

Karbonatit ve Karbonatitlere Bağlı Maden Yatakları

ADOLF HELKE

Ders notları; Mainz Üni., Batı Almanya

AHMET ÇAĞATAY

Ceviren ve derleyen. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

GİRİŞ

Kısmen çeviri, kısmende derlemeden oluşan bu çalışmanın kapsamını oluşturan bilgiler, uzun süre maden yatakları derslerini dinlediğim hocam Sn. Prof. Dr. Ing. A. HELKE'nin ders notlarından buraya aktarılmıştır. Değişen belgelerde de görüldüğü gibi özellikle son çeyrek yüzyılda "karbonatit ve karbonatitlere bağlı maden yatakları" konusunda pek çok çalışma ve yayın yapılmıştır. Fakat ülkemizde bugüne dek yayınlanmamış bir çalışma (Arda, 1976) dışında, bu konu üzerinde fazla durulmadığı görülmektedir. İlk bakışta bu durum, ülkemizde karbonatit bulunmadığı kanısını uyandırır. Ancak, son yıllarda Enstitümüz Mineraloji - Petrografi Servislerinde yapılan çalışmalar, ülkemizde de karbonatit ve buna bağlı yatakların bulunabileceğini ortaya koymuştur (Arda, 1976). Laboratuvar çalışmalarımızdan esinlenerek hazırlanan "karbonatit ve karbonatitlere bağlı maden yatakları" konulu bu yazı, bundan böyle ülkemizde yapılacak karbonatit araştırmalarına yardımcı olacaktır.

GENEL BİLGİ VE TEMEL KAVRAMLAR

Tarihçesi: İlk karbonatit zuhuru, "karbonatit" kavramı ortaya atılmadan önce 1895 yılında Högbom tarafından İsveç'in Alnö adasında bulunan Sundsvall Kenti yakınında incelenmiştir. "karbonatit" kavramını ilk olarak Brögger (1921) ortaya atmıştır.

Özellikleri: Karbonatitler öncelikle iri kristalli kalsit veya dolamitten oluşan kayalardır. Bu mineraller yanında karbonatitler bazen rodokrozit ve siderit gibi minerallerde içerirler. Bu durumda karbonatitler kalsit ve dolamit olarak adlandırılabilirler. Diğer taraftan ana mineraller yanında, karbonatitleri maden yatakları olarak ekonomik bakımdan ilginç kılan başka bazı önemli minerallerde bulunmaktadır.

Karbonatitler her yönüyle intrüfif kayalara benzerler. Yani onlar gibi CaCO_3 , —veya CaCO_3 , MgCO_3 — magması halinde intrüfifionlar şeklinde bugünkü yerlerini almışlardır. Kalsitin ancak 1000 atmosfer basınçta 1339°C de eridiği düşünülürse; böyle bir CaCO_3 — magmasının, yalnız çok büyük

derinlik ve yüksek basınçlar altında oluşabileceği ortaya çıkar.

Brögger (1921) magmatik kökenli kalsitite, bulunduğu yer olan Norveç'in Fen bölgesinin Söve yöresinden dolayı "Sövit" adını vermiştir. Sövitte birlikte bulunan magmatik kökenli dolamitide, Brögger "rauhaugit" olarak adlandırmıştır.

Karbonatitler, volkanik arazilerde genellikle baca dolgusu şeklinde ve ayrıca temel kristalin masiflerde nefelin-siyenit veya ijolitlerle birarada bulunmaktadır. Bilinen en büyük baca 5-6 km baca çapıyla Uganda'nın Bukusu karbonatitidir. Baca dolgusu şeklinde bulunan karbonatitlerin etrafı, alkali kayalardan karmaşık halkalar şeklinde sarılmıştır.

İsveç'in Alnö adasında bulunan karbonatitde olduğu gibi, karbonatit daykların çekirdek kesimleri çevresinde çeşitli mineral kapsamlı konsantrik halkalar yer almaktadır. Plaka biçimli karbonatit daykları prekambriyen yaşta kayalar içinde yer almakta ve bunları kesmektedirler. Böyle 200 adet karbonatit damarı birkaç cm. ile 7 m.

arasında değişen kalınlıklarıyla Kaliforniya'nın Mountain Pass yöresinde ortaya çıkmaktadır. Karbonatit damarlarını kapsayan bu sahanın uzunluğu 800 m. genişliği 230 m. dir.

Karbonatitler çoğunlukla büyük fay zonlarına komşu bölgelerde ortaya çıkarlar. Bazı önemli karbonatitlerin büyük fay zonlarına komşu yörelerde bulunduğu, aşağıdaki örneklerle kanıtlanabilir. (Çizelge, 1).

| Karbonatitin bulunduğu bölge ve ülkenin adı: | Fay Zonu |
|--|--|
| Söve, Fen-Bölgesi, Norveç | Oslo - grabeni |
| Badberg, Kaiserstuhl, Batı Almanya | Ren vadisi - grabeni |
| Afrika'nın çok sayıda karbonatiti | Doğu Afrika'nın büyük graben zonu (=Rift Valleys) |

Çizelge 1 : Karbonatit-fay zonu ilişkisini gösterir.

Karbonatitler prekambriyenden tersiyere kadar uzanan bütün jeoloji formasyonları içinde bulunabilmektedirler. Tersiyerden günümüze dek oluşan formasyonları içinde bulunabilmektedirler. olasılığı vardır. Bu kadar çeşitli jeolojik yaşta formasyonlarda bulunabilen karbonatitler, buna uyumlu olarak bugünkü durumlarıyla çeşitli aşınma düzeylerinde bulunmaktadır.

Sokulum sonucu oluşan karbonatit bacaları etrafında bulunan kayalar, bacayı kuşak şeklinde saran bir kesimlerinde değişmeye uğramışlardır. Bu kuşağın kalınlığı 200 m. öyleki bazen de 2000 m. yi bulmaktadır. Karbonatit magmasıyla gelen alkali elementler, Fen bölgesinde ilk defa Brögger (1921) tarafından izlenen bozunma kuşağında, SiO₂ fakirleşmesiyle birlikte sodyum-öjit (egirin) sodyum-hornblend gibi yeni minerallerin oluşmasını sağlamışlardır. Yan kayadaki her iki çeşit bozunma da; gerek mekanik zorlama sonucu oluşan, gerekse yeni alkali silikatların oluşması "fenitleşme" olarak adlandırılmaktadır.

Böylece karbonatitlerin yan kayacı çoğunlukla fenitleşir. Fenitleşme kar-

bonatit magmasıyla gelen gaz ve gözellerle sağlamır ve çok değişik şiddetlerde görülür. Örneğin Tanzaniya da bulunan Mbeya-Panda Hill karbonatiti oldukça zayıf bir fenitleşme göstermektedir. Burada yan kayacık içinde karbonat - magmasının girmesiyle yan kayacıkta yalnız SiO₂ fakirleşmesi olmuş, buna karşı alkali metazomatizması gerçekleşmemiştir.

KARBONATİTİN MİNERAL YATAKLARI OLARAK ÖNEMİ

Daha önce karbonatitlerin öncelikle kalsit ve (veya) dolomit, ayrıca ankerit, siderit ve rodokrosit gibi karbonatlardan oluştuğu söylenmişti. Diğer taraftan karbonatitler ekonomik değerde başka minerallerde kapsarlar. Bu minerallerin en önemlilerini manyetit, apatit, biyotit, vermikülit, piroksen, amfibol, piroklor (kappit, mikrolit), monazit, florenzit, bastnesit (parizit sinkiyisit), isokit, sellait, stronsiyanit, badeleyit, toriyanit (yalnız phalaborwa karbonatitinde), barit ve bakır sülfidleri oluşur.

Yer yüzünde bilinen karbonatitler, kapsadıkları önemli mineral ve elementlere göre sınıflandırılabilirler. Bu görüşten hareketle, tam olmamakla bir-

likte önemli bazı karbonatitler ele alınarak, bir sınıflandırılma yapılmaya çalışılmıştır, (Çizelge 2).

Karbonatitlerin "genel bilgi ve temel kavramlar" bölümü adı altında verilen bilgilerin derlenmesinde Pecora (1956), Routhier (1963), Heinrich (1966), Tuttle ve Gittins (1966), Stammberger (1969), Kropotowa (1969) Smirnov (1970) gibi eserlerden faydalanılmıştır.

