

TÜRKİYE MANGANEZ YATAKLARI: OLUŞUMLARI VE TIPLERİ

Manganese Mineralizations in Turkey: Processes of Formation and Types

Hüseyin ÖZTÜRK İ.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Avcılar, İSTANBUL

ÖZ: Türkiye'deki manganez yatakları, buldukları yaş konağı, oluşumları, yan kayaçları, kimyasal, mineralojik ve yapısal özelliklerine göre dört ana gruba ayrılırlar.

Birinci grup, genellikle radyolaryalı çörtlere içindeki hidrotermal ve hidrojenetik türdeki manganez yataklarıdır. Bunlar, yüksek Mn-Si ve düşük Al-Fe içerikli, genelde katman yapılı olarak Paleotethis, Karakaya, İzmir-Ankara-Erzincan-Kars ve Güneydoğu Anadolu suture kuşağının epiofiyolitleri içinde yaygındırlar. Genellikle düşük rezervli bu yatakların en tipik olanı Çayırılı manganez yatağıdır.

İkinci grup, Batı Toros'larda Alt Kretase yaşlı karbonatlar içindeki siyah şeyllerle ilişkili yataklardır. Bunlar, rodokrosit gibi mangan karbonatlar ve bunların oksitlenme ürünlerinden oluşmakta ve yüksek rezervler içermektedir. En tipik örnekleri Denizli-Ulukent ve güney alanlarında bulunmaktadır. Diyajenetik oluşumlu bu yatakların Fe içeriği radyolaryalı çörtlere ilişkili yataklardan yüksek Si içeriği ise düşüktür.

Üçüncü grup, Karadeniz kıta yayının volkanotortulları içindeki hidrotermal oluşumlu yataklardır. Karadeniz kıyısı boyunca yaygınca gözlenen bu yatakların en önemlileri Ocaklı, Güce, Ebuheşin ve Çiftlikarınca'dır. Damar, stok ve katman yapılı cevherleşme volkanitler ile ardalanmalı çökellerin çeşitli düzeylerinde bulunur.

Dördüncü grup, Trakya Havza'sındaki Oligosen çökelleri içinde bulunan ve Karadeniz'i çevreleyen Chiatura, Nikopol, Varna yataklarıyla jenetik benzerlikler gösteren yataklardır. Transgresyon, regresyon salınımlarına bağlı, diyajenetik süreçlerle oluşan ters derecelenmeli pizolitik cevher, düşük Mn-Si içerikli ancak yüksek rezervlidir.

ABSTRACT: Manganese mineralizations in Turkey are divided into four main groups according to their age spans, host rocks, processes of formation and mineralogical-chemical-textural features.

The first is hydrothermal and rare hydrogenetic type manganese mineralization which are associated with chiefly radiolarian chert series. These deposits that have high Mn-Si and low Al-Fe content occur as lenses and small thin beds in the epiophiolitic sediments of Paleotethyan, Karakaya, North Anatolian (İzmir-Ankara-Erzincan) and South Anatolian suture belts. These mineralizations are mainly small but most widely distributed group of manganese ores. Çayırılı is the most distinctive deposit of a chert hosted type.

The second is black shale hosted manganese mineralizations that take place in the black shale horizon within the carbonates of Lower Cretaceous age in Western Taurides. These deposits are represented by relatively large reserves and are composed of rhodochrosite and its oxidizing products. Most typical deposits of the black shale hosted type are located in Ulukent-Denizli and its southern region. Fe contents of these deposits are higher than chert hosted deposits, whereas Al and Si are low.

The third is volcanic arc hosted ores along the Black Sea coast occur in different types of metasomatic, hydrothermal and stratabound settings. Rock associations include dacitic tuff, reddish limestone, marl and hemipelagic claystone alternations on Upper Cretaceous. The most important deposits of the region are located at Ocaklı, Topkırızlar, Ebuheşin and Güce.

The fourth is the post-tectonic sedimentary hosted ores in the Thrace Basin. These deposits are similar to those of the Oligocene Belt that occurs along the west coast of Black Sea, which includes the Chiatura, Nikopol, Varna deposits. Inversely gradated pisolitic ore was formed by early diagenetic processes during transgression regression cycles.

GİRİŞ

Özellikle son 15 yıl içinde manganez yataklarının

oluşumu üzerine hızlı bir bilgi birikimi sağlanmış, çeşitli türdeki manganez yataklarının oluşum işlemleri ve

yatak tipleri yeniden tanımlanmıştır. Geline bu noktada günümüz okyanusal alanlarda yürütülen oşinografik ve kapalı havzalardaki ekolojik çalışmaların önemli rolü olmuştur. Özellikle sedimenter prosesle çökelen manganez cevherleşmeleri için bu ortamlar doğal bir laboratuvar görevi görmüşlerdir.

Manganez yataklarının oluşumu üzerine en önemli teorik açıklım modern havza sedimenterindeki diyajenetik süreçlerin anlaşılmasıyla mümkün olmuştur. Bunlar, esas olarak sedimenter içindeki gözenek suları, sediment ile deniz suyu ara yüzeyindeki sular ve su sütunun çeşitli seviyelerinde gerçekleştirilen su kimyası çalışmalarıyla başarılmıştır. Bu süreç, sediment içindeki biyokimyasal tepkimelerle ortam koşullarındaki değişimleri ve ilişkili sediment deniz suyu etkileşimini, denizel ortamda metal iyonları bakımından kimyasal stratifikasyon koşullarının açıklanmasını içermektedir. Hiç kuşkusuz günümüz ve geçmiş eşdeğeri olan karbonatlarda yapılan karbon ve oksijen izotop verileri, biyokimyasal tepkimelerin ve/veya diyajenetik süreçlerinin izlenmesini kolaylaştırmıştır.

Sonuçta manganez yatakları üzerine yeni sınıflamalar yapılmış, "eksalatif sedimenter" veya "Nikopol tipi" gibi isimlendirmelerin yerini daha ayrıntılı ve kökene yönelik tanımlar almıştır (Tablo. 1). Türkiye'nin jeolojik zenginliğinin bir sonucu olarak çok farklı türde manganez yatakları oluşmuştur. Bu yatakların yeni görüşlerin ışığında yeniden gözden geçirilmesi ekonomik jeolojiye olduğu kadar bölgesel jeolojik problemlerin çözümüne de katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma ise, çe-

şitli saha gözlemleri ile yayınlanmış ve yayınlanmamış diğer verilerin ışığında Türkiye manganez yataklarının tiplerini ve oluşum koşullarını irdelemektedir.

TÜRKİYE'DEKİ MANGANEZ YATAKLARININ BÖLGESEL DAĞILIMLARI

Türkiye'nin manganez yatakları: 1. Paleotethis, Karakaya, Neotethis okyanuslarına ait çökeller içinde, 2. Batı Toros'larda pasif kıta kenarı çökellerini temsil eden Mesozoyik yaşlı karbonatların siyah şeyl düzeylerinde; 3. Karadeniz volkanik yay kuşağında; 4. Trakya havzasının Tersiyer çökelleri içinde bulunmaktadır (Şekil. 1)

Söz konusu bu kuşaklardan kayda değer bir üretim demir çelik sektörü için karbonatlar içindeki Ulukent (Denizli) yatağından yapılmaktadır. Bunun dışında iyi kalitede cevher içeren bazı yataklardan da sınırlı üretim olmaktadır. Yüksek rezervler içeren ve geçmiş yıllarda önemli miktarlarda cevher üretimi yapılan Trakya'nın Çatalca ve Binkılıç yataklarından ise talebe bağlı olarak sınırlı üretim devam etmektedir.

