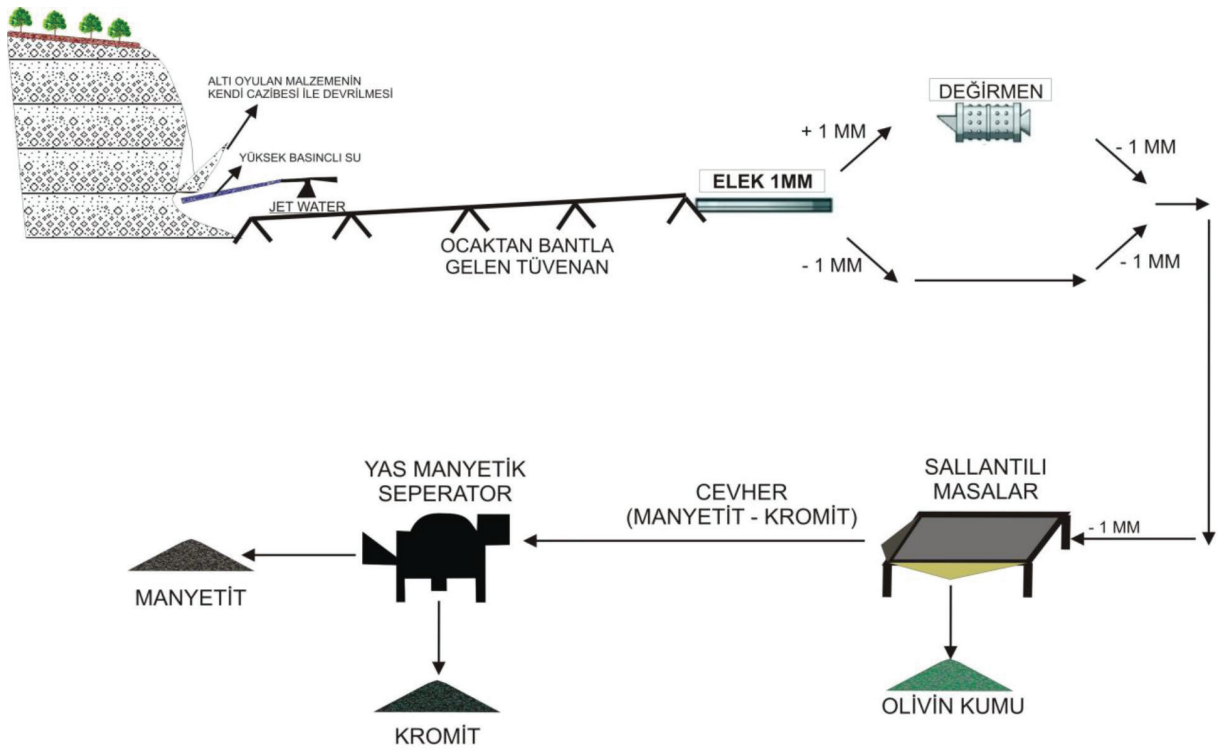
Şekil 8. Ağır mineral konsantrisi içinde bulunan minerallerin dağılımını gösteren XRD diyagramı
Figure 8. The XRD diagram showing the distribution of minerals in heavy minerals concentration.

Çizelge 3. Çamköy plaserlerinden elde edilen konsantrasyon sonuçlarının, manyetik ve manyetik olmayan fraksiyonlarına ait kimyasal analiz sonuçları
 Table 3. The chemical analysis results of magnetic and non-magnetic fractions of concentrated ores obtained from Çamköy placers

Method	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B				
Analyte	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ni	Sc	LO			
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
MDL	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	20	1	-5,1			
Sample Type																	
CAM-2M(magnetic)	10,25	7,63	45,61	8,15	2,4	0,15	0,05	3,49	0,02	0,38	20,822	645	16	0,4			
CAM-2NM(non-magnetic)	24,72	9,76	16,63	13,36	7,44	0,36	0,11	2,54	0,08	0,29	22,88	502	33	1,3			
CAM-3M(magnetic)	11,91	7,75	43,26	8,5	2,89	0,16	<0,01	3,76	0,03	0,41	20,06	627	18	0,8			
CAM-3NM(non-magnetic)	27,18	9,86	15,93	13,19	8,42	0,4	0,1	3,07	0,07	0,31	19,303	454	36	1,6			
4A-4B 4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B			
Sum	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Sn	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y
%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0,01	1	1	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,5	1	0,1	0,2	0,1	8	0,5	0,1	0,1
99,42	13	<1	190,1	0,1	16,3	0,5	9	3,1	23,5	<1	0,5	0,4	0,1	1814	0,7	31,7	8,4
99,5	24	<1	143,9	0,1	13,2	2,2	20,8	5,1	86,5	<1	1,3	1,3	0,3	613	<0,5	58,6	10
99,4	12	<1	193,5	0,1	16,3	0,4	10,5	3,2	29,8	1	0,7	0,7	0,2	1857	0,7	34,1	8,5
99,48	22	<1	138,8	0,1	13,6	2,1	27,3	4,9	104,2	<1	1,6	1,6	0,3	628	<0,5	76,5	12,1
4A-4B 4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B
La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Er	Ho	Tm	Yb	Lu	TOT/C	TOT/S	Mo	Cu
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm
0,1	0,1	0,02	0,3	0,05	0,02	0,05	0,01	0,05	0,03	0,02	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	0,1	0,1

Çizelge 3. Devamı
Table 3. ?????