MADEN YATAKLARI ÖRNEKLERİ

1) Norveç'in Fen Bölgesi (= Söve); Telemark-Prekambriyen formasyonları içinde, Oslo grabeninin permian yaşlı alkali kayacık provensinden 12 km. uzaklıkta bulunmaktadır. Karbonatit yöresinin yer yüzünde ortaya çıktığı alan, yaklaşık 5 km² genişliktedir. Bölgenin ana kayacık birimleri; fenit, urtit (ijolit-meltaygit-vipetoyit), sövit, rauhaugit, hollayit (sövitile meltaygit-ijolit arasında bulunan bir tür), rödberg (genellikle çok ufak taneli hematit levhacıkları tarafından kırmızıya boyanmış, ince taneli kalsitlidir. Eskiden yer yer demir cevheri olarak işletilmiştir. Belirli zonlarda %0.2 ThO₂ ve önemli bir kısım Ce₂O₃ den ileri gelen %1 na-dır toprak bileşimleri içermektedir. Bu

| Mineral, Element | Karbonatitin adı, bulunduğu bölge ve ülke |
|--|---|
| Nadir topraklar Öncelikle Seryum (Ce) | Mountain Pass, Kaliforniya USA Kangankunde Hill, Malawi |
| Niyobyum ve Tantal | Oka, Provens Quebec, Kanada Lake Nipissing, Ontario, Kanada Mbeya, Tansanya Afrika Lake Chilwa, Malawi Badberg, Kaiserstuhl, Batı Almanya |
| Apatit ve manyetit | Jacupiranga, Staut Sao Paulo, Brezilya Aruxa, Minas Gerais, Brezilya Phalaborwa, Güney Afrika Cumhuriyeti |
| Zirkon | Jacupiranga, Sao Paulo, Brezilya |
| Thoriyum ve nadir topraklar | Sivrihisar-Kızılcaören, Eskişehir, Türkiye |
| Titan | Magnet Cove, Arkansas, USA Tapira, Brezilya |
| Vermikülit | Phalaborwa, Güney Afrika |
| Bakır | Phalaborwa, Güney Afrika |

Çizelge 2

kesimlerinde rödberg birimi radyoakti- vite göstermekte olup, fakat radyoakti- vitenin hangi minerallerden ileri geldiği bilinmemektedir.) ve kimberlittir (dam- tjernit adıda verilen kimberlit; damar- lar ve kimberlit breşi şeklinde bacalar halinde bulunmaktadır. Bu kimberlit oluşukları hem karbonatit. sahasında, hemde bunun dışında ortaya çıkmakta, biyotit levhalarının öjit, amfibolit, bio- tit, manyetit, nefelin ve alkali feldspat- tan oluşan bir çimento içine yerleşme- siyle oluşmuştur.)

Brögger (1921) ve Saether (1957) yukarıda adı geçen bazı kayaçları magmatik kökenli düşünmüşlerdir. Ec- kermann (1948) meltaygit, ijolith seri- sini; prekambriyen kayaçlardan, alkali ilâvesi ve SiO_2 uzaklaşması sonucu ortaya çıkan metazomatik oluşuklar ola- rak kabul etmektedir. Kısacası Ecker- mann (1948), bu kayaçların şiddetli fenitleşmeyle (alkali-metazomatizması sonucu) oluştuğu kanısındadır.

Fen bölgesinin Sövit diye adlandı- rılan kayacı içine çok ince dağılmış pi- roklor minerali; oktaeder veya küp biçimli açıkkoyu kahverenkli bir kop- piten ibarettir. Yer yer koppit psodyo- morf olarak kolumbite dönüşmüştür. Bunun dışında Sövit içinde flogopit ve fluor-apatit gibi minerallerde bulunmak- tır. Söve koppitinin kimyasal bileşimi çok değişmektedir (çizelge, 3). Fen bölgesinin işletilen sövit cevheri orta- lama mineral modal analizi, belki bu yatak hakkında daha iyi fikir verebilir (Çizelge, 4). Sövit bu mineraller di- şında flogopit, tremolit, alkali amfibol, zoisit, fluorit, tapas ve baritte kapsa- maktadır.

Söve karbonatiti hakkında yukarı- da verilen bilgiler Saether (1957), Vo- kes (1960), Barth ve Ramberg (1967) ve Mitchell ve Crocket (1972) gibi ya- yınlardan faydalanılarak derlenmiştir.

2) İsveç'in Alnö adası Baltık de- nizinde bulunmaktadır. Burada alkali kayaçlar adanın kuzey kesiminde 8 km² genişliğinde bir alana yayılmıştır. Al- kali kayaç intrüsyonu merkezi, Alnö adasının kuzeyinde, deniz seviyesinin altındadır. Çevrede biyotit şist, gnays, granit ve pegmatitlerden oluşmuş ka- yaçlara rastlanmaktadır. Karbonatit intrüsyonu öncelikle F ve CO_2 baki- minden zengin, buna karşılık H_2O baki- minden fakir kimberlitik magmadan oluşmuştur. Bu magma kristalin şist- lerle reaksiyona girerek, alkali mete- zomatizması sonucu çok değişik ve kar- maşık bir metazomatik kökenli kaya- cın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Kim- berlit. magmasından daha önce yük- sek CO_2 basıncına sahip dolamitik- ankeritik bir magma yükselmiş ve yan kayaçta radyal kırıklar (cone sheets) oluşturmuştur. Böylece bu ra- diyal kırıkların bir çoğu hemen sövitte doldurulmuştur. Diğer bazı kırıklar; dışta sövit, içte kimberliti iç içe yan yana kapsamaktadırlar. Radyal kırık- lar üç safhada oluşmuştur. İlk önce magmanın bugünkü yeryüzünden 10 km, daha sonra sırasıyla iki defa 5 ve 3 km derinliklerde bulunduğu, açıl- mışlardır.

Alkali metazomatizmasıyla yan ka- yaçlara ilâve olarak CaO , CO_2 ve K_2O gelmiş, buna karşılık bu kayaçlardan SiO_2 ve Na_2O açığa çıkarak, ortamdaki ayrılmıştır. Bu olay sonunda yan ka- yaç kristalin şistler yer yer kuars-siyenit, siyenit, nefelin-fluorit-siyenite dö- nülmüşlerdir. Sövit Ba, Nb, Ta ve U gibi elementler bakımından zenginleş- miştir. Bunlardan yalnız Ba işletilebi- lirlik sınırlarına ulaşır miktarda bu- lunmaktadır.

İsveç'in Alnö adasında bulunan karbonatit hakkındaki bilgiler Ecker- mann (1948, 1960) ve Tuttle and Git-

| Mineral | Analiz |
|----------|--------|
| Kalsit | 80 |
| Apatit | 7 |
| Magnetit | 3 |
| Pirit | 1 |
| Piroklor | 0.5 |

Çizelge 4: Sövit cevheri mineral modal analizi

tins (1966) gibi yayınlardan derlene- rek, özetlenmiştir.

3) Batı-Almanya'nın Kaiserstuhl- Schelingen yakınında bulunan Badberg karbonatiti 1 km² genişlikte bir alana yayılmıştır. Mermerden oluşmuş bu zuhur eski çalışmalarda "koppit mer- mer" olarak adlandırılmıştır. Fakat kar- bonatit özelliklerinden bir çoğunu gös- terdiğinden, bugün bu oluşumun kar- bonatit olduğu kabul edilmektedir. Badberg zuhuru bir intrüsif görünü- münde olup, dışa uzanan dayıklar kap- samaktadır. Karbonatit içinde, ayrıca fonolit gibi yaşlı yan kayaç parçaları içermektedir. Etrafını saran yan ka- yaçlarda potasyum gelmesiyle gerçek- leşen bir biotitleşme görülmektedir. Kimyasal analizinde Nb, nadir toprak elementleri ve stronsiyum veren Bad- berg karbonatiti, mineraller olarak, kop- pit; dysanalit, magneziyoferrit, forste- rit, apatit ve baryum içerikli flogopit kapsamaktadır. Ayrıca karbonatit baci- sinda sokulum ve akma dokusu belir- gin halde görülmektedir. Kısaca Bad- berg karbonatitine; Ren vadisi grabenine bağlı ve Kaiserstuhl alkali kayaç- larıyla birlikte oluşmuş gözüyle bakıl- maktadır.

Badberg karbonatitinin kısa özeti Wimmenauer'in (1959, 1962, 1966, 1970, 1971, 1972) çeşitli yayınlardan ve Wambecke ve diğerleri (1964/65) çalış- masından faydalanılarak hazırlanmış- tır.