1. Epiofiyolitik Çökeller İçindeki Manganez Cevherleşmeleri

Anadolu'da en yaygın izlenen manganez cevherleşmesi bu türdedir. Yaklaşık D-B uzanımlı orojenik kuşakların ofiyolitik serileriyle ilişkili cevherleşmeler çoğunlukla melanaj veya şiddetli deformasyona uğramış çökeller içinde bulunmakta, yanal ve düşey devamlılıkları sınırlı olmaktadır. Yüksek rezervli bir kaç yatak dı-

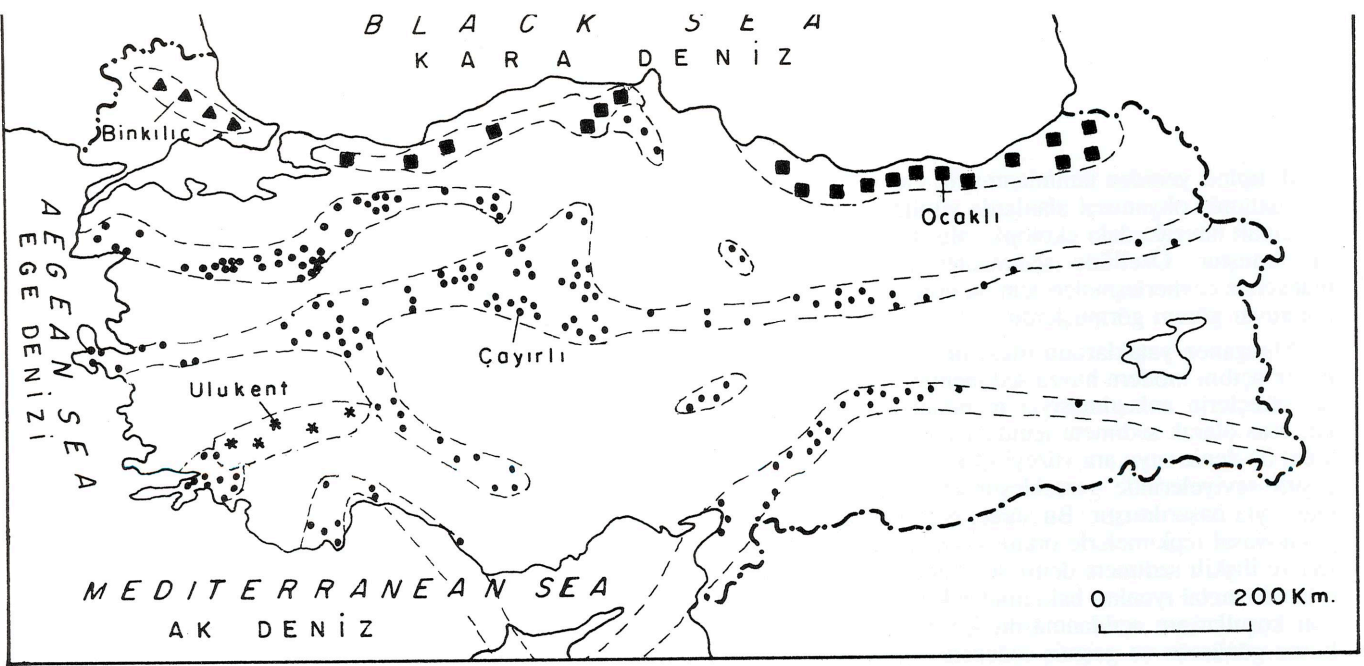
Tablo. 1: Denizel ferromanganez oksit yataklarının oluştuğu ortam, oluşum işlemi ve cevher türü (Hein ve diğ. 1992'den).

	Hidrojenetik	Hidrotermal	Diyajenetik	Hidrojenetik Hidrotermal	Hidrojenetik Diyajenetik
Nodül	abisal düzlükler okyanus platosu deniz dibi dağl. ¹	nadiren su altı kalderaları ve kırık zonları	abisal düzlük okyanus plato su	nadiren su altı kalderaları	abisal düzlükler, okyanus platosu ¹
Kabuk	plaka ortası volkanik yapılar ²	yayıma merkezleri, kırık zonları	—	aktif volkanik yayılıma merkezlerinden uzak alanlar, kırık	nadiren abisal düzlükler
Sediment içinde katman ve merccek	nadiren abisal düzlüklerde	aktif volkanik yay, plaka ortası volkanik yapılar, sedimentle örtülü yayılıma merkezleri	kıta kenarları ³	—	—
Sıvama	plaka ortası volkanik yapılar ⁴ deniz altı dağl.	aktif volkanik yapılar ⁵ , plaka ortası volk. yap. ⁴	volkanik yapılar ⁴	—	plaka ortası volkanik yapılar ⁴

1: Çok nadir olarak kıta yamacı, kıta düzlüğü ve sırtlarda
2: Deniz altı dağları, guyot, sırtlar ve platoları içerir.
3: Ferromanganez karbonat merccekleri ve konkresyonları.

Table. 1: Form, processes of formation, and environment of formation of marine ferromanganese oxide deposits (From Hein et al. 1992).

4: Çoğunlukla kırık ve damar dolgusu, volkanik breş çimentosu
5: Çoğunlukla kumtaşı ve silttaşı çimentosu olarak



Şekil. 1: Türkiye'deki manganez yataklarının tipleri

Fig. 2: Types of the manganese mineralizations in Turkey

KAYAÇBİRLİĞİ (ROCK ASSOCIATIONS)

- Çoğunlukla radyolaryalı çörtlere ilişkili cevherleşmeler.
Chiefly radiolarian chert hosted mineralizations
- * Karbonatların siyah şeylleri içindeki cevherleşmeler.
Black shale hosted mineralizations
- Yay volkanizmasına bağlı cevherleşmeler
Volcanic are hosted mineralizations
- ▲ Post tektonik sedimenterler içindeki cevherleşmeler
Post tectonic sedimentary hosted mineralizations

İŞLEM (PROCESSES)

- Hidrotermal-hidrojenetik
Hydrothermal-hydrogenous
- Diyajenetik - diagenetik
- Hidrotermal - hydrothermal
- diyajenetik - diagenetic

YAŞ (AGE)

- Trias-Jura-Kreatase
Triassic-Jurassic-Cretaceous
- Alt Kretase
Lower Cretaceous
- Üst Kretase
Upper Cretaceous
- Oligosen
Oligocene

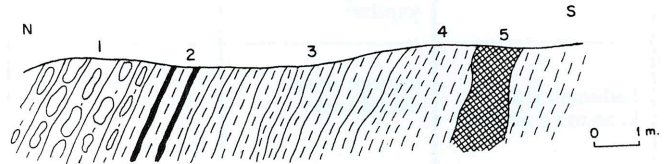
şında genellikle önemsizdirler. Bu tür cevherleşmeler için birinci sorun içinde bulunduğu formasyonlardan kaynaklanan yüksek silisidir. Silisyum, ya birlikte bulunduğu radiolaryalı fosillerinden ya da bunların diyajenetik dönüşümleriyle oluşan opal, kalsedonik kuvars şeklinde cevher bünyesinde bulunmaktadır.

Radyolaryalı çörtlere ilişkili yataklar için son yıllarda yapılan çeşitli sınıflamalar kökensel irdelemelere önemli katkılar sağlamıştır. Sınıflamalarda kriter olarak düşük sıcaklıklarda mobilize olamayan ancak sedimenter katkı şeklinde cevher bünyesine giren Ti ve Al değerleri kullanılmıştır. Buradan hareketle evrimleşen hidrotermal çözellilerden bir başka deyişle yüksek oranda sedimenter katkıyla (örneğin Al kil şeklinde) çökelen yataklar için hidrojenetik tanımı yapılmıştır (Bonatti et al. 1972, Crerar et al. 1982, Peters, 1988). Detritik girdiye karşılık Mn, Si, As, Li, Mo, Pb, Zn, Cu, V, Sr elementleri hidrotermal etkinliğin göstergeleri olarak kabul edilmiştir (Bonatti et al. 1972, Crerar et al. 1982, Roy et al. 1990, Nicholson, 1990, 1992, Choi ve Hariya 1992). Sonuçta tüm bu elementlerin kombinasyonu şeklinde çeşitli diskriminat diyagramlar hazırlanmıştır.

