

# Deniz Dibi Mineral Yatakları ve Ekonomisi

JşıközPEKER(\*)

## ÖZET

*Bu yazıda, denizsel minerallerin yayılımı ve doğasıyla ilişkin geçerli bilgiler değerlendirilmektedir. Bugün ve yakın gelecekte, bu mineraller içinde en çok umud bağlanmış olan, derin deniz demirli manganez yumrularının, oluşum süreçlerine bileşimlerine, yerkimyasal Özelliklerine, yedeklerine (rezerv) ve bölgesel yayılımlarına özel önem verilmektedir. Bu yumrularla ilgili madencilik teknolojisi ve hazırlama arıtma tekniklerindeki en son gelişmeler gözden geçirilmektedir. Ekonomik karlılıkları ve yasal sorunları tartışılmaktadır,*

## ABSTRACT

*In this paper, the current state of knowledge related to the nature and extent of marigenous minerals is assessed. Special attention is given to the processes of formation, composition, geochemical properties, reserves and regional distribution of the deep sea ferromanganese nodules, which represent the most promising group of minerals at present and near future. The last development in the mining technology and processing techniques concerning these nodules are reviewed. Their economic profitability and legal problems are also discussed.*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda yoğunlaşan ve gelişen deniz dibi araştırmaları, yerbilimlerinde yeni kavramların ve yorumlama biçimlerinin doğmasına neden olması yanında, deniz dibi mineral kaynaklarının değerlendirilmesi açısından da madencilığe geniş ufuklar açmıştır. Deniz dibi mineral kaynaklarının yakın gelecekte tecimsel (ticari) önemlerinin artması olasılığı, gelişmiş ülkelerin madencilik şirketlerinin ve araştırma kurumlarının ilgisini büyük ölçüde çekmektedir. Bu nedenle bu kaynakların yayılımının dağılımının, öğrenilmesine yönelik arama tekniklerinin ilerletilmesi, madencilik, var sınırların (cev-

her zenginleştirme) ve metalürji teknolojilerinin geliştirilmesinde eşgüdümü sağlamak amacıyla, gelişmiş ülkelerin araştırma kurumları ve şirketleri çeşitli birlikler kurmuşlardır. Çizelge 1 'de bu birliklerin etkinlik alanları belirtilmiştir (19,23).

SSCB'nin de bu konuda çalıştığı, ve bir filo kurduğu bilinmektedir. Ancak hangi aşamada olduğu hakkında bilgi yoktur.

Gelişmiş ülkeler kara madenciliğinde olduğu gibi deniz madenciliğinde de büyük pay almanın işbirliğini gerçekleştirmişlerdir. Geri kalmış ve gelişmekte olan ülkeler ise gelişmeleri izlemek ve yasal bazı sorunların tartışılmasına katılmaktan Öte bir etkinlik gösterememektedirler.

(\*) Doç.Dr. İTÜ Maden Fakültesi

Bu yazıda amaç denizel mineral kaynaklarının olu-

sumu, aranma yöntemleri, madencilik ve mineral teknolojisi ile ilişkin sorunları gözden geçirmek, var olan veriler ışığında bu kaynakların ekonomik değerlendirilmesiyle ilgili yorumlar yapmaktır.

## 2. DENİZSEL MİNERAL KAYNAKLARI

Deniz dibi taban kay açları içindeki mineralleşmelerin değerlendirilmesi, deniz altı kara madenciliği gibi özel koşullar dışında bugünkü madencilik tekniği açısından hemen olanaksız olduğundan bu tür yataklar petrol ve doğal gaz inceleme kapsamına alınmamıştır. Bu durumda belirtilenin dışındaki mineral kaynaklarını oluşum ortamına göre üçe ayırabiliriz (7,9, 13,15,17,20,21, 22).