4) İtalya'nın Roma kenti yakınında bulunan Pianciano-Castel Giuliano karbonatitinin çevrede yaygın olan vol- kanizmayla yakından ilişkisi vardır. Sabatin olarak adlandırılan bu volka- nik bölge Pichler'e (1970) göre 1400 km² genişliğinde bir alana yayılmıştır. Volkanizma burada alt playstosende başlamış ve çok uzun bir süre devam etmiştir. Pichler'e (1970) göre ilk baş- ta doğu kesiminde ignimbrit ve pirok-

Elementler oksidleri halinde

Değişim sınırları %

| | |
|---|----------|
| Nb_2O_5 | 58 — 72 |
| Ta_2O_5 | 0.5 — 2 |
| TiO_2 | 0.5 — 6 |
| FeO | 1 — 20 |
| CaO | 0.5 — 20 |
| ThO_2 ve nadir toprak elementleri oksidleri | 0.5 — 2 |

Çizelge 3: Söve kaptının çok değişen kimyasal analizi

lastikler püskürülmüştür. Diğer taraftan batı kesimde daha genç yaşta lavlar yaygındır. Doğu kesimde bulunan ignimbrit-piroklastit seviye; en alta ufak renkli parçaların bir volkanik kül-karbonatik çimento için (Peperion della Via Flaminia) yerleşmesiyle oluşmuştur. Bu birim üzerinde iki ayrı ignimbrit seviyesi daha bulunmaktadırki, bunlardan alttaki "Tufi gialli"; Üstteki "Tufo rossastro a pomici nere" veya "Tufi litoidi a scorie nere" olarak adlandırılmaktadır. Bütün bu ignimbrit ve piroklastiklerin kimyası; trakit ve latitlerin kimyasıyla eşdeğerlidir. Batıdaki lavlar aynı kökenli magmanın ürünüdürler. Farklı olarak bunlar karbonat asimilasyonu sonucu tefritik lösit fonolitten, tefritik lösitlere kadar değişen bir diferensiyasyona uğramışlardır. Dolayısıyla genç lavlarda silik bakımından belirgin bir fakirleşme görülmektedir. Ayrıca kuzeyde Viterbo'dan başlayan güneyde Roma'ya kadar uzanan bir yörede piroklastikler arasında kum ve kil minerallerinden oluşan seviyelerde bulunmaktadır.

Burada da fluorit, barit ve apatit içeren tabakalara rastlanmaktadır. Spada (1969) tüm mineralleri "sabbioso", "argilloso" adı altında iki ayrı guruba ayırmıştır. Sabbioso mineralleri olarak; genellikle kalsit (%70), dolomit (%6), fluorit (%13), barit (%4) ve apatiti (%3) saymaktadır. Argilloso mineralleri olarak; fluorit (%58), barit (%17'ye kadar), jips (%6) ve apatitten (%9) oluşan gurubu vermektedir.

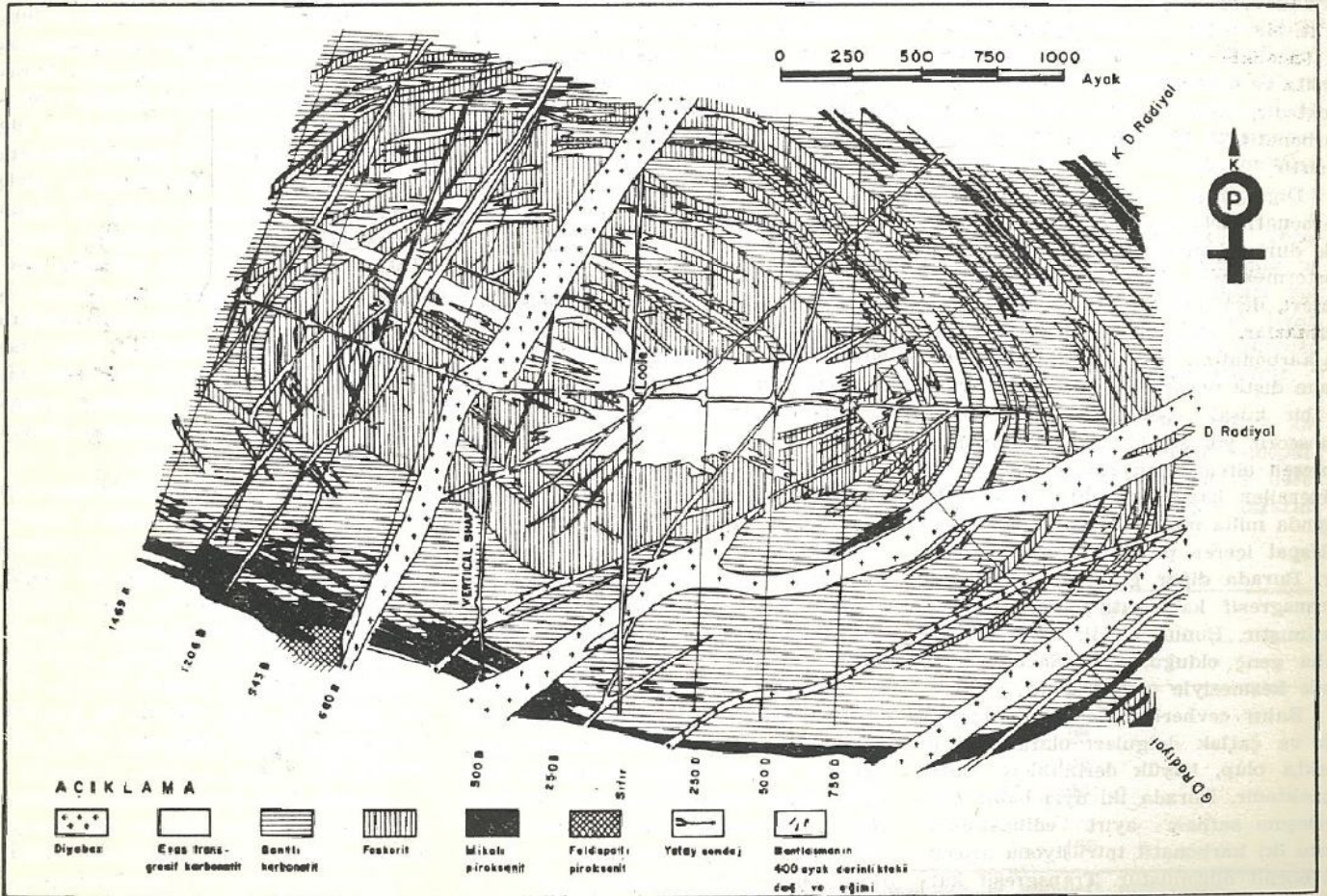
Eski görüşlere göre (Spada, 1969) kalsit, barit, fluorit apatit kapsayan tortular kapalı göllerde (krater gölleri) öncelikli büyük Sabatin krater gölünde çökeltmeleri sonucu oluşmuşlardır. Bu görüşe göre bu krater gölüne yetişen volkanik-ekselatif kökenli sıcak sular beraberinde belirli aralıklarla kalsit, fluorit, barit ve apatiti oluşturan çözeltileri getirmişlerdir. Buna karşılık terijen tortular krater gölüne gelememiştir. Fakat transactions enstitüsünün Mining and Metallurgy, şubat (1973) sayısında ortaya atılan yeni görüşle; bu zuhurların daha çok Hindistan'ın Amba Dongar, Gujarat ve

güneybatı Afrika'nın Okorusu karbonatitlerine benzer fluorit- karbonatitler olduğu ileri sürülmektedir.

İlk olarak 1970 yılında Sabatin (ve Vulsin) volkan bölgesinde bulunan kalsit, fluorit, barit ve apatitli zuhurun büyük yaygınlığı hakkında geçerli bilgiler elde edilmiştir. Minerallerin yüzde oranları her mostrada değişmekte olup; fluorit yatağı olarak ekonomik değer taşıyan zuhurlar Bracciano'dan Castel Giuliano'ya giden kara yolunun her iki yanında bulunan zuhurlardır. Bu zuhurlardan oluşan Pianciano - Castel Giuliano fluorit yatağı en az %60 CaF₂ tenörlü cevher kapsamaktadır.

İtalya'nın Roma kenti yakınında bulunan Pianciano-Castel Giuliano fluorit yatağına değinen yukarıdaki öz yazı Spada (1969), Picher (1970), Institution of Mining and Metallurgy (1973) ve Appleton (1972) gibi yayınlardan faydalanılarak derlenmiştir.

6) Güney-Afrika'da bulunan Phalaborwa (Palabora) Kompleks arkeeniyen granitler (Basement) içinde bulunan dik bir baca şeklindedir (şekil,1).