Epiofiyolitik çökeller içindeki yataklar genellikle radyolaryalı çört, silisli şeyl, kiltası türündeki çökeller içindedir. Bu kuşaklardaki manganez yatakları üzerine yukarıda tanımlanan yeni görüşlerin ışığında ilk çalışma Oygür (1990) tarafından yapılmıştır. Araştırmacı rad-

yolaryalı çörtlere içinde Çayırli manganez yatağının hidrotermal etkinliğe bağlı olarak oluştuğunu belirtmiştir. Kalınlığı 10 metreye varan ve başlıca pirolusit ve pisolomelandan oluşan cevherleşme killi radiolarit ve kırmızı renkli kiltası içinde bulunmaktadır (Şekil. 2). K-G yönlü kompresyon kuvvetlerinin etkisinde kalan yatak genellikle kanatlara doğru incelen senklin yapı kazanmıştır.

Epiofiyolitik çökeller içinde bulunan hidrotermal cevherleşmelerin okyanus tabanındaki sıcak su çıkışlarıyla ilgili olduğu direkt gözlemlerle netlik kazanmıştır.



Şekil.2: Çayırli manganez yatağının yan kayaç ilişkisi (Oygür 1990).

Fig. 2: Wall rock relations of the Çayırli Mn deposit (From Oygür, 1990).

1: yumru radiolarit (nodular radiolarite), 2: bantlı radiolarit (radiolarite with manganese strata), 3: killi radiolarit (clayey radiolarite), 4: marn (marl), 5: manganez damarı (manganese vein).

% Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	Ti	Ni	Cu	Co	Ba
20.29	63.03	0.83	0.53	0.07	0.007	0.015	0.015	0.07
19.35	74.67	1.03	0.97	0.015	0.007	0.015	0.01	0.07
21.90	60.32	1.47	1.11	0.02	0.007	0.015	0.015	0.15
16.65	67.99	1.10	1.11	0.015	0.007	0.02	0.007	0.03
22.37	59.49	1.08	0.75	0.015	0.007	0.015	0.01	0.07

Tablo. 2 Çayırılı manganez yatağına ait cevherin kimyasal bileşimi (Oygür, 1990)

Table. 2 Chemical composition of the Çayırılı manganese ore (Oygür, 1990)

Bilindiği gibi okyanus ortası sırtlar ve transform faylar gibi kırıklar boyunca derine inen sular kırık hatları boyunca ilerlerken smektitleri oluşturmakta ve eş zamanlı olarak asidik özellik kazanmaktadır (Rona, 1984). Böylece yüksek oranda metal çözme yeteneği kazanan çözeltiler ısınıp yükselimleri sırasında bünyelerine aldıkları metalleri deniz tabanına boşaltmaktadırlar. Bu çözeltiler su sütunu içinde yükselmekte, dip akıntılarıyla dağıtmakta veya çıkış kanallarının civarlarında çökeltmektedir. Demirin manganezden ayrılması ise çözeltilerin yüzeye boşalmadan önce ortam pH ve eH sınır hafife yükselmesiyle olmaktadır.

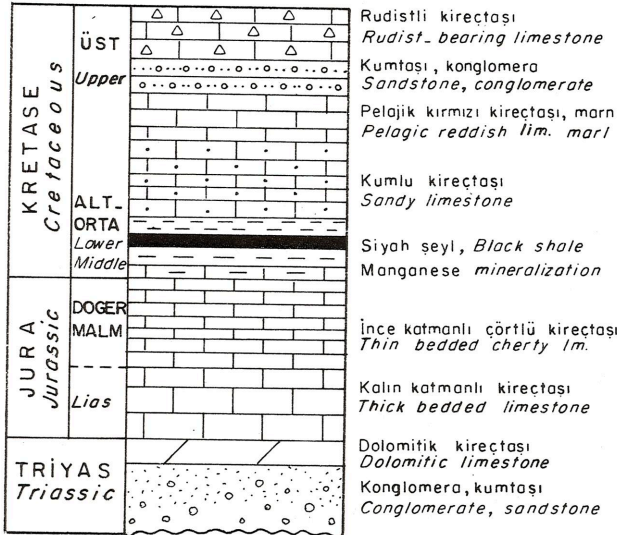
Oygür (1990) e göre deniz suyunda fazla kalmadan ve son derece düşük sedimanter destekle çökelen Çayırılı manganez yatağı Hidrotermal oluşum özelliklerini göstermektedir. Tablo. 2 de Çayırılı manganez cevherinin kimyasal bileşimi görülmektedir.

Benzer şekildeki cevherleşmeler Şekil. 1 de görüldüğü gibi diğer epiofiyolitik formasyonlar içinde de yaygındır. Bunlardan Koçali Karmaşığının içinde bulunan İnişdere (Adıyaman) manganez yatağı da Si, Al, Mn, Fe değerleri itibarıyla Çayırılı yatağına benzerdir. Fosil manganez nodülleri de içeren (Öztürk, 1993) bu kuşaklardaki cevherleşmelerin modern okyanusal alan-

lardaki cevherleşmelerle karşılaştırılması geçmişle günümüz olaylarının test edilebilmesi açısından önemlidir. Koçali Karmaşığının Konak Formasyonu içinde bulunan manganez nodülleri., yapısal, kimyasal ve oluşumu açısından okyanus tabanlarındaki diyajenetik türdeki manganez nodüllerine benzemektedir.

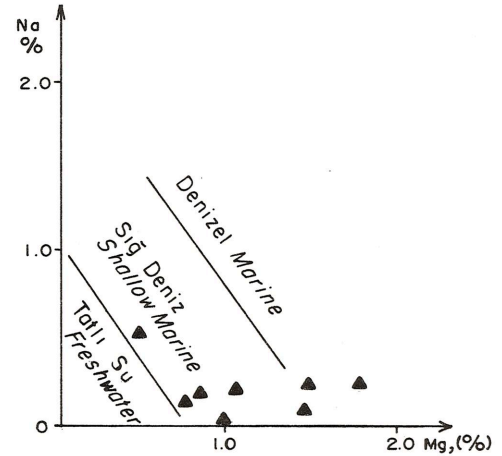
Balıkesir, Eskişehir, Kastamonu civarındaki Karakaya ve Paleotethis ofiyolitlerinin çökelleri içindeki manganez yatakları kısmen metamorfizma izleri göstermektedir. Bu kuşaktaki yataklarda oluşumu görece yüksek sıcaklıklar gerektiren rodonit oluşumları yaygındır.

Son yıllarda manganez yatakları ve nodülleri üzerine okyanus tabanlarında ve karalarda yürütülen çalışmalar kobaltca zengin manganez cevherleşmelerine çevrilmiştir. Okyanus tabanlarından elde edilen bilgiler, kobaltca zengin cevherleşmelerin derinliğin 1000 m civarında olduğu görece sığ alanlarda bulunduğunu göstermiştir (Hein et al. 1992). % 1 civarında kobalt değerine sahip bu oluşukların Anadolu'daki epiofiyolitik çökeltiler içinde bulunması mümkündür. Bu bağlamda bu kuşaklardaki manganez cevherleşmelerinin bu yönüyle de ele alınıp incelenmesi önem arz etmektedir. Kobaltca zengin manganez cevherleşmesi için ise todorokit minerali is sürücü olarak kullanılmalıdır.



Şekil. 3- Ulukent manganez yatağının stratigrafik konumu (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1989).