### 2.1. DENİZSEL KIYI KIRINTI YATAKLARI VE KUMLARI

#### 2.1.1. Sığ Deniz Kıyı Kırıntı Yatakları

#### 2.1.2. Sığ Deniz Gömülü Koyaklardaki Kırıntı Yatakları

### 2.2. ENGİN DENİZ DİBİ MİNERAL KAYNAKLARI

#### 2.2.1. Kıta Düzü, Yamacı ve Derin Deniz Yumruları

1. Fosfat yumruları
2. Demirli mangan yumruları

#### 2.2.2. Engin Deniz Orta Sırtlarındaki Mineral Kaynakları

#### 2.2.3. İraksayan Levha Başlangıcı, Deniz Açılımı Sürecinde Oluşan Deniz Dibi Sıcak Çamurları içindeki Mineral Kaynakları

### 2.3. İÇ DENİZ DİBİ ÇAMURLARI MİNERAL KAYNAKLARI

### 2.4. DENİZ SUYUNDA ÇÖZÜNMÜŞ MİNERAL KAYNAKLARI

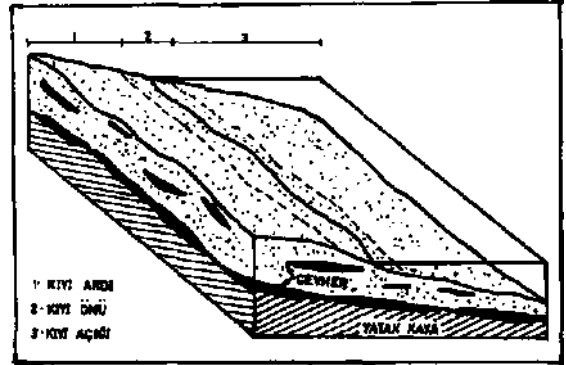
#### 2.1. DENİZSEL KIYI KIRINTI YATAKLARI VE KUMLARI

Bu tür yatakların oluşumu denizin dalga, dalga kırılması, gelgit, iç akıntı gibi devinimlerine bağlıdır. Dalganın kıyıya doğru ivmesi büyüktür, dotayısıyla ağır ve hafif tanelerden oluşan malzeme birlikte sürüklenir. Çap ve ağırlık açısından sınır hızı ulaşıldığında taneler çökelerek, açıktan kıyıya doğru,

ağır iriden, hafif küçüğe doğru bir dizilim olur. Dalga kıyıya çarpıp geri dönerken ivmesi ve taşıma gücü düşer, hafif taneleri ve belirli oranda ağır ince taneleri açığa çeker. Böylece ağır-hafif in ce-kaba taneliler birbirinden ayrılmış olur. Bu olayın binlerce yıl devamı sonucunda ağır mineraller derişerek bir kırıntı yatak oluştururlar (7,17). Akıntılar, gelgit olayı hafif tanelerin açığa taşınmasına yardımcı olurlar. Eğer ağır mineraller derişmesi söz konusu olmazsa kum-çakıl veya kavkı birikimi gerçekleşebilir.

Buzul çağlarında deniz düzeyinin düşük olduğu evrede, akarsuların koyaklarında (çukurluk, vadi) ve çatal ağzlarında kırıntı ağır mineraller birikebilir. Buzul çağı sona erdiğinde, deniz düzeyi hızla yükselerek çatalağzları ve koyaktan örten, bu süreçte ağır mineral kırıntı yataklarının üzeri gene tortullarla örtülürse, gömülü kırıntı yatak oluşur.

Sığ deniz kırıntı yataklarına çoğunlukla deniz tabanında engellerin, çıkıntıların, girintilerin bol olduğu yörelerde rastlanır. Özellikle deniz tabanını oluşturan yatak kaya ile kum arasında birikim beklenir. Kuşkusuz dalga şiddeti, akıntı yönü ve deniz düzeyi değişimleri kırıntı yatağın derişme yörelerini etkileyecektir. Kıyı açığı yataklarının doğal olarak kıyı önü ve kıyı ardı yataklarından geniş olması beklenir (Şekil 1).



Sekili.

Bugün birçok ülkede kıyı açığı kırıntı yatakları ekonomik olarak işletilebilmektedir. İşletilme derinliği 200 m'ye kadar ulaşmıştır. Başlıcaları: kasi-terit Malezya-Endonezya-Tayland; manyetit Japonya, Avustralya, Hindistan; altın Alaska; elmas Güney Afrika batısı; i l me ni t Seylan; midye kabuğu İzlanda, Sanfransisko körfezi, Meksika körfezi; ça-

kıl ve kum ABD, Avustralya, Seylan, İsrail (7, 9, 13,17).