8 km uzunluğunda ve 3 km genişliğinde bir alanda ortaya çıkan bu oluşuk, %15 apatit içeren bir piroksen daha doğrusu diyopsid-flogopit-apatit kapsayan bir kayadır. Phalaborwa kompleksi aynı genişliklerde biri fenitleşme, biride siyenitleşme gösteren zonlarla sarılmıştır. Bu büyük dikey durumlu baca içinde, iri kristalli bir kayaç olan pegmatoidten üç ufak baca bulunmaktadır. Bunlar magmatik aktivitesinin merkezleri olarak düşünülmektedirler. Burada bu ufak bacalardan yalnız ikisinin adı geçecektir. Diğer taraftan Phalaborwa kompleksi kuzeydoğu doğrultulu çok sayıda dolerit damarı tarafından kesilmektedir. Üç ufak bacadan biri Phalaborwa Kompleksinin kuzey kesiminde ortaya çıkmaktadır. Oval şekilli bu baca serpantin ve vermikülitte doldurulmuş olup, içerdiği vermikülitte dolayı işletilmektedir, Phalaborwa kompleksi orta kısımlarında bulunan diğer dikey ufak karbonatit bacada elipsoidal biçimlidir. Doğu-batı doğrultusunda 700 m. uzunluğa, kuzey-güney doğrultusunda 500 m. genişliğe sahip bu baca morfolojik bakımdan yer yüzünde "Loolekop" adı verilen tepe şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu karbonatit bir bakır cevheri yatağıdır. Baca öncelikle dolomitik kalsititten oluşmakta ve %27 manyetit, %0.68 Cu içermektedir. Aslında yukarıda adı geçen karbonatit iç içe bulunan bir çift intrüsiyondur.

Diğer yaşlı bir karbonatit; bantlı karbonatit olarak adlandırılmış olup, dik duran konstantrik bir bantlaşma göstermektedir. Bantlı karbonatitin sınırları, dışa doğru kesin dokanak oluşturmazlar. Bantlar kenar kısımlarında karbonatit - "phoscorit" geçişlidirler. Daha dışta phoscorit karbonatit bacasını bir kuşak şeklinde sarmaktadır. Phoscorit yöresel bir ad olup; serpantinleşen olivin, manyetit ve apatit gibi mineraller kapsamaktadır. Phoscorit; dışında mika mineralli piroksenite, o da feldspat içeren piroksenite geçiş gösterir. Burada diğer genç bir karbonatit, "transgresif karbonatit" olarak adlandırılmıştır. Bunun bantlı karbonatitten daha genç olduğu, onu damarlar şeklinde kesmesiyle ortaya çıkar.

Bakır cevherleşmesi ufak damarcık ve çatlak dolguları olarak bulunmakta olup, büyük derinliklere kadar inmektedir. Burada iki ayrı bakır cevherleşme safhası ayrıt edilmektedir. Önce iki karbonatit intrüsiyonu arasında bornit oluşmuştur. Transgresif kar-

bonatit intrüsiyonu sonunda da; ana cevher minerali kalkopirit yanında az kalkosin, çok az miktarlarda valleriyit ve kübanit kapsayan parajenez oluşmuştur. Aynı zuhurlarda toriyanite de rastlanmaktadır. Bundan dolayıda 1953-1956 yılları arasında bu yatak çok detay şekilde incelenmiştir. Bu çalışmaların sonucu olarak karbonatitin toriyanit kapsamı bakımından önemsiz, fakat bakır kapsamı bakımından işletilebilir sınıırı bulduğu ortaya çıkmıştır. Böylece 1962 yılına dek bu yatakta %0,68 Cu tenörlü 315 000 000 t cevher tespit edilmiştir. Bugün burada 400 m derinliğe ineceği düşünülen bir açık işletmeye başlanmıştır. Fakat Phalaborwa cevherlerinde niob tantal ve nadir toprak elementlerine rastlanmamaktadır.

Bu bilgiler Lombad ve diğerleri (1964), Borning ve diğerleri (1966), Heinrich (1970) ve King (1970) gibi yazarlardan derlenmiştir.

7) Rodezya'nın Dorowa ve shawa karbonatitleri birbirine çok yakın Salisbury'nin yaklaşık 100 mil güneydoğusunda bulunmaktadırlar. Her iki karbonatit zuhurunun merkezi karbonatit bacaları ufak olmasına karşılık, etraflarında geniş alanlara yayılan fenitleşme zonları oluşmuştur. Dorowa bir at nalı şeklinde, ortasında birkaç ufak karbonatit bacası ve daykı içeren siyanit ve nefelin siyenitten oluşan bir intrüsiyondur. Karbonatitin önemli minerali olan apatit, mercekler şeklinde manyetit-apatit daykı ve vermikülit-apatit içinde derişmiştir. Pelletier (1964) Dorowa karbonatitinin rezervini %8 P_2O_5 içeren 37 000 000 t cevher olarak hesaplamıştır. Bu karbonatit hakkında daha geniş bilgiler için; Jonson (1961) ve Pelletier (1964) gibi yayınlara başvurulmalıdır.

8) Zambiya'nın Luangwa River ve Zambesi River nehirlerinin karıştığı noktanın 25 mil kuzeyinde büyük dikey eğimli fayların bulunduğu yörede birbirlerine çok yakın dört karbonatit ortaya çıkar. Bunlar kuzeyden güneye doğru Chasweta, Mwambuto, Nachomba Hill ve Kaluwe diye adlandırılırlar. Kaluwe karbonatiti bunların en büyüğü ve önemlisi sayılır (Bailey, 1960). Uzunluğu 10, genişliği 1.5-3 km arasında değişen bu karbonatitin aşınmasıyla oluşan üstteki toprakta, kimyasal analiz sonucu %9.5 P_2O_5 ve %0.5 Nb_2O_5 bulunmuştur. Kaluwe karbonatiti büyük rezervler kapsayan ve kolay işletilebilen; buna karşılık fosfor ve

niyob tenörü düşük cevherlerden oluşan bir yataktır (Pelletier, 1964).

9) Malawi'nin karbonatitleri güneyde üst jura, alt kretase yaşta alkali kayaların yaygın olduğu Chilwa yöresinde bulunurlar. Bu bölgede ortaya çıkan çok sayıda karbonatit içinden en önemlileri Ilomba Hill, Chilwa Island, Tundulu ve Kangankunde Hill olarak sayılabilir. Bunlardan Kangankunde Hill yatağı sövit yerine daha çok stronsiyanitce zengin bir ankerit-karbonatit oluşmuştur. Toryumca fakir bir monazit, karbonatit ve fenitleşme zonu-na çok ufak taneler halinde saçılmış olarak bulunmaktadır. Eliviyum içinde de aynı minerale sık rastlanmaktadır. Buna ilâveten bastnesit-sinkisit ve florenzitte bulunmaktadır. Kangankunde Hill yer yüzünün en büyük ceriyum ve stronsiyanit yatağı olarak kabul edilmektedir.

Yukarıda öz halde derlenen bilgiler Pelletier (1964), Garson (1965), Holt (1966) ve Wolley ve Garson (1970) gibi yayınlardan alınmıştır.

10) Tansanya'nın Panda Hill karbonatiti güney Tansanya'da; Mbeya'nın 20 km batı-güney batısında, Rukwe grabeninin kenar kesiminde bulunmaktadır. Panda Hill 300 m yükseklikte bir tepededir. 1957 yılına dek burada 0.34 Nb_2O_5 tenörlü 14 000 000 t karbonatit ve %0.79 Nb_2O_5 tenörlü 3 800 000 t fenit tespit edilmiştir. Panda Hill karbonatiti oldukça arınmış bir sövit olup, baca kenerlarında bariz bir akma dokusu göstermektedir. Buda Panda Hill oluşunun, intrüsiy şeklinde yükselen karbonatit magmasının ürünü olduğunu kanıtlamaktadır. Intrüsiyonun çapı 2 km olup, etrafındaki temel kayaları fenitleştirmiştir. Kristalin birimler yanında, baca etrafında ayrıca volkanik aglomera ve tüflerden oluşan seviyelerde bulunmaktadır.

Panda Hill karbonatitinin ana cevherinde fazla miktarda piroklor bulunmaktadır. Bunun yanında az sayılı-yacak bir oranda manyetit ve apatit gibi minerallerde ortaya çıkar. Sülfidli mineraller olarak fazlaca miktarda pirotin; ayrıca az miktarda sırasıyla, çinkoblend pirit ve galenit izlenir. Yer yer kalsedon, opal, fluorit ve kırmızı-kahverengi biyotit rastlanan diğer minerallerdir.