Figure. 3- Stratigraphic positions of the Ulukent manganese deposits (From Kuşçu and Gedikoğlu, 1989)

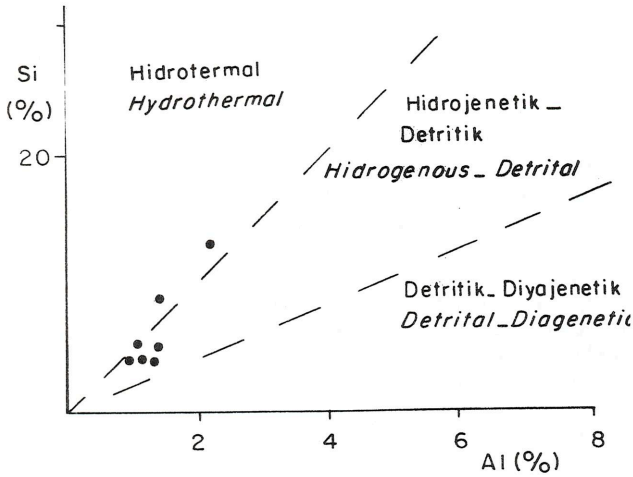


Şek. 4- Ulukent Manganez yatağı cevherine ait Mg-Na diyagramı (Nicholson 1992)

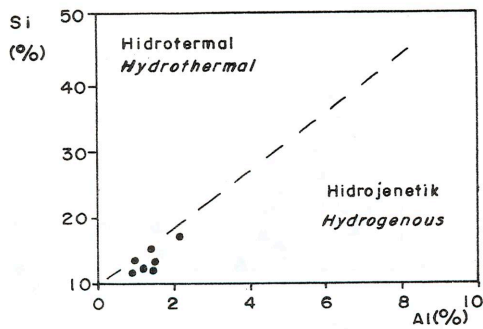
Fig. 4- Mg-Na diagram for the Ulukent manganese ore deposit (Nicholson, 1992)

% SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂			
8.77	2.12	2.09	75.	1.33	2.73	0.36	0.02	0.12	0.04			
10.20	2.69	3.37	64.1	9.26	3.23	0.04	0.02	0.19	0.06			
7.44	2.14	1.53	78.6	3.74	1.27	0.14	0.02	0.18	0.04			
8.04	2.37	1.76	66.2	10.1	1.34	0.03	0.03	0.23	0.10			
8.95	1.76	1.25	75.4	0.17	0.73	0.72	0.01	0.09	0.01			
22.34	2.34	6.10	52.9	1.43	2.63	0.02	0.13	0.31	0.12			
30.11	4.04	9.92	34.3	2.32	2.05	0.35	0.17	0.16	0.34			
ppm												
	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	Ba	Sr	Rb	P	Sb	As	S
	56	10	13	65	70	427	135	7	-	1.5	1	420

Tablo. 3 Ulukent manganez cevherinin major oksit ve iz element (yedi örnek ort.) değerleri
Table. 3 Major oxide and trace element values (averages of 7 samp.) of the Ulukent manganese ore deposit.



Şekil 5- Ulukent manganez cevherine ait Si-Al diyagramı (Crerar ve diğ., 1982)
Figure 5- Si-Al diagram for the Ulukent manganese ore (Crerar et al. 1982)



Şekil 6- Ulukent manganez cevherine ait Si-Al diyagramı (Peters, 1988)
Figure 6- Si-Al diagram for the Ulukent manganese ore (Peters, 1988)

2. Siyah Şeyllere Bağlı Manganez Cevherleşmeleri

Karbonatlar ve bunların siyah şeylleri içinde bulunan yataklar Batı Toroslarda Denizli ile Muğla arasındaki Mesozoik karbonat istifinde yer alır. Cevherleşme, kesiksiz Mesozoik istifinin Alt Kretase formasyonları içindedir. Bu cevherleşmelerden en önemlisi Ulukent manganez yatağı olup güney alanlarında da benzer türde cevherleşmeler bulunmaktadır.

Cevherleşme, kireçtaşlarının içinde ara seviye olarak bulunan organik maddece zengin, pirit içerikli, yapraklanmalı siyah şeyller arasındadır (Şekil. 3). Siyah şeyl düzeyi yanal ve düşey yönde düzensiz kalınlık gösterir ve maksimum kalınlığı 42 m ye ulaşır (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1989). Cevher mineralleri, rodokrosit, manganokalsit, hausmanit, braunit, rodonit, tefroit, yakopsit, pirolusit, kriptomelan, manganit ve pisilomelandan gang mineralleri ise kalsit, dolomit, kuvars ve kloritten oluşmaktadır (Kuşçu ve Gediklioğlu, 1989). Bu araştırmacılar yatakta spekülait, hematit ve limonitten oluşma oksidik demir minerallerinin de varlığını saptamışlar ve cevher kimyası üzerine ayrıntılı jeokimyasal çalışmalar yapmışlardır. Kuşçu ve Gediklioğlu (1989) na göre, Ulukent ve güneyindeki manganez yatakları volkanik etkinliğin beraberliğinde sedimenter süreçlerle çökmüştür ve kimyasal birleşim ve iz elementler açısından dünyanın belli tip yataklarına benzememektedir.

Bu tipteki yatakların oluşumu, son yıllarda özellikle cevherli zon içinde bulunan karbonatlarda yapılan ¹³C ve ¹⁸O izotop verileriyle aydınlatılmaya çalışılmıştır. Bu tür yataklar siyah şeyllere bağlı yataklar olarak ayrı bir tip olarak sınıflandırılmış olup, çeşitli alt oluşum tiplerine de ayrılmıştır (Okita, 1988, Delian et. al. 1992). Bu tip yatakların oluşumu için önerilen modellerde (Okita, 1988, 199, Delian et. al. 1990, Roy 1992) cevherleşme aşağıdaki işlemlerle oluşmaktadır.

1. Organik maddece zengin sedimantasyon koşullarının oluşması. Bu, fazla yağışlı iklimle ilişkili hızlı vejetasyon gelişimi ve denizel ortama yüksek oranda or-

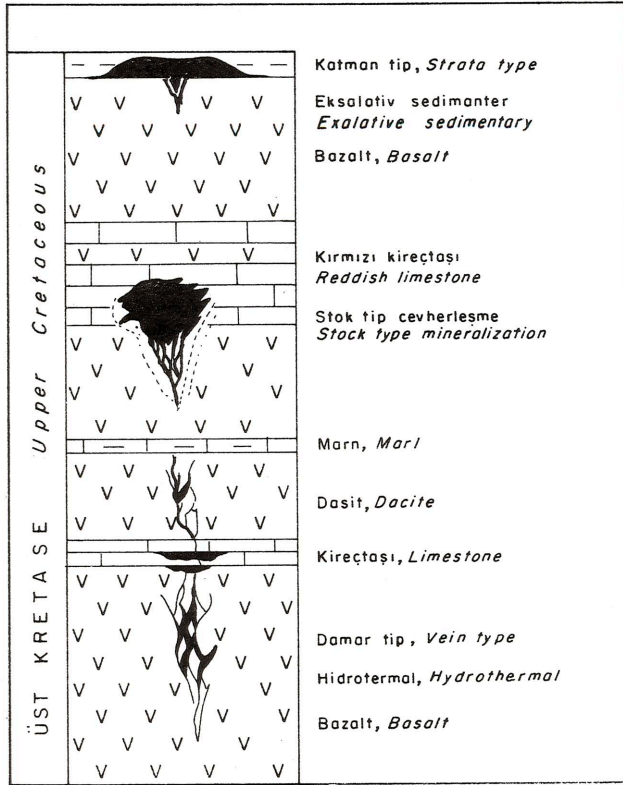
ganik madde girişiiyle mümkün olur.

2. Vejetasyon gelişimi ve yüksek yağış derine inen laterasyonu, bitki köklerinin oluşturduğu asitler ise yüksek oranda Mn ve Fe gibi elementlerin havzaya taşınmasını sağlar.

3. Denizel ortama taşınan organik karbon ortamın oksijenini kullanarak CO₂ ve HCO₃⁻ e dönüştür. Devam eden oksijen tüketimiyle anoksik ya indirgen, ortamdaki organik maddelerin parçalanmasıyla oluşan organik asitler de asidik koşulları oluşturur. Asidik indirgen ortam koşulları Mn⁺² gibi metal iyonlarının çözeltide kalmasını ve ortamda derişmesini olanaklı kılar.