3,6	7,9	0,88	4,1	0,94	0,36	1,23	0,24	1,44	0,33	0,88	0,14	0,95	0,14	0,04	<0,02	1,1	19,8
10,1	19,5	2,2	9,1	1,73	0,58	1,93	0,33	1,98	0,37	1,03	0,17	1,04	0,19	0,37	<0,02	0,5	22,4
4,3	9,4	1,07	4,4	1,08	0,46	1,36	0,26	1,69	0,32	0,95	0,16	0,99	0,15	0,05	<0,02	0,8	26,3
10,9	23,7	2,67	10,3	2,14	0,73	2,32	0,4	2,14	0,45	1,33	0,18	1,17	0,18	0,09	<0,02	0,7	24,9
1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX	1DX				
Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se						
PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPB	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM				
0,1	1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,01	0,1	0,5						
1,5	55	454,6	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,1	<0,01	<0,1	<0,5						
3,1	11	186,7	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,4	<0,01	<0,1	<0,5						
1,9	58	429,3	0,8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	<0,01	<0,1	<0,5						
1,7	12	175,6	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,5	<0,01	<0,1	<0,5						



Şekil 9. Çamköy yöresindeki plaserlerde kromit ve manyetit minerallerin kazanılmasını öngören akım şeması.
Figure 9. The flowchart for recovery of chromite and magnetite minerals in placers in the Çamköy area.

gibi ağır minerallerin ayrıntılı bir değerlendirilmesini içermektedir. Buna ek olarak, kimyasal ve mineralojik analizler ile bunların ekonomik açıdan potansiyelleri ortaya konularak, yeni zenginleştirme çalışmaları konusunda bazı öneriler getirilmiştir. Aşağıda elde sonuçlar ve öneriler maddeler halinde verilmektedir.

1. Çamköy yöresindeki plaser kromitler, bölgenin doğusunda geniş yayılım gösteren kromit içerikli ultrabazik kayaların fiziko-kimyasal yollarla ayrışmaya/bozunmaya uğramaları ve bölgede yer alan akarsular tarafından taşınarak uygun ortamlarda birikmeleriyle oluşmuşlardır.

2. Plaserlerin ince kum fraksiyonu (<1 mm) içindeki kromit ve buna eşlik eden ağır mineral (ilmenit ve titanomanyetit) içeriği, ortalama olarak %6 mertebindedir. Buna göre Çamköy plaserleri içinde başlıca kromit ve titanomanyetitlerden oluşan ağır mineral miktarı toplam olarak 20 milyon tona ulaşmaktadır.

3. Plaserlerden elde edilen konsantre cevherin, kimyasal ve mineralojik (XRD) analizleri sonucunda, bunların egemen olarak kromit, vanadyumlu manyetit ve ilmenitten oluştuğu saptanmıştır. Konsantre cevher, %22 - 27 Cr₂O₃; %45 - 55 manyetit, %3 - 3.5 TiO₂ ve

1850 ppm mertebesinde V içermektedir. Elde edilen veriler kromit minerallerinin egemen olduğunu, titanomanyetitlerin ise daha az oranda yer aldığını, bununla beraber, kimyasal analiz sonuçları plaserlerin içindeki manyetitlerin V içeriklerinin oldukça yüksek ve ekonomik olarak değerlendirilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.

4. Yöredeki plaserler içinde yer alan kromitlerin serbest tanecikler şeklinde bulunması, ve plaserlerin tutturulmamış olması, işletmecilik açısından son derece uygun koşullar sağlamaktadır. Yeni zenginleştirme yöntemleri geliştirildiği taktirde, Çamköy yöresindeki ofiyolitik plaserlerden ekonomik olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