Panda Hill karbonatitini tanımlayan yukarıdaki öz bilgiler Fawley ve James (1955), Fick ve Heyde (1959) ve Pelletier (1964) den derlenmiştir.

| Gksidler | Analiz I (L ₁) % | Analiz II (L ₂) % |
|---|------------------------------|-------------------------------|
| SiO ₂ | 1.18 | 1.12 |
| R ₂ O ₃ (TiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃) | 1.64 | 1.70 |
| MgO | 1.43 | 2.35 |
| CaO | 19.09 | 17.52 |
| BaO | 1.05 | 1.02 |
| SrO | 0.89 | 0.85 |
| Na ₂ O | 29.00 | 30.00 |
| K ₂ O | 6.90 | 7.50 |
| H ₂ O | 1.81 | 1.91 |
| CO ₂ | 31.98 | 30.73 |
| Cl | 2.07 | 3.03 |
| SO ₃ | 2.79 | 2.88 |
| S | 0.08 | 0.13 |
| Toplam | 99.91 | 100.74 |

Çizelge 5: Oldoinyo L'engai volkan lavının analiz sonuçları.

Tansanya'nın kuzey kesiminde yer alan Oldoinyo L'engai karbonatiti oldukça genç sayılmaktadır. Tansanya'nın kuzey kesiminde iki ayrı yaşta volkanik faaliyet görülmektedir. Daha yaşlı volkanik faaliyetle; olivin-bazalt, trakit-bazalt, trakit ve fonolit gibi kayalar oluşturulmuştur. Genç volkanik faaliyetlerde, karbonatitik lava gelmiştir. Oldoinyo Lengai, bunlardan genç volkanik faaliyetlerin bugün aktif olan devamıdır. Oldoinyo Lengai volkanı sodyum gölünün 16 km kuzeyinde yer almakta ve 1880 yılından beri 10 defa faaliyete geçmiştir. Volkan, etrafındaki düz araziden 2 200 m daha yükseklere yetişmekte ve tepesinde çift krater bulunmaktadır. Oldoinyo Lengai önce fazla miktarda piroklastikler püskürtmüş ve iki silikat lav akıntısı getirmiştir. Bunlar nefelinit, fonolitlerle, melanafelinitlerdir. Nefelinit ve fonolitler sarı renkli piroklastiklerin arasında bulunmaktadır. Melanefelinitler siyah renkli piroklastiklerden daha gençtirler.

1960 Yılı'nın ocak, haziran, eylül ve ekim aylarında, 1961 yılının ağustos ayında faaliyete geçen Oldoinyo Lengai volkanı çok fazla miktarda soda (NaCO₃) ve karbondioksitten (CO₂) oluşan bir lav akıtmıştır. Sodaya zengin bu lav kolay akıcı "pahöhö" lav; kısmende oldukça kalın, zor akabilen "aa lav" halinde bulunmaktaydı. Aktığında kor halinde değildi. Yapılan iki analiz, bu lavların alkali elementler ve uçucu bileşikleri (CO₂) bakımından

çok çok zengin olduğunu göstermiştir (Çizelge 5). Ayrıca lavın F, Cl ve SO₃ içeriğinin yüksek olduğu, fakat buna karşılık hiç SiO₂, Al₂O₃ kapsamadığı ortaya çıkmıştır.

Aynı analizlerde iz elementlerde bakılmış, şu sonuca varılmıştır (Çizelge, 6).

Bütün bunlar yanında Oldoinyo Lengai volkanında izlenen en önemli olay ekstrüsyon bir Na-Ca-K. karbonat magmanın ekstrüsyon lavlar gibi akmaya başlaması ve birbirini takip eden ekstrüsyonlar sonucu üstüste gelen lavların giderek SO₂ içeriği bakımından fakirleşme göstermesidir. Difarensiyasyon sırası ijolitik piroklastiklerle başlamış, nefelinit ve fonolitlerle devam etmiş, daha sonra nefelinik piroklastikler ve melano-nefelinitler gibi püskürükler yanında, sodyumca zengin karbonat kül ve lavlarıyla son bulmuştur.

Oldoinyo Lengai karbonatiti hakkında daha geniş bilgiler; Dubois ve

diğerleri (1963), Dawson (1966) gibi yayınlarda bulunur.

11) Kenya'nın Mrima Hill karbonatitinin Jumbo Hill nefelinsiyetiyle çok sıkı ilişkisi bulunmakta ve elipsimsi bir yüzey kesidi biçimiyle ortaya çıkmaktadır. Yayılım alanı 1.5 milkare olan bu karbonatit, morfolojik bakımdan 250 m yükseklikte bir tepedir. Fakat 200 m derinliğe kadar inen bir aşınma ve bozunma zonu gösteren Mrima Hill karbonatitinin, bu kesiminde taze mostra bulmak oldukça güçtür. Derin sondaj ve mühendislik-jeolojisi çalışmaları yardımıyla burada sövit ve biyotitli dolomitik-aglomeratit-karbonatit bulunmuştur. Fenitleşme diğer karbonatitlerde görüldüğü gibi belirgin değildir. Taze, aşınma ve bozunmaya uğramamış karbonatit %0.12-0.18 arasında değişen Nb₂O₅ içermektedir. Aşınma ve bozunma geçirmiş karbonatit, bu değerlerin beş katı kadar veya daha fazla, yani %0.7 Nb₂O₅ içermektedir. Bu değerlerden hareketle bugün aşınmış, bozunmuş olarak geride kalan karbonatit kısmı; gerçekte aşınan karbonatit kesimin ancak 1/5 lik bir kısmını karşılamaktadır. Diğer taşınmayla yöreden uzaklaştırılmıştır. Mrima Hill'de yaklaşık 30 000 000 t %0.7 tenörlü aşınmış karbonatit saptanmıştır (Coetzee ve Edwards, 1959). Fakat piroklor çok ince taneli olduğundan, bu durumda yatağın işletilme olasılığı ortadan kalkmaktadır.

12) Uganda'nın güneyinde, Tororo çevresinde çok sayıda volkanik ve intrüsyon alkali-kayaç karmaşıkları bulunmaktadır. Bu yörede ortaya çıkan üç karbonatit sırayla Sukulu, Bukusu ve Tororo olarak adlandırılmışlardır.

Sukulu karbonatitinin çapı 4 km olup, etrafı biyotitce zengin feldspat-kayaçları tarafından sarılmış ve nefelin-aplit damarları (tinguait) tarafın-

| Element | Analiz I | Analiz II |
|---------|-----------------------|-----------------------|
| | (L ₁) ppm | (L ₂) ppm |
| Li | 100 | 100 |
| Ti | 25 | 25 |
| V | 75 | 100 |
| Rb | 200 | 400 |
| Nb | 15 | — |
| La | 400 | 400 |

Çizelge 6: Aynı analizlerinde bulunan iz element miktarları.

dan ornatılmıştır. Feldspat kayalarının etrafında öncelikle biyotitce zengin mafik minerallerden oluşan fenitik kayalardan bir kuşak tarafından sarılmıştır. Karbonatitin kendisi CaCO_3 bakımından zengin bir kayaç (sövite) olup, ayrıca başka bazı önemli minerallerde kapsamaktadır. Söviti oluşturan başlıca mineraller; dolomit, manyetit (en önemlisi), apatit, mika, zirkon, baddeleyit, Barit, piroklor, tremolit, piroksen ve eser miktarda sülfid-mineralleri olarak sıralanabilir. Karbonatit genç agglomera damarları tarafından kesilmiştir. Sukulu karbonatitinin varlığı 1939 yılından beri bilinmektedir. Karbonatitin bir kısmı muhtemel 202.000.000 ton cevher rezervi kapsamaktadır. Karbonatitin üzerinde bulunan aşınma ürünü toprak %0.20 Nb_2O_5 , %13 P_2O_5 ve %20-25 oranında manyetit içermektedir. Apatit 1962 yılından beri süperfosfat elde edilmesinde kullanılmak için işletilmektedir. Piroklor yan ürün olarak değerlendirilmektedir. Fakat piroklor kristallerinin %25-45 lik bir kısmının 10 mikrondan daha ufak olması, bu değerlendirmeyi olumsuz yönde etkilemektedir.

Yukarıdaki bilgilerin sunulmasında; King ve Sutherland (1966) Bloomfield ve diğerleri (1971) gibi iki yayından faydalanılmıştır.