4. Ortamdaki Mn, HCO₃ ile birleşerek MnCO₃ ü oluşturur. Erken diyajenetik reaksiyonlarla sağlanan MnCO₃ oluşumu özellikle regresyon döneminde oksik düzeyin daha alt seviyelere inmesiyle MnO₂ ye oksitlenir.

Siyah şeyllerce zengin ve metal iyonlarınca stratifiye ortamlarda (örneğin Kara Deniz ve Azak Denizi) benzer diyajenetik süreçlerle MnCO₃ oluşumu saptanmıştır (Brewer and Spencer 1974, Roy 1992). Dünyadaki bu tür cevherleşmeler ¹²C izotop değerleri bakımından yüksek, ¹³C izotopu olarak düşük değerler verir (Okita et al. 1988).



Şekil 7- Üst Kretase volkanotortulları içindeki Mn cevherleşmeleri (Gedikoğlu ve diğ., 1985)

Figure 7- Mn mineralizations in the volcanosedimentary succession of Upper Cretaceous (From Gedikoğlu et al, 1985)

İzotop verileri olmamakla birlikte yan kaya ilişkileri, piritli ve organik maddece zengin siyah şeyller içinde yer alan Ulukent manganez yatağı erken diyajenetik evrede açıklanan mekanizmayla oluşmuş olmalıdır. MnCO₃ ve FeS₂ oluşumunun eH ve pH değerlerinin birbirine çok yakın olması nedeniyle manganez cevherleşmesi yüksek demir içerikli olarak çökeltmiştir. Sülfürlü demir mineralleri daha sonra hematite ve limonite oksitlenmişlerdir. Cevherli düzeyin üzerine gelen kırıntılı karbonatlar cevher çökeltiminin esas olarak regresyon döneminde olduğunu göstermektedir.

Tablo. 3 de Ulukent manganez cevherinin kimyasal bileşimi görülmektedir. Ulukent ve güneyindeki manganez cevherleşmeleri, yan yana ilişkileri, kimyasal ve mineralojik özellikleri açısından Çin deki Xiangta, Zungu, Ganyan yataklarına (Delian et al. 1992) benzerlikler gösterir.

Hidrotermal yataklar için tanıtmalı özelliklerinden olan Mn-As element çiftinin (Nicholson 1992) bu yataktan gözlenmemesi ve As değerinin ortalama 1 ppm gibi son derece düşük olması Ulukent manganez yatağının oluşumunda hidrotermal etkinin olmadığını göstermektedir. Yine hidrotermal etkinliğin göstergelerinden olan Cu, Pb ve As elementlerinin (Nicholson 1990) Mn ile negatif korelasyon göstermesi de (Kuşçu ve Gediklioğlu 1989) aynı yaklaşımı desteklemektedir.

Şekil. 5 de yatağın ortamsal analizi (Nicholson, 1992), Şekil. 6 ve 7 de ise Si'ye karşı Al değerlerinin konumu görülmektedir. Şekil. 5 deki Mg ye karşı Na diyagramı cevher çökeltiminin sağ denizel ortamda oluştuğunu göstermektedir. Şekil. 6 ve özellikle Şekil. 7 cevherleşmede hidrotermal etkinin olmadığını göstermektedir.

Ulukent manganez yatağı Crerar et al (1982) diyagramında hidrojenetik detritik, Peters (1988) diyagramında ise hidrojenetik oluşumu göstermektedir. Ancak, diyajenetik tür manganez yataklarının bu tür tektonik ortamlarda oluşmadığı da bir gerçektir. Bu tür yatakların diyajenetik oluşumlu olduğu konusunda tam bir görüş birliği bulunmakla birlikte diyajenetik türdeki manganez cevherleşmeleri için henüz tanıtmalı diyagramlar denenmemiştir. Crerar et al. (1982) ise diyajenetik kavramını bugünkü anlayışta kullanmamıştır.

3. Karadeniz Yay Volkanizmasına Bağlı Manganez Yatakları

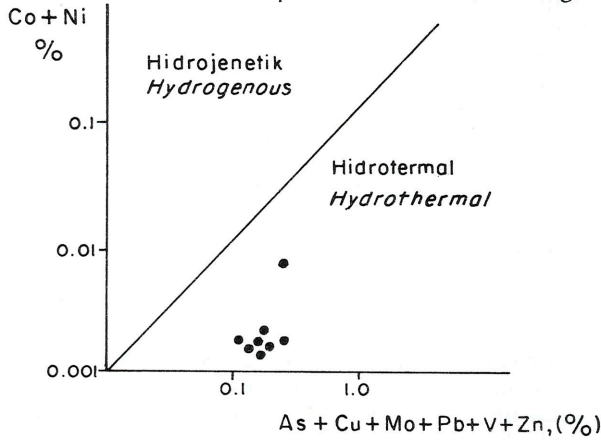
Pontid yay volkanizmasıyla ilişkili yataklar Karadeniz kıyı şeridi boyunca yaygındır. Bu kuşaktaki manganez cevherleşmeleri Üst Kretase yaşlı volkanotortulların çeşitli düzeylerindedir. Başlıca bazaltik ve andezitik volkanitlerin içinde, volkanitlerle ardalanmış marn ve kireçtaşı kontaklarında ve kırmızı kireçtaşları içinde bulunurlar (Şekil. 8).

Bu kuşaktaki önemli cevherleşmeler, Güce, Ocaklı, Ebuheşin, Çiftliksarıca, Borçka yataklarıdır. Cevherleşmeler hidrotermal kökenli çözeltiler tarafından dolgu, metasomatoz ve sedimanter prosesle çökeltmişlerdir. Bu yataklarda en ayrıntılı inceleme Gedikoğlu ve diğ. (1985) tarafından esas olarak Ocaklı yatağı üzerine olmuştur.

Mn	54.62	44.15	50.26	53.21	53.55	46.36	50.43	53.25
Si	3.37	10.33	0.77	4.16	3.41	2.90	7.67	5.77
Fe %	0.29	1.10	2.13	1.38	0.42	0.26	1.68	0.37
Ca	2.41	3.34	6.40	2.83	2.46	10.03	0.85	1.84
P	0.04	0.02	0.17	0.06	0.06	0.34	0.01	0.03
Ba	1160	3600	700	2340	3390	5535	985	923
As	2488	2012	1254	1165	3535	2598	2431	923
Sb	602	408	437	423	587	318	177	294
Cu ppm	56	218	36	179	97	19	16	29
Zn	27	60	22	53	41	15	15	12
Pb	21	63	25	28	18	25	2	2
Co	27	19	21	18	37	10	16	6
Ni	11	13	8	17	7	91	11	24

Tablo. 4- Ocaklı manganez yatağı cevherinin kimyasal bileşimi (Gedikoğlu ve diğ., 1985'den)

Table. 4- Chemical composition of the Ocaklı manganese ore deposit (from Gedikoğlu et al., 1985)



Şekil. 8 Ocaklı manganez yatağı cevherinin Co-Ni/As-Cu-Mo-Pb-V-Zn (Nicholson, 1990) diyagramı

Figure 8 Co-Ni/As-Cu-Mo-Pb-V-Zn diagram for the Ocaklı manganese deposit (Nicholson, 1990)

Bölgenin jeolojik çatısını oluşturan Üst Kretase yaşlı volkanotortul seri bimodal yay içi rift volkanizmasının lav ve piroklastikleriyle sığ denizel ortama özgü kireçtaşı, marn, kumtaşı gibi sedimentlerin ardalanması şeklindedir. Volkanitler başlıca andezit, bazalt ve dazitlerin lav ve patlama ürünlerinden oluşur.