Türkiye'de bazı kıyı ardı mineralleşmeleri bilinmemektedir ancak bunların kıyı açığı uzanımları bilinmemektedir. Manyetit Trabzon Yeros Burnu, Ordu-Samsun arası, Zonguldak-Alaplı, İstanbul-Büyük çekme ce; Mo naz it ilmenit İstanbul-Şile; kuvars kumu İstanbul-Podima. Bunların içinde bugün işletilmekte olan İstanbul-Podima kuvars kumudur. Ancak bu yatak kıyı ardı bölgededir. İkinci önemli yatak Ordu-Samsun arasında 200 milyon ton görünür + olası yedekli manyetit i i kumlardır. Perşembe Efri, Onye batısı Çarşamba Ovası, Ordu-Divane yörelerinde gözlenen bu kıyı ardı yatakların, kıyı açığında da en az bilinen kadar manyetit yedeğinin varlığını düşündürmektedir (7, 17).

Ülkemizde kıyı açığındaki kum ve çakıl yatakları düzensiz biçimde işletilmektedir. Ancak yedekleriyle ve yasal durumuyla ilişkin hemen hemen hiç bilgi yoktur.

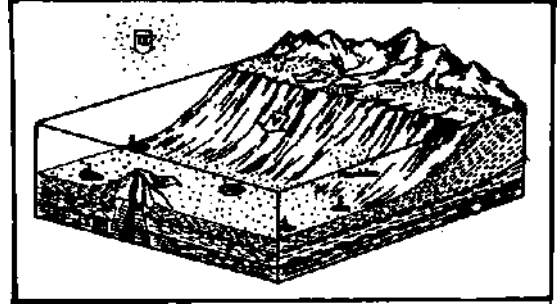
## 2.2. ENGİN DENİZ DİBİ MİNERAL KAYNAKLARI

Engin deniz dibi mineral kaynaklarına ilişkin ilk bilgiler 1870 yılında İngilizler tarafından gerçekleştirilen "Challenger" seferi sırasında elde edilmiştir (9). Son yirmi yıl içinde yoğunlaşan deniz dibi çalışmaları, deniz dibi mineral yatakları açısından önemli bilgi birikimi sağlamış, kayayuvanın (litosferin) evrimi yönünden de yeni irdeleme ve yorum biçimlerinin doğmasına ve geliştirilmesine neden olmuştur. "Levha tektoniği" kavramı bu incelemelerin ürünüdür. Bu sava göre kayayuvanın (astenosfer) üzerinde yüzen levhalardan oluşur. Bu levhalar okyanus ve kıta parçalarını içerebilirler ve birbirlerine göre sürekli devnirler. Bu görelî devnimler 3 biçimde levha kenarı geliştirebilir:

- İki levha birbirinden uzaklaşır ve deniz tabanı açılımı sonucu yayılan kaya eriyiği katlaşır ve her iki levhaya da yeni kayayuvanın eklenir. Bu tür olaya "ıraksama (divergence)" denir, örneğin, Kızıldeniz açılımı, Orta Atlantik Sırtı, Büyük Okyanus Kabartısı, Kıbrıs.
- İki levha birbirine yaklaşır, biri diğeri altına dalar ve yerin derinliklerinde yiter. Kayayuvanın yok olmasını doğuran bu devimine "yakın-

sama (convergence)" denir, örneğin Büyük Okyanus Levhasının Amerika, Afrika Levhasının Avrasya altında yitmesi.

- İki levha kayayuvanın yitmesi veya yaratılması olmaksızın sınır boyunca kayar. Buna "koşut (paralel)" veya "dönüşüm (transform)" levha sınırı denir (Şekil 2).