Bukusu karbonatiti oldukça büyük boyutlu ve bacasının merkezi kesimlerinde kısmen, günümüzde faaliyet gösteren Mount Elgon volkanı tarafından püskürtülen volkanik küllerle örtülmüştür. Burada merkezi karbonatit bacası dışında, halkalar şeklinde karbonatit damarlarında bulunmaktadır. Karbonatitin çevre kayaları fenitlenmiş olup, yeni mineraller olarak amfibol ve mika oluşmuştur. Bukusu karbonatiti öncelikle bir apatit yatağıdır (Baldock, 1969).

Tororo karbonatiti siyenitik kayalar içinde bulunmakta olup, yan kayaları belirgin şekilde fenitleşme göstermektedir.

13) Batı-Afrika'da Atlantik Okyanusunda. Conakry karşısında yer alan Los adalarında ve ayrıca güneybatı Afrika'da fluorit bakımından zengin Okorusu karbonatiti bulunmaktadır.

14) Brezilya'nın Minas Gerais bölgesinde, Jacupiranga yakınında bulunan Araxa karbonatiti Brezilya'nın en büyük apatit yatağıdır. Araxa karbonatitinin çapı 6.5 km olup, minas

serisinin kristalin kireç taşları içine girmiştir. Apatit yanında, manyetit ve piroklorda içermektedir. Brezilya hükümeti tarafından yapılan araştırmalar sonucu Araxa karbonatitinde %22 P_2O_5 tenörlü 42 000 000 t ve %12 P_2O_5 tenörlü 49 000 000 t cevher saptanmıştır. Fakat %22 P_2O_5 tenörlü cevherin en az 32 000 000 t'u, süperfosfat imalinden önce uzaklaştırılması gereken %15 te Fe_2O_3 içermektedir. Demir içeriği daha çok apatit cevheri çatlaklarında bulunan limonitten gelmektedir. Bu zenginleştirme teknolojisi sorunu, oldukça güç çözünecek gibi görünmektedir. Araxa karbonatiti aynı zamanda dünyanın en büyük piroklor yatağıdır. Harrington ve diğerlerine (1966) göre Araxá yatağı %3.48 Nb_2O_5 , %0.114 ThO_2 ve %0.05 U_2O_8 tenörlü 120 000 000 t cevher kapsamaktadır. Putzer (seyahat prospektüsü) Araxá ile ilgili verdiği bilgilerde; çok şiddetli aşınmaya uğramış, barit ve apatit içeren bir karbonatit bacasının, yer yüzünün en büyük ve zengin piroklor yataklarından biri olan bir aliviyum mantosuyla sarılmış durumda bulunduğunu yazmaktadır. Yakın zamanda işletmeye açılan yatak, 9 000 000 t niyoboksit ve 85 000 t uranoksit içeren 185 000 000 t cevher rezervi kapsamaktadır. Sommerlatte (1969) göre Araxá karbonatiti bugün %3 Nb_2O_5 tenörlü 200 000 000 t cevher rezerviyle batı dünyasının en büyük ve zengin niyob kaynağıdır.

Jacupiranga karbonatiti Atlantik okyanusu kıyısına yakın Sao Paulo kenti sınırları içinde bulunmaktadır. Çeşitli yayınlarda değişik cevher rezervleri kapsadığı yazılan Jacupiranga karbonatiti Harrington ve diğerlerine (1966) göre %6.5 P_2O_5 tenörlü 150 000 000 t cevher rezervine sahiptir. Jacupiranga apatit yatağı orta kısmında bir karbonatit bacası bulunduran 10 km uzunluğunda, 7 km genişliğinde magmatik kökenli karmaşığın bir kısmını oluşturmaktadır. Magmatik karmaşık; peridotit, titanomanyetit, apatit, olivin, serpantin ve piroklordan oluşmuştur (Harrington ve Diğerleri, 1966). Melcher'e (1966) göre bu karmaşık, ijolit, jacupirangit, piroksenit, peridotit ve karbonatitler kapsamaktadır. Karbonatitin aşınma zonunda, işletilerek alınmış gözünmiyen bir apatit derişimi bulunmaktadır (Routhier, 1963). İşletilmiş aşınma zonu cevheri, ortalama %23 P_2O_5 ve %26 Fe_2O_3 içermektedir. Aşınmamış taze karbonatit

yukarıda belirtildiği gibi %6.5 P_2O_5 içermekte olup; işletilip, alındıktan sonra zenginleştirilmektedir. Böylece %6.5 P_2O_5 karbonatit içeren 8 t karbonatitten %40.2 P_2O_5 içerikli 1 t konsantre elde edilmektedir. Mining Engineering=AIME (January, 1973) in bir notuna göre Jacupiranga karbonatiti %80 kalsit, %5 manyetit ve %15 apatit (%5 P_2O_5) kapsamaktadır.

Brezilya karbonatitleri hakkında sunulan bilgiler; Routhier (1963), Harrington ve diğerleri (1966), Melcher (1966), Sommerlatte (1969), Peterson (1970), AIME (1973) ve Grossi Sad (1973) gibi yayınlardan faydalanılarak hazırlanmıştır.

15) Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaleti, San Bernardino bölgesinde bulunan Mountain Pass karbonatiti Las Vegas'ın (Nevada) 60 mil güney-batısında bulunmaktadır. Mountain Pass yöresinin nadir toprakları ve barit yatakları 28 km uzunluğunda 6-8 km genişliğinde bir blok halinde prekambriyen metamorfite içinde ortaya çıkmaktadır. Bu blok içinde şonkinit, siyanit, granit, andezit daykları, bazalt ve riyolitler yanında 200 den fazla çoğunlukla damar şeklinde karbonatit bulunmaktadır. Bu karbonatit oluşuklarının en büyüğü, armuta benzeyen bir şekilde olan, "Sulphide Queen" diye adlandırılmıştır. Kuzey-güney doğrultulu uzunluğu 800 m, doğu-batı genişliği 210 m olan bu karbonatit kalsit, dolomit, siderit, ankerit ve baritten oluşmuştur. Ana cevher minerali bastnesittir. Ayrıca eser miktarlarda da monazit, torit, serit, titanit, allanit, kuars, galenit, pirit, fluorit, tetraedrit, çeşitli mika türleri ve kalkopirit gibi mineraller içermektedir. Ti-ve Nb minerallerine çok seyrek, manyetite hemen hiç rastlanmamıştır. Mountain Pass karbonatiti, dünyanın en büyük nadir toprak yataklarından biri olarak kabul edilmektedir.

Mountain Pass karbonatiti hakkında yukarıda verilen bilgiler Olson ve diğerleri (1954), Pray (1967), Baroch ve diğerleri (1959), Parker (1965), Park (1968), Fleischer ve Altschuler (1969), Ridge (1972) gibi yayınlardan derlenmiştir.

Powderhorn karbonatiti Kolorado eyaletinin Gunnison (Iron Hill) yöresinde bulunmaktadır. Armut şekilli Powderhorn alkali kayaç kompleksi, yaklaşık 12 mil karelik bir alana yayılmıştır.

muş olup %70'lik bir kesimi piroksenit oluşmaktadır. Bu piroksenit içine nefelin ve melilit içeren kayalar yanında ağ şeklinde manyetit-perovskit damarcıkları, biyotitli zonlar ve halka şeklinde karbonatit oluşumları girmiştir. Bu genç kayalar pirokseniti ornatmışlardır. Merkezde bulunan karbonatit, tabanında 2-2.5 mil karelik alan kesitlidir. Karbonatit içinde piroklor bulunmaktadır. Niyob diğer taraftan piroksenit içinde yayılan manyetit-perovskit damarcıklarında da bulunmaktadır.