Bu kuşakta diagenetik tür veya katkıyla manganez yataklarının gelişmemesinin nedeni volkanotortul serinin esas olarak volkanik ürünlerden oluşmasıdır. Sedimentlerin sadece ince ara düzeyler şeklinde bulunduğu ortamlarda sediment deniz suyu etkileşimi ve ilişkili diagenetik tür cevherleşmelerin gelişimi de son derece sınırlı olmaktadır. Hidrotermal eksalasyonlarla oluşmuş katman yapılı cevherleşmeler de ise kısmen de olsa hidrojenetik bir katkı olabilir. Ancak, yaygın volkanik faaliyetin olduğu aktif ortam, deniz suyunda uzun bir süreç ve oldukça düşük sedimentasyon koşulları gerektiren hidrojenetik etkinin de sınırlı olmasını gerekti-

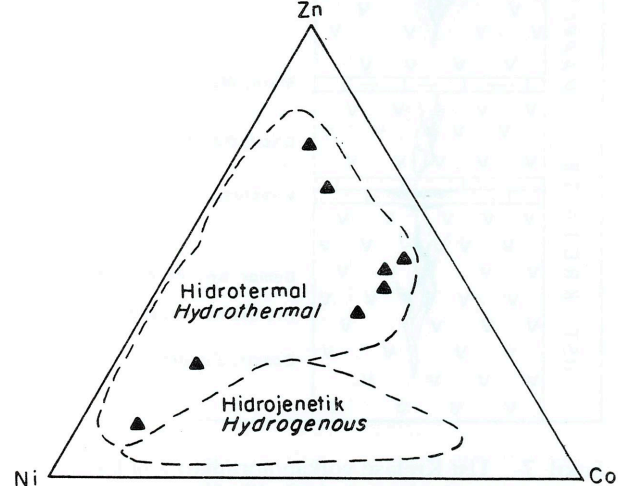
recektir. Sonuç olarak yay kuşağına ait ortamlar tektonik konum itibarıyla hidrotermal kökenli manganez cevherleşmelerini olanaklı kılmaktadır.

Tablo. 4 deki Ocaklı manganez cevherinin kimyasal bileşimi, hidrotermal etkinliği yansıtan, özellikle As, Zn, Sb elementleri bakımından yüksek değerlere sahiptir.

Yine daha önce belirtildiği gibi hidrotermal yataklar için Mn-As birlikteliliği bu yataklarda iyi gözlenmektedir. Cevher bileşimi, Co-Ni/As-Cu-Mo-Pb-V-Zn diyagramı (Şekil. 8) ile Zn-Ni-Co üçgen diyagramında (Şekil. 9) açık olarak hidrotermal alana düşmektedir.

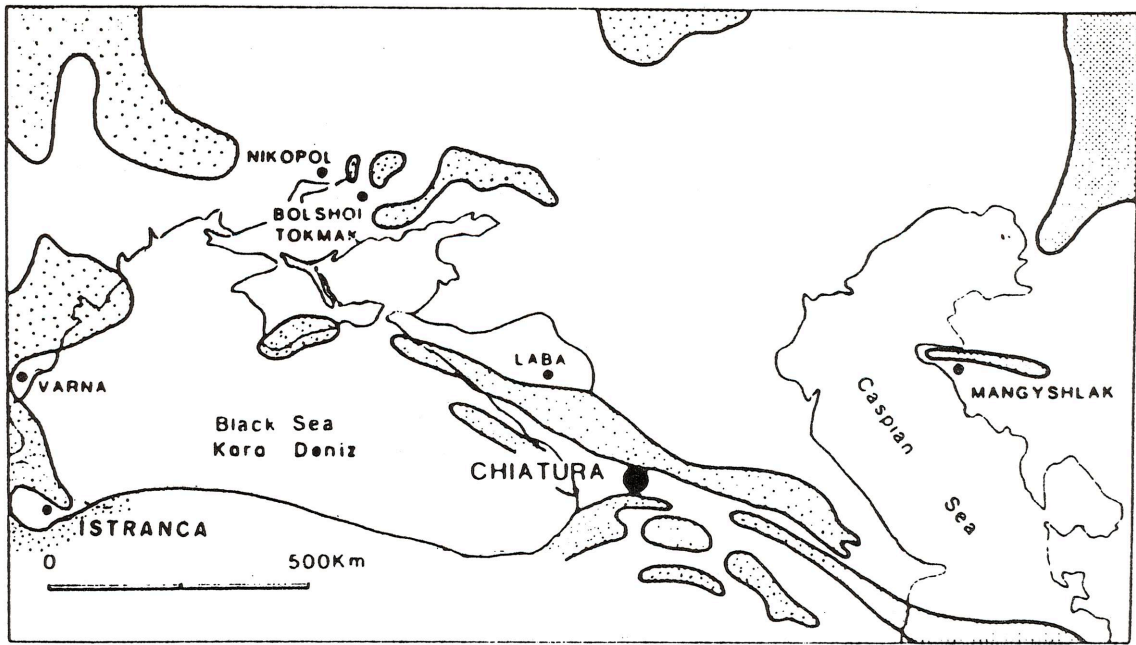
4. Trakya Havzasındaki Manganez Yatakları

Türkiye manganez yatakları arasında önemli bir yeri olan bu kuşaktaki cevherleşmeler Tersiyer yaşlı çökel



Şekil. 9- Ocaklı manganez cevherinin Zn-Ni-Co (Choi ve Hariya, 1992) diyagramı

Figure 9- Zn-Ni-Co diagram (Choi and Hariya, 1992) for the Ocaklı manganese ore



Şekil. 10- Istranca ve diğer önemli Oligosen manganez yatakları ile Oligosendeki eski sahil çizgisinin konumu (kalın ve sürekli çizgi) (Bolton ve Frakes, 1985'den değiştirilerek)

Figure 10- Map showing location of Istranca and other large Oligocene manganese deposits in relation to paleoshorelines at the time of manganese deposition (thick, solid line) (After Bolton and Frakes, 1985)

formasyonlar içindedir. Yaşı, cevher yapısı, yan kaya ilişkileri ve oluşumu açısından Karadenizi çevreleyen Chiatura, Nikopol, Varna, Laba yataklarıyla önemli benzerlikler gösterir (Şekil. 10).

Trakya havzasındaki Çataca, Binkılıç, Vize yatakları kabaca D-B uzanımlıdır ve belli bir stratigrafik düzeyi takip ederler. Bunlardan en önemlisi Binkılıç (Istranca) yatağıdır. Geçmiş yıllarda önemli miktarda manganez üretimi ve ihracatı yapılan bu yataklar günümüzde kapanma noktasına gelmiştir. Hala önemli rezervleri içeren yataklardaki bu durumun nedeni dışı açılan doğu bloğundaki yüksek miktarda ve ucuz manganez üretimidir.

Trakya havzasında, manganez silikatları da içeren gnays ve şistler ile bunları kesen farklı yaştaki granitler kristalen temeli oluşturmaktadır. Bu temel üzerindeki Eosen serileri transgresyonla başlayan ve regresyonla sona eren kırıntılı karbonatlardan oluşmaktadır. Eosenin üzerine hafif bir diskordansla Oligosenin Rupeliyen katını (Bora, 1969) karakterize eden Congeriyalı kireçtaşları çökelmiştir. Congeriyalı kireçtaşlarının üzerine balık fosilli, çamur çatlaklı, çok ince laminallı, jips yumrulu ve organik maddece zengin kiltaş-çamurtaş-marndan oluşma, önceki araştırmacılarca karton (balıklı seri) olarak tanımlanan oluşuklar gelmektedir. Manganez cevherleşmesi ise congeriyalı seri ile karton (balıklı) seri arasında bulunmaktadır. Transgresif congeriyalı seri ve regresif Balıklı serinin yaşı üzerine önceki araştırmacılar tarafından farklı görüşler ileri sürülmüştür. Akartuna (1953), tarafından Miyosenin Ponsiyen ve Ülkümen (1946) tarafından Miyosenin Sarmasiyen katına dahil edilen Congeriyalı ve Balıklı seriyeye Sönmez ve Gökçen (1964), Bora (1969) Oligosen Rupeliyen yaşını vermiştir. Gerek cevherleşme, gerekse ortamsal özellikleri itibarıyla Karadeniz çevresindeki diğer Oligosen yaşlı formasyonlarla önemli benzerlikler gösteren Balıklı serinin de Oligosen yaşlı olması

kuvvetle muhtemeldir. Yaklaşık 60 m kalınlığındaki karton serinin üst düzeyleri regresif koşulları yansıtan çakıllı kumlu kırıntılara geçmektedir. Oligosen üstünde zayıf tutturulmuş Miyosene ait çakıl, kum, çamurdan oluşma sedimentler bulunmaktadır.