5. Türkiye’de plaser tipi krom madenciliği şimdiye dek uygulanmamıştır. Çamköy projesi bu nedenle ilk kez uygulanacak olması bakımından ayrı bir öneme sahiptir. Şimdiye dek elde edilen ön sonuçlar, bölgedeki plaserler içinde 10 milyon tona ulaşan, oldukça büyük bir kromit rezervinin yanı sıra, buna eşlik eden önemli titanomanyetit ve ilmenit potansiyelinin bulunduğunu göstermektedir. Bu potansiyelin ekonomiye kazandırılması için, gereksinme duyulan yatırımların yapılması yararlı olacaktır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Proje Birimi (BAP) tarafından desteklenen (Proje no. 2608-M-10) projeden elde edilen verileri içermektedir. Yazarlar, yayını değerlendirme aşamasında, değerli görüş ve yorumlarıyla makalenin gelişmesinde önemli katkılar sağlayan Mustafa Ergin'e ve Mehmet Muzaffer Karadağ'a çok teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Alçıçek, MC., and ten Veen, JH., 2008. The Late Early Miocene Acipayam piggy-back basin: Refining the last stages of Lycian nappe emplacement in SW Turkey *Sedimentary Geology*, 208, 101-113.
- Arslan, A., Güngör, T., Erdoğan, B., and Passchier, CW., 2013. Tectonic transport directions of the Lycian nappes in southwest Turkey constrained by kinematic indicators. *Journal of Asian Earth Sciences*, 64, 198-209.
- Aydal, D., 1989. Hatay - Kızıldağ Masifi Güneydoğusunda Altın Zenginleşmeleri, 43. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.
- Çağatay, A., 1979. Yamaç ve Akarsu Plaserlerine Dünya ve Türkiye'den Bazı Örnekler. *Yeryuvarı ve İnsan*, 4, 4, 11 – 20.
- Dilek, Y., and Moores, E.M., 1990. Regional tectonics of the Eastern Mediterranean ophiolites: in: Malpas, J. Ve Moores, E. M.(eds.): *Ophiolites, oceanic crustal analogs: Proc. Sym. (Troodos, 1987)*, Geol. Surv., Dept., Nicosia, Cyprus, 295-309.
- Dill, H.G. and Ludwig, R.R., 2007. Geomorphological-sedimentological studies of landform types and modern placer deposits in the savanna (Southern Malawi). *Ore Geology Reviews* 33, 411-434.
- Döyen, A., Çömlekçiler, F., and Koçak, K., 2013. Stratigraphic Features of the Yesilova Ophiolite, Burdur, South-Western Turkey. *Springer Geology*. Pages: 493-498, DOI:10.1007/978-3-319-04364-7_94.
- Elitok, Ö., and Drüppel, K., 2008. Geochemistry and tectonic significance of metamorphic sole rocks beneath the Beyşehir-Horan Ophiolite (SW Turkey): *Lithos* 100, 322-353.
- Ergin, M., Keskin, Ş., Doğan, A. U., Kadioğlu, Y.K. and Karakaş, Z., 2007. Grain size and heavy mineral distribution as related to hinterland and environmental conditions for modern beach sediments from the Gulf of Antalya and Finike, eastern Mediterranean. *Marine Geology*, 240, 185-196.
- Ergin M., Karakaş Z.S., Tekin E., Sözeri K., Şimşek B., Çopuroğlu I., Eser B., Kılıç C.Ö., 2015. Samandağ (Hatay, GD Türkiye) Deniz Sahillerinde Ağır Mineral Plaser Araştırmaları: Sedimentolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Çalışmalar. TÜBİTAK (ÇAYDAG -112Y146 nolu Proje) Sonuç Raporu, Ankara, 120 s.
- Freeman, D.E., Aral, H., and Smith, L.K., 2003, The potential for the recovery of chromite sands from Murray Basin, Australia: *Heavy Minerals*, 95-99.
- Glover, C., and Robertson, A., 1998. Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. *Tectonophysics*, 298, 103-132.
- Gujar, AR, Ambre, NV., Mislankar, PG., and Iyer, SD., 2010. Ilmenite, Magnetite and Chromite Beach Placers from South Maharashtra, Central West Coast of India. *Resource Geology*, 60, 71-86.
- Iyer, SD, Babu, EVSSK, Mislankar, PG., Gujar, AR., Ambre, NV., and Loveson, VJ., 2010. Occurrence and Emplacement of Chromite Ores in Sindhudurg District, Maharashtra, India. *Acta Geologica Sinica-English Edition*. 84, 515-527.
- Koşal, C., 1971. Divriği A-B kafası demir yataklarının sondajlı aramalar jeolojik raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No. 4304, Ankara.
- Köksoy, M. 1975. Doğu Karadeniz plaser magnetit yatakları. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 4. Kongresi, Ankara
- MTA, 2009. Türkiye yeraltı kaynakları (illere göre). MTA Genel Müdürlüğü, yerbilimleri ve kültür serisi-5, 602 s., Ankara
- Öztürk, C., Kılıç, C.Ö., Ünlü, T., 2016. Cevher ve Skarn Minerallerinde yapılan bir Konkofodal Raman Spektroskopisi Çalışması: Dumluca Dmir Yatağı (Divriği, Sivas, Türkiye). *Yerbilimleri*, 37, 3, 203-2016.
- 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, 2, 1007, DOI:10.1029/2001TC901041.
- Ten Veen, JH., Boulton, SJ., and Alçiçek, MC., 2009. From palaeotectonics to neotectonics in the Neotethys realm: The importance of kinematic decoupling and inherited structural grain in SW Anatolia (Turkey). *Tectonophysics*, 473, 261-281, Special Issue: SI, DOI:10.1016/j.tecto.2008.09.030.
- Yağmurlu, F., Savaşın, Y., and Ergün, M., 1997. Relation of alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of the Isparta angle, SW Turkey. *Journal of Geology*, 105, 6, 717-728.
- Yiğit, O., 2009. Mineral Deposits of Turkey in Relation to Tethyan Metallogeny: Implications for Future Mineral Exploration. *Economic Geology*, 104, 19-51.