Alkali kayaç-kompleksinin etrafını saran granit, dışa doğru azalan bir fenitleşme göstermektedir (Temple ve Grogan, 1965). Powderhorn karbonatiti kolombit içeren toryumca zengin damarların ortaya çıktığı bir zonda bulunmaktadır (Staatz, 1974). Piroksenit perovskit ve titanit şeklinde bulunan titan minerallerinden gelen fazlaca miktarda Ti içermektedir. Nadir topraklar, karbonatit apatitine ve manyetit-perovskit yuvalarına bağlı olarak bulunmaktadır. Powderhorn Amerika Birleşik Devletleri'nin önemli rezervler kapsıyan titan ve kolumbiyum (niyobiyum) yatağıdır. Bunlar dışında nadir topraklarda bulunmakta olup çevre toryumca zengindir (Erickson ve Blade, 1963)

16) Kanada'nın Oka karbonatiti, Quebec eyaletinde Montreal kentinin 32 km batısında bulunmaktadır. Burada birbirleriyle dokanak oluşturan sövit ve rauhaugitle dolu iç içe iki baca ortaya çıkmaktadır. Bunlar yanında halka şeklinde yerleşmiş melilit ve titan-öjit içeren silikat kayalar (okait, Jacupirangit), ayrıca nefelin kayaları (melitaygit, ijolith, urtit ve juvit) bulunmaktadır. Her iki baca ve bunun etrafını kuşak şeklinde saran silikat kayalar yer yüzünde 7.2 km uzunluğunda, 2.4 km genişliğinde bir alana yayılmışlardır. Kompleksin tümü Greenvill serisinden gnays, kuarsit ve mermerlerden oluşan metamorfitle ve tabakalı yapı gösteren Morin serisi anortositleri içinde yer almaktadır. Komplekse komşu kayalar fenitlemişlerdir. Sövitin kimyasal analizinde yüksek F, P,

S, Sc, Ti, V, Mn, Cu, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Yb, Th, ve U değerleri elde edilmiştir. Minerallerin çoğu alkali metaller, CO₂, H₂O, F, Al₂O₃, nadir topraklar, Nb, Sr, Ti, Zr ve Ba bakımından zengin, buna karşılık SiO₂ bakımından fakirdirler. Ekonomik önemi bakımından piroklor başta gelmektedir. Oka karbonatitinde yılda yaklaşık 5 000 000 t sterlin karşılığı piroklor konsantrisi üretilmektedir. Yan ürün olarak apatit, manyetit ve kalsit elde edilmektedir.

Kanada'nın Oka karbonatiti hakkındaki bilgiler, Sommerlatte (1969), Watkinson (1970), Ridge (1972) ve Nelson Eby (1973) gibi yayınlardan derlenmiştir.

17) Türkiye'nin Eskişehir ili Sivrihisar-Kızılcaören bölgesinde ortaya çıkan karbonatit oluşumlarıyla birlikte serpantin, çeşitli türde bazaltlar, diyabazlar, fonolit (alkali siyenitik bir magmanın yüzey kayacı), alkali trakit, cevher minerallerinden bastnesit ve brockit içeren çeşitli tüf breşleriyle, fillit, kumtaşı, kalk, şist, klorit-serisit-albit-şist gibi meta tortul kayalar bulunmaktadır (Arda, 1976).

Yörede yapılan jeoloji çalışmaları sonucu, buradaki cevher mostralarının konsantrik ve zonlu bir yapı gösterdikleri ortaya çıkmıştır (Arda, 1976). bu halkalı oluşumların çapları 600-900 m arasında değişmekte ve aralarında breş oluşukları bulunmaktadır.

Bu yöreden gelen örnekler üzerinde yapılan mineralojik incelemeler sonucu üç tür mineralizasyon çeşidi saptanmıştır, bunlardan biri pisolomelon ve piroluzit gibi genellikle ikincil kökenli minerallerden oluşan mineralizasyondur. Bu mineraller büyük bir olasılıkla rodokrosit veya mangano-sideritten dönüşerek oluşmuşlardır. Bu minerallerle birlikte bulunan diğer mineraller kalsedon, kuars, barit, fluorit, ve çok az bastnesittir. İkinci tür mineral grubundaysa fluorit, barit, pisolomelan, kalsit, limonit ve bastnesit bulunmaktadır. Bu grupta bazen barit miktar bakımından fluoritten daha fazladır. Karbonatiti oluşturan diğer mineralizasyon ürünü kayaçta ise kalsit, dolo-

mit, ve ankerit yanında çok az miktarda barit, fluorit, bastnesit, limonit ve kil mineralleri izlenmiştir.

Yataktan alınan çok sayıda örneğin yarı kantitatif optik spektrografik analizlerinde F, P, Mn, Sr, Nb, Ba, La, Ce, Th, U, Zn, Pb, ve Mo elde edilmiştir. Bunlardan Mo, Pb, Zn, ve U çok eser miktarlarda çıkmıştır. Nb yalnız %0.04-0.07 arasında değişen miktarlarda bulunmuş ve bağlı olduğu mineral büyük olasılıkla piroklor mineralidir. Fakat örneklerde bugüne dek piroklor minerali izlenmemiştir. Ayrıca çok az sayıda breş örnekte brockit minerali izlenmiştir (Arda, 1976).

SONUÇLAR

Karbonatit ve karbonatitlere bağlı maden yatakları üzerine derlenen bu yayında, önce karbonatit hakkında bilinmesi gereken kısa bazı genel bilgiler verilmiş ve karbonatitle ilgili temel kavramlar açıklanmıştır. Daha sonra yer yüzünde bilinen en önemli karbonatite bağlı yataklardan örnekler seçilerek, yer bilimlerinden tanıtılmaya çalışılmıştır. Verilen karbonatit yataklarından biride Türkiye'de bulunmaktadır.

Ön mineralojik ve jeolojik bulgular Eskişehir, Sivrihisar Kızılcaören Th-nadir topraklar yatağının karbonatite bağlı bir cevher yatağı olduğunu göstermiştir. Fakat yapılan çalışmaların, daha çok detaylandırılması gerekmektedir.

Ülkemiz jeolojik ve tektonik yapısı bakımından karbonatit oluşmasına elverişlidir. Gelecekte yapılacak yeni çalışmalarla, yer bilimcilerimizin ülkemizde yeni karbonatit oluşumları bulup ortaya çıkaracakları kamsındayız. Karbonatit arama ve araştırmalarında laboratuvar çalışmalarının her zaman ön planda tutulması gerektiği, bu çalışmanın diğer bir, belkide en önemli sonucudur.

KATKI BELİRTME

Gerek öğrenim ve gerekse öğrenim sonu hayatımda maden yatakları dalında her zaman yardımlarını gördüğüm Sn. Prof. Dr. İng. A. HELKE'ye teşekkür borçluyum.

DEĞİNİLEN BELGELEER

Appleton, J. D. (1972), petrogenesis of potassium-rich Lavas from the Roccamonfina Volcano, Roman region, Italy.-Journ. Petrology, 13, pp. 425-456.
Arda, O. (1976), Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören bölgesinde ortaya çıkan; toryum, ni-

yobiyum ve nadir toprak elementleri içeren karbonatik oluşumlar ve jenezleri hakkındaki düşünceler, yayınlanmamış.
Bailey, D. K., (1960), Carbonatites of the Rufunsa Valley, Feira Distrikt. Geol. Survey N. Rhodesia, Bull. 5.

Baldock, J. W., (1969). Geochemical dispersion of copper and other elements at the Bukusu carbonatite complex, Uganda. - Institution of Mining and Metallurgy, Transactions/Section B (Applied earth science). Bulletin No: 747, London, February. pp. B12-B28.