Balıklı serinin içindeki manganez cevherleşmesinin tabanında sarımsı renklere limonitleşmiş kumlu kırıntılılar yersel olarak gözlenmektedir. Bunun üzerinde gri renkli çamur matris içinde kil topaklı ve römaniye Congeriyalı fosilli bir düzey gelir.

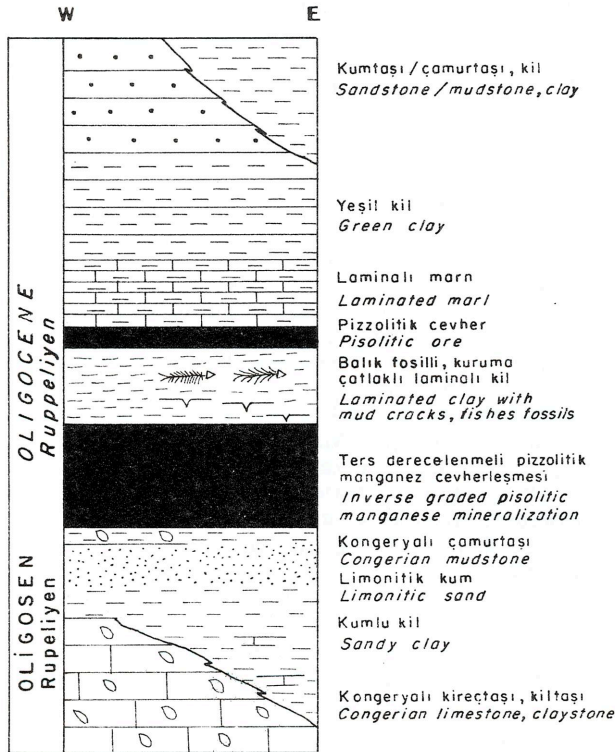
Manganez bulaşıklı olarak izlenen bu düzeyin üzerine yine organik maddece zengin gri renkli çamurlar ve bunların içinde de düzenli katmanlar şeklinde, 25 cm kalınlığa erişen iyi kalitede manganez cevherleşmeleri bulunur. Toplam 1 m civarında kalınlığa sahip manganez cevherli zondaki bu tür iyi kaliteli düzeyler maksimum 40 cm kadardır. Bu düzeyler oolitlik yapıda olmakla birlikte oolitler erime boşluklu ve geç diyajenetik replasmanla değişime uğramış olarak izlenir. Sert, piro-lusitten oluşma, ikincil kuvarsların özellikle oolit erime boşluklarında geliştiği Mn ce zengin düzeyler üste doğru pisolitik karakterli, zayıf dereceli, organik maddece zengin, yumuşak cevherleşmelere geçmektedir. Üst düzeylerdeki pizolitler 4 cm boyutlarına erişmekte istifsel olarak alttan üste doğru irileşmektedir. İri ve yumuşak pisolitik cevherin üzerine gri yeşil laminallı kiltaşları gelmektedir. Kiltaşları üzerine 10-15 cm kalınlığında, 4 cm ye varan manganez pizolitlerinden oluşma ikinci bir seviye bulunur. Bu düzey üzerine ise krem renkli laminallı marmlar çökelmiştir (Şekil. 11). Marmlar üzerinde kumlu çakıllı düzeyler bulunur.

Cevherleşmenin tabanındaki Congeriyalı kireçtaşları batı yönünde daha belirginleşmektedir. Örneğin doğuda, Çatalca İnceğiz köyü civarındaki yatakların tabanında belirsiz, bazen tamamen kaybolan Congeriyalı kireçtaşları, batıda Binkılıç civarında daha kalın ve düzenlidir. Yine doğu kesimde balıklı seri daha belirgin,

daha bol fosili, iken doğu kesimde belirsiz, balık fosillerince kıt ve daha iri tanelidir. Cevherleşme ise batıya doğru belirgin şekilde iyileşmektedir. Bu kuşaktaki manganez cevheri ortalama % 30 Mn, % 1.5 Fe, % 6 SiO₂ içermektedir.

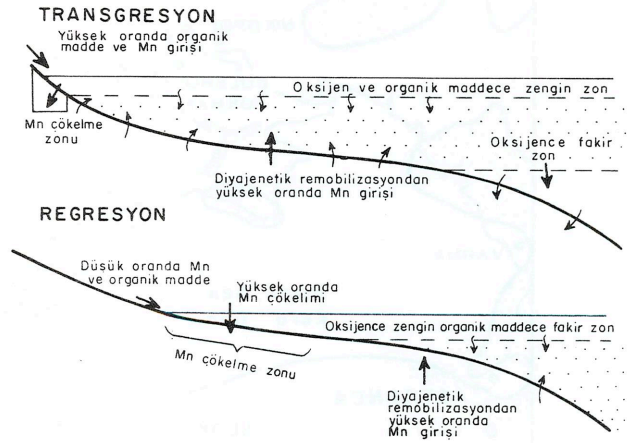
Karadeniz çevresindeki Oligosen yaşlı manganez yataklarının oluşumu üzerine Cannon ve Force (1983), Frakes ve Bolton (1984) tarafından "transgresyon regresyon salınımlarına bağlı cevherleşme" modeli önerilmiştir. Bu modelde transgresyon cevherleşme için ön koşulları, bir anlamda hazırlık safhasını oluşturmaktadır. Cevher çökelişi ise regresyon döneminde olmaktadır. Şekil. 12 de cevherleşme işlemleri görülmektedir. Bu model yaşlı kalkanlardaki Proterozoik yaşlı ve oldukça yüksek rezervler içeren bantlı demir ve manganez yatakları için de önerilmiştir (Frakes and Bolton, 1984, Schussel and Aro, 1992).

Bu tür cevherleşmelerin regresyon döneminde oluştuğuna veri olarak cevherleşmenin içinde bulunduğu istifin sedimentolojik yapısı ve özellikle manganez yumularındaki ters derecelenme gösterilmiştir. (Frakes and Bolton 1984, Bolton and Frakes 1985). Manganez nodüllerinin alttan üste doğru irileşmesi önce Kretase yaşlı Grote Eylandt yatağında (Avustralya) daha sonra ise Oligosen yaşlı Chiatura yatağında saptanmıştır. Nodül boyutuna pozitif yönde etki eden ortamdaki enerji ve/veya oksijen miktarı göz önüne alınırsa, iri nodüller sahil kenarında daha küçükleri ise dalga enerjisinin düştüğü derinliklerde oluşacaktır. Regresyonla kıyının



Şekil. 11- Çatalca (Binkılıç) bölgesindeki stratigrafik istif

Figure. 11- Stratigraphic column of the rock sequences in the Çatalca (Binkılıç) district



Şekil. 12- Transgresyon döneminde suda oksijen tüketimi ve ortamda çözülmüş manganezin artışı, regresyon döneminde diyajenetik remobilizasyon ve oksidasyon zonunda Mn çökelişi (Frakes ve Bolton 1992 den).

Figure 12-Oxygen depletion and dissolved Mn enrichment in the basin during marine transgression, diagenetic remobilization and precipitation of Mn in the oxidizing zones during marine regression (From Frakes and Bolton, 1992)

denize doğru ilerlemesiyle küçük boyutlu nodüllerin üzerine daha iri boyutlular çökecektir.