Şekil 2. Manganez yumrularının kaynakları ve alanı oluşum bölgeleri

Yeryuvarının (yer küresi) milyarlarca yıllık tarihinde, yer kabuğunun bu tür devnimlerine bağlı olarak, kıtalar ve engin denizler sürekli biçim değiştirmişlerdir. Kıtaların çarpışmasıyla Alp, Himalaya, Üni, Apalaş gibi sıradağlar meydana gelmiştir. İraksayan levha sınırlarında kayayuvanın eklenmesi ile yakınsayan yörelerde kayayuvanın yitmesinin az çok denk olduğu düşünülürse, tarihsel evrimi sürecinde yeryuvarının çapının değişmediği çıkarsayabiliriz. Kayayuvanın 6 büyük ve birçok küçük levhadan oluştuğu düşünülmektedir. Bu levhaların görelî devnimlerini günümüzde de 3-4 cm/yıl oranında sürdürmektedirler. Bunun en önemli kanıtı mineral yatakları yönünden de ilgi çeken Kızıldeniz açılımı ve engin deniz orta sırtlarıdır. Kızıldeniz açılımı, iraksayan iki levha, Afrika ve Arap levhaları arasında gelişen engin deniz açılımı başlangıç evresini simgelemektedir. İraksayan levhaların en ilerlemiş aşamalarında engin deniz orta sırtları gelişmişlerdir, örneğin orta Atlantik sırtı. Engin deniz orta sırtları yaklaşık 65000 km uzunluğunda denizaltı sıradağ kuşağı oluştururlar (20-21).

Hint Okyanusunda (1962-1965) IIOE ve Atlantik'te (1973) yapılan TAG araştırmalarında önemli keşifler yapılmıştır. IIOE araştırmasında 'Kızıl Deniz' yardımında üç çukurluğun çamurları içinde bilinen en varlıklı sülfür mineralleşmeleri bulunmuştur. Minerallerin kalınlığı 20-90 m arasında değişen yaklaşık 2000 m derinlikteki çökeller içinde ser-

pinti biçiminde dağılmıştır. Bunlar sıcaklığı 58.4° C ulaşan tuzlu sularla doygun ve Örtülüdürler. Cevherlerde izlenen öğeler tuzlu sularda da çöze İmi şlerdir. Metalik sülfür, karbonat ve oksitlerden oluşan cevherli çamurlardan, Cidde karşısına düşen en büyük çukurlukta yapılan ve çökellertn en üst 10 m kalınlığındaki bölümünü kapsayan örnekleme dayanılarak 80 milyon ton kuru cevher yedeği saptanmıştır (9, 20, 21 ). Ortalama metal içerikleri % 29 Fe, % 3.9 Zn, % 1.3 Cu, % 0.1 Pb, 50 ppm Ag, 5 ppm Au'dır. Pazar değeri 2,5 milyon dolardır. Bu kuşkusuz işletme, arıtma arındırma giderleri gözetilmeden ileri sürülen bir kestirimdir. Oluşum biçimleri tartışmalıdır. BİR görüşe göre mineralleşme sıcak su çözeltilerin deniz suyu ile tepkimeye girmesi sonucudur. Diğer bir okul komşu çökellerdeki Cu ve Zn'nin, çoğunluğunu kalkopirit ve sfaleritin oluşturduğu minerajizasyonu kaynaklandığını savunur.

TAG incelemesinde Orta Atlantik Sirtında 26 derece kuzey 3600 m derinde 10 km<sup>2</sup> bir alan içinde çıkan çeşitli metallerce varsıltaşmış denizaltı kaynarcalarından, 5 cm kalınlığa varan arı manganez oksit kabuğu ç öke İd iği saptanmıştır. Bunun dışında eldeki kısıtlı örneklerden, engin deniz sırtı çekellerinde Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Co, U, Cr, Hg, az V, Cd, Bi yönünden varsılığı çıkarsanmamıştır. Ayrıyeten Hint Okyanusunda, Ekvator yakınında 90° boylamında yer alan 2200 m derinlikteki sırt doruğunda, volkanik kayalar içinde, bakır damarları bulunmuştur. Benzer biçimde New York'un 350 mil güneydoğusunda 5100 m derinlikte, kıta yükseltisi çökelleri içinde başka bir bakır damarı da bulunmuştur. Kuşkusuz bu oluşukların bugün işleilmeleri olanaksızdır. Fakat engin deniz orta sırtlarının da çok çok ufak bir bölümünün incelendiği de bir gerçektir.