- Baroch, Ch. J., Smutz, M. and Olson, H. (1959), Processing California Bastnaesite ore. - Mining Engineering (AIME), New York, March, pp. 315-319.
- Barth, T. F. W. and Ramberg, I. B., (1967), The Fen circular complex - In: O. F. Tuttle and J. Gittins, editors, The Carbonatites - Interscience, New York, pp., 225-257.
- Bloomfield, K. ve diğerleri, (1971), Geochemical exploration of carbonatite complexes in Eastern Uganda. - Geochemical Exploration, Special Volume 11, Canada, pp. 85-102.
- Borning, J., etc., (1966), Assessment of Palabora ore reserves by computer techniques. - Institution of Mining and Metallurgy, Transaction / Section A (Mining Industry), Bulletin No. 719, pp. A 189-A 202, London, October.
- Brögger, W. C., (1920), Die Eruptivgesteine des Kristiania-gebietes IV. Das Fen-Gebiet in Telemark, Norwegen. - Vid. Akad. Skr. I Mat Naturvit. Klasse, No. 9.
- Coetzee, G. L. and Edwards, C. B., (1959), The Mirima Hill carbonatite, Coast Province, Kenya. - Trans. Geol. Soc. S. Africa, LXII.
- Dawson, J. B., (1966), Oldoinyo-Lengai-an active volcano with sodium carbonatite lava flows. - In: O. F. Tuttle and J. Gittins, editors, Carbonatites, - New York etc., pp. 155-168.
- Dubois, C. G. B.; Furst, J.; Guest, N. J. and Jennings, D. J., (1963), Frech natro-carbonatite Lava from Oldoinyo L'engai, - Nature, vol. 197, pp. 445-446, London, February.
- Eckermann, H. von, (1948), The alkaline district of Alnö Island. - Sveriges Geol. Undersök., Ser. Ca. No. 36, pp. 1-166, Stockholm.
- Eckermann, H. von, (1960) progress of research on the Alnö Carbonatite O. F. Tuttle and J. Gittins editors, carbonatites New York, etc., pp. 3-31.
- Erickson, R. L. and Bladé, L. V., (1963), Geochemistry and petrology of the alkaline igneous complex at Magnet Cove, Arkansas. - U. S. Geol. Survey Prof. paper 425, Washington, D.C.
- Fawley, A. P. and James, T. C., (1955), A pyrochlore (colombium) carbonatite, Southern Tanganyika. - Econ. Geol., Vol. 50, pp. 571-587.
- Fleischer, M. and Altschuler, Z. S., (1969), The relationship of the rareearth composition of minerals to geologic environment. - Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 33, No. 6, pp. 725-732.
- Fick, L. J. and Heyde, C. van der, (1959), Additional data on the geology of the Mbeya carbonatite. - Econ. Geol., vol. 54, pp. 842-872.
- Garson, M. S., (1965), Carbonatites in Southern Malawi. - Bulletin No. 15, Geological Survey Department, Zomba, Malawi.
- Gossi Sad, J. H., (1973), Silicocarbonatitic and carbonatitic complexes of the Alto Paranaíba region in meridional Brazil. - Ph. Morin, editor, Les roches plutoniques dans leurs rapports avec les gites minéraux. Colloque en hommage au professeur Raguin. - Paris, p. 327.
- Heinrich, E. Wm., (1966), The geology of carbonatites. - Chicago, Ill.
- Heinrich, E. Wm., (1976), The Palabora carbonatite complex-a unique copper deposit. - Canadian Mineralogist, vol. 10, pp. 585-598.
- Holt, D. N., (1966), The Kangankunde Hill rare earth prospect. - Malawi Geol. Survey Department, Bulletin No. 20 (Mining Magazine London, January, p. 59).
- Jonson, R. L., (1961), The geology of the Dorowa and Shawa carbonatite complexes, Southern Rhodesia. - Trans. Geol. Soc. S. Africa, LXIV.
- King, B. C., (1970), Vulcanicity and rift tectonics in East Africa. - T. N. Clifford and I. G. Gass, editors, African Magmatism and tectonics. - Oliver and Boyd, Edinburgh, pp. 263-283.
- King, B. C. and Sutherland, D. S., (1969), The carbonatite complexes of eastern Uganda. - Carbonatites, edited by O. F. Tuttle and J. Gittins, New York etc. 73-126.
- Kropotowa, O. I. (1969) Die Isotopenzusammensetzung des Kohlenstoffs in Calcitin von Karbonatitvorkommen. - Zeitschrift angew. Geologie, Bd. 15, s. 135-140, Berlin.
- Lombard, A. F. etc., (1964), The exploration and main geological features of the copper deposit in carbonatite at Loolekop palabora Complex, Southern Africa. - Johannesburg, Geological Society South Africa, vol. 2, pp. 315-337.
- Melcher, G. C. (1966), The carbonatites of Jacupiranga, São Paulo, Brazil, In: O. F. Tuttle and J. Gittins, editors, Carbonatites, New York etc, pp. 169-181.
- Mitchell, R. H. and Croket, J. H., (1973), Isotopic composition of strontium in rocks of the Fen alkaline complex, South Norway. - Journal of Petrology., vol. 13, pp. 83-07, Oxford.
- Nelson Eby., (1973), Scandium geochemistry of the Oka carbonatite complex, Oka, Quebec. - The American Mineralogist, vol 58, pp. 819-825.
- Olson, J. C. and Others, (1954), Rare-earth mineral deposits of the Mountain Pass district, San Bernardino County, California. - U. S. Geol. Survey Prof. Paper 261, Washington D.C.
- Park, Ch. F., (1968), Mineral deposits of the Pacific Coastal region. - In: John. D. Ridge, editor, Ore Deposits in the United States 1933/1967 (Graton/Sales Volume), II, pp. 1521-1530, New York.
- Parker, J. G., (1965), Rare-earth elements. - Minerals Facts and Problems, edition. U. S. Bureau of Mines Bull. 630, pp. 753-768.
- Pegora, W. T. (1956), Carbonatites: a review. - Bull. Geol. Soc. America, vol. 67, pp. 1537-1556, November.
- Pelletier, R. A., (1964), Mineral Resources of south-Central Africa. Cape Town, pp. 170/171.
- Peterson, U., (1970), Metallogenic provinces in South America. - Geolog. Rundschau, Band 59, Heft 3, Stuttgart, s. 834-897.
- Pficher, H., (1970), Italienische Vulkan-Gebiete, I. Somma-Vesuv-Laticum, Toskana. - Sammlung, geologischer Führer, Nr. 51 Borntraeger, Berlin und Stuttgart.
- Pray, L. C., (1957), Rare earth elements. - Mineral Commodities of California. - State of California, Division of Mines, Bulletin 176, San Francisco, pp. 467-474.
- Ridge, J. D., (1972), Annotated bibliographies of mineral deposits in the Western hemisphere. - the Geological Soc. of America Inc. Memoir 131, pp. 136-140.
- Routhier, P., (1963), Les gisements metallifères. - Géologie et Principes de Recherche. - Paris
- Saether, E., (1957), The alkaline rock province of the Fen area in Southern Norway. - Det Kgl. Norske videnskabers selskaps skrifter, No. 1
- Smirnov, V. I., (1970), Geologie der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe-Leipzig, S. 134-150.
- Sommerlatte, H. W. A., (1969), Erzmetall, Band XXII, Stuttgart, S. 104.
- Spada, A., (1969), Il giacimento di fluorite e baritina esalativosedimentario in facies lacustre, intercalato nei sedimenti piroclastici della zona di Castel Giuliano, in prov di Roma. - L'Industria Mineraria, Ottobre, pp. 501-518.
- Staatz, M. H., (1974), Thorium veins in the United States (Abstrakt). - Econ. Geol., vol. 69, p. 153.
- Stamberger, F., (1969), Die Genesis endogener Erzlagerstätten. - Zeitschrift, angew. Geologie, Bd. 15, Berlin, s. 131-134.
- Temple, A. K. and Grogan R. M., (1965), Carbonatite and related alkalic rocks at Powderhorn, Colorado. - Econ. Geol., vol. 60, pp. 672-692.
- Transactions Enstitut (1970), Institution of Mining and Metallurgy February (Applied earth science). Section B, p. B34.
- Tuttle, O. F. and Gittins, J. (1966), Carbonatites. - New York.
- Vokes, F. M., (1960), Mines in South and Central Norway. - International Geological Congress, Norden, Guidebook No. C 10 Oslo.
- Wambecke, L. von und Mitarbeiter, (1964/65), Les roches alcalines et les carbonatites du Kaiserstuhl. - European Committee of Atomic Energy, Brüssel, pp. 350 ff.
- Watkinson, D. H. (1970), Experimental studies bearing on the origin of the alkalic rock - carbonatite complex and niobium mineralization at Oka, Quebec - Canadian Mineralogist, 10.3.
- Wimmenauer, W., (1958), Karbonatite im Kaiserstuhl. - Fortschritte Mineralogie, Stuttgart, 37 Band, Heft 1 S. 67-69.
- Wimmenauer, W., (1962) Zur Petrogenese der Eruptivgesteine und Karbonatite des Kaiserstuhls. - Neues Jahrb. f. Min., Mh. Stuttgart, S. 1-11.
- Wimmenauer, W., (1966), The eruptive rocks and carbonatites of the Kaiserstuhl, Germany. - O. F. Tuttle and J. Gittins, editors, Carbonatites, - New York etc., pp. 183-204.
- Wimmenauer, W., (1970), Zur Petrologie der Magmatite des Oberrheingrabens. - Fortschritte Mineralogie, Stuttgart, 47 Band, Heft 2, S. 242-262.
- Wimmenauer, W., (1972), Einführung zur Exhursion in den Kaiserstuhl. - Fortschritte Mineralogie, Stuttgart, 50. Band, Beiheft 2, S. 242-262.
- Wimmenauer, W. ve diğerleri, (1972), Herkunft und Entwicklung der Magmen des Oberrheingrabens. - Unternehmen Erdmetalle, DFG Forschungsberichte, Wiesbaden, S. 265.
- Wolley, A. R. and Garson, M. S., (1970), Petrochemical and tectonic relationship of the Malawi carbonatite-alkaline province and the Lupata-Lebombo volcanics. - T. N. Clifford and I. G. Gass, editors, African Magmatism and Tectonics. - Edinburgh, pp. 237-262.