Ters derecelenmeli nodüllerden başka demir ile manganın stratigrafik dizilimi de transgresyon regresyon dönemine ilişkin önemli bilgiler vermektedir. Denizde derine, bir başka ifadeyle yüksek oksitlenme ortamından düşük oksitlenme ortamına doğru sırasıyla Mn₂O₃, Mn(Ca)CO₃, Fe₂O₃, Fe(Ca)CO₃ şeklinde bir çökelim gerçekleşmektedir. Bu dizilimin kimyasal stratigrafisi anlamı, demir üzerine çökelen manganez cevherleşmesi regresif, tersine Mn üzerine çökelen Fe yatağı transgresif koşullarının ürünü olmaktadır. Bu ilişki G. Afrika, Brezilya, Hindistan'da birlikte bulunan demir ve manganez cevherleşmeleri için ayrıntılı olarak tartışılmıştır (Schussel and Aro, 1992).

Hem ters derecelenmeli mangan oksit pizolitleri, hem de tabanında limonitik düzeyleri bulunan Trakya havzasındaki manganez yatakları deniz çekilmesi ürünüdür. Havzanın sığlaşması ve oksijence zengin ortam koşullarına ulaşılmasıyla suda yüksek oranda bulunan Mn iyonları diyajenetik remobilizasyondan sağlanan katılımla birlikte çökelmiştir. Havzaya taşınan manganez iyonlarının kaynağı yüksek backgraund değerli temeldeki metamorfik kayalar olmalıdır.

Manganezin çökmesine sebebiyet veren regresyon ve ilişkili paleoekolojik koşullardaki ani değişim, ortamdaki faunal yokoluşu da beraberinde getirmiştir. Chiatura yatağı civarındaki balık ve su memelilerince zengin Maikop Black shale fasiyesi Trakya Havzasındaki Balıklı seriye oldukça benzemektedir. Paratethis kıyıları etkileyen ortamsal değişiklikler hem faunal yoko-

luşu, hem de bununla ilişkili manganez çökelimini sonuçlamıştır. Ancak Oligosen'deki bu ani paleoekolojik ortam değişikliğinin zaman ve mekan içindeki gelişimi ise henüz aydınlığa tam olarak kavuşmuş değildir.

Katkı Belirtme

Yazar bu makaleyi hazırlanması konusunda teşviklerinden ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Önder Öztunalı'ya, Dr. James Hein'e, Prof. Larry Frakes'e teşekkür borçludur.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akartuna, M., 1953, Çatalca - Karacaköy bölgesinin jeolojisi: İstanbul Üniv., Fen Fak. Monog. sayı 3.
- Bolton, B.R. and Frakes, A.F., 1985, Geology and genesis of manganese oolite, Chiatara, Georgia, USSR: Geol. Soc. America Bull. ve. 96, p. 1398-1406.
- Bolton, B.R., Frakes, L.A. and Cook J.N., 1988, Petrography and origin of inversely graded manganese pisolite from Groote Eylandt, Australia: Ore Geology Rev., v. 4, p. 47-69.
- Bonatti, E., Kraemer, T. and Raydell, H., 1972, Classification and genesis of submarine iron-manganese deposit, in Horn, D, ed., Natl. Sci. Faund., p. 149-166.
- Bora, E., 1969, Binkılıç Safaalan civarının jeolojisi ve manganez yatakları, İstanbul Üniv. Fen Fak. Jeoloji Bölümü (yayınlanmamış), 49 s.
- Brewer, P.G. and Spencer, D.W., 1974, Distribution of some trace elements in the Black Sea and their flux between dissolved and particulate phases: Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. 20, p. 137-143.
- Cannon, W.F. and Force, E.R., 1983, Potential for high-grade shallow-marine manganese deposit in North America, in: Shanks, W.C., III, ed., Cameron volume on unconventional mineral deposits: New York, Soc. Mining Engineers, Am. - Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, p. 175-189.
- Choi, J.H. and Hariya, Y., 1992, Geochemisktry and depositional Environment of Mn oxide deposits in the Tokorro belt, Northeastern Hokkaido, Japan: Econ. Geol., v. 87, p. 1265-1274.
- Crerar, D.A., Namson, J. Chyi, M.S., Williams, L. and Feigenson, M.D., 1982, Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues, and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers: Econ. Geol. v. 77, p. 519-540.
- Degens, E.T. and Stoffers, P., 1976, Stratified water as a key to the past: Nature, v. 263, p. 22-27.
- Frakes, L.A. and Bolton, B.R., 1984, Origin of manganese giants: Sea-level change and anoxic-oxic history: Geology v. 12, p. 83-86.
- Frakes, L. and Bolton, B., 1992, Effects of ocean chemistry, sea level and climate on the formation of primary sedimentary manganese ore deposits: Econ. Geol. v. 87, p. 1207-1217.
- Koçulu, A., Van, A., Eyüpoğlu, I., Yalçınalp, B., 1985, Doğu Karadeniz cevherleşmelerine bir örnek: Ocaklı (Maçka-Trabzon) manganez zuhuru, Jeoloji Mühendisliği, s. 25, s. 23-37.
- Oliver, J.R., Schulz, M.S., Gein, L.M., 1992, Central pasific cobalt rich ferromanganese crusts: Historical pers-

pective and regional variability, Keating, B.H. and Bolton, B.R., eds Geology and offshore mineral resources of the central Pasific basin, circum-Pasific council for energy and mineral resources. Earth Science series v. 14, New York, Springer Verlag, p. 261-283.

- Kuşcu, M. ve Gedikoğlu, A., 1989, Ulukent (Tavas-Denizli) güneyi manganez yataklarının jeokimyasal özellikleri: Yerbilimcinin Sesi, s. 17, s. 29-47.
- Nicholson, K., 1990, Stratiform manganese mineralization near Invernes, Scotland: a Devonian sublacturine hot spring deposit: Mineralum Deposita, 25, p. 126-131.
- Nicholson, K., 1992, Constrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: Guide to metallogenesis: Econ. Geol. v. 87, p. 1253-1264.
- Okita, P.M., Maynard, J.B., Spiker, E.C. and Force, E.R., 1988, Isotopic evidence for organic matter oxidation by manganese reduction in the formation of stratiform manganese carbonate ore: Geochim. et. Cosmochim. Acta, v. 52, p. 2679-2685
- Okita, P.M., 1992, Manganese carbonate mineralization in the Molongo District, Mexico: Econ. Geol. v. 87, p. 1345-1366.
- Oygür, V., 1990, Çayırılı (Ankara-Haymana) manganez yatağının jeolojisi ve kökeni üzerine görüşler, M.T.A. Dergisi, s. 110, S. 29-44.
- Öztürk, H., 1993, Koçali Karmaşığının Konak Formasyonu içindeki manganez nodüllerinin oluşumu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni (incelemede).
- Peters, T., 1988, Geochemistry of manganese bearing cherts associated with Alpine ophiolites and the Hawisina Formations in Oman, Marine Geology, v. 84, p. 339-349.
- Rona, P.A., 1984, Hydrothermal mineralization at sea floor spreading centers: Earth Planet. Sci. Rev., v. 20, p. 1-104
- Roy, S., Dasgupta, S. Mukhopadhyay, S. and Fukuoka, M., 1990, Atypical ferromanganese nodules from pelagic areas of the central Indian Basin, equatorial Indian Ocean: Marine Geology, v. 92, p. 269-283
- Roy, S. 1992, Environments and Processes of manganese deposition: Econ. Geol. v. 87, p. 1218-1236
- Schuessel, D. and Aro, P., 1992, The major early Proterozoic sedimentary Iron and manganese deposit and their Tectonic setting: Econ. Geol. v. 87, p. 1367-1374.
- Sönmez - Gökçen, N., 1964, Çatalca (Trakya) civarı Neojen'den Congeryalı serinin ostrakotlarla bulunan yeni yaşı hakkında: MTA Enst. Dergisi, s. 63.
- Ülkümen, N., 1960, Trakya ve Çanakkale mintıklarında bulunan Neojen balıklı formasyonları hakkında: İstanbul Üniversitesi, Fen Fak. Monog., s. 16, 80 s.