Bu keşifler deniz dibi mineral kaynakları yönünden bilginleri oldukça aydınlatmıştır. İraksayan levha sınırlarında üç tür metal kaynağı gelişmektedir: (a) Metal içeren demirli tortullar, (b) Metal oksit kabuğu, (c) Metal sülfür gövdeleri. Her üçünün de oluşumu sıcak sulu çözeltilere bağlıdır. Soğuk yoğun deniz suyu, sırtı oluşturan kayaların çatlaklarından derinlere sızma, ve ısınmaktadır. Isınarak genişleyen deniz suyu b raltik kayaların çatlaklarında yükselirken içerdikleri birçok metali de çözerler ve uygun çökeltme koşullarının sağlandığı yörelerde, aralıklarda metal sülfür gövdeleri, sırt kayalarının üzerinde metal oksit kabuğu ve metalli demirli tortullar biçimlerinde ç öke l i r 1er. Bu meta-

lik çökelmeler sırtlar boyunca sürekli değildir, koşulların elverdiği yörelerdedir. Bu yörelerin keşfi çok önemlidir.

Günümüzde ekonomik açıdan en çok umut bağlanılan derin deniz çukurluğunda kıta eteği, yamacı ve düzünde izlenebilen fosfat ve manganez yumrularıdır. Fosfat yumruları ilk kez Kaliforniya açıklarında saptanmıştır. Bugün Somali, Japonya, Arjantin, ABD batısında da varlıkları bilinmektedir. Fosfat yumruları çoğunlukla 5 cm çapında, cilalanmış ve bozunmamış yumrulardır. Biçimleri çok değişir. Yassı tezek ile biçimsiz kütle, arasında her türlü geçiş biçimi izlenir. Üstleri çoğunlukla ince bir manganez oksit kını ile kaplıdır. Yoğunlukları 2.62, sertlikleri 5 dir. Renkleri açık kahve esmerden karaya değişir. Kaliforniya'da çıkarılan en büyük yumru 60x50x30 cm<sup>3</sup> tür. Dokuları da çok değişmektedir. Som kollafan ve frankolitten oluştuğu gibi katmacıksı veya çakı ita şı olabilir. Sonuculara çok sık rastlanmaktadır. Katmanakların kalınlığı 1-2 mm ile 1-2 cm arasında değişebilir. Yer yer balık yumurtamsı doku da gözlenebilir. \*.na minerali karbonatlı flor apatit, kollofa.ıdır Frankolit eşlik eder. İkincisi organik kalıntıları ornatan mineral olarak gözükmektedir. Yabancı katkı olarak feldispat, kuvars, Fe-Mn lı mineral taneleri, kaya parçaları, sünger spikülleri, diatome, radyolyor, organik kalıntılar bulunmaktadır. Fosfat içerikleri % 20-30 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasında değişmektedir. Bilinen en yüksek değeri % 32 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tir. Çoğunluğu 60-400 m derinliktedir. 2500-3000 m derinliklerde fosfat yumrusu bulunmuştur. Bunların daha sığlardan sürüklendikleri düşünülmektedir. Kıta düzünde, kıyıya koşut bankların üstünde, yanında, denizaltı koyakları yamaçlarında, deniz uçurumlarının tabanında, tortullaşmanın pek görülmediği yörelerde yaygındır. Fosfat yumrularının tarama verimi % 10 varsayılarak, yapılan yedek kestirimleri 30 milyar ton kadardır.

Fosfat yumrularının oluşması için gerekli fosfatın pelajik ve derin deniz dirimlilerinin kırımı ile sağlandığı anlaşılmaktadır. Deniz suyunun sıcaklığının ve tuzluluğunun büyük ölçüde değiştiği yörelerde, sıcak su akıntılarının soğuk su akıntılarına karıştığı, büyük se İlenmelerin görüldüğü bölgelerde, örneğin kutup ve ekvator akıntılarının karıştığı, büyük ırmaklardan beslenen sellerin boşaldığı kıyılarda fosfatlı yatakların kırımı büyük çapa ulaşmaktadır. Deniz suyunda çözünmüş fosforun yumru biçiminde çökmesi ile ilgili çeşitli önesü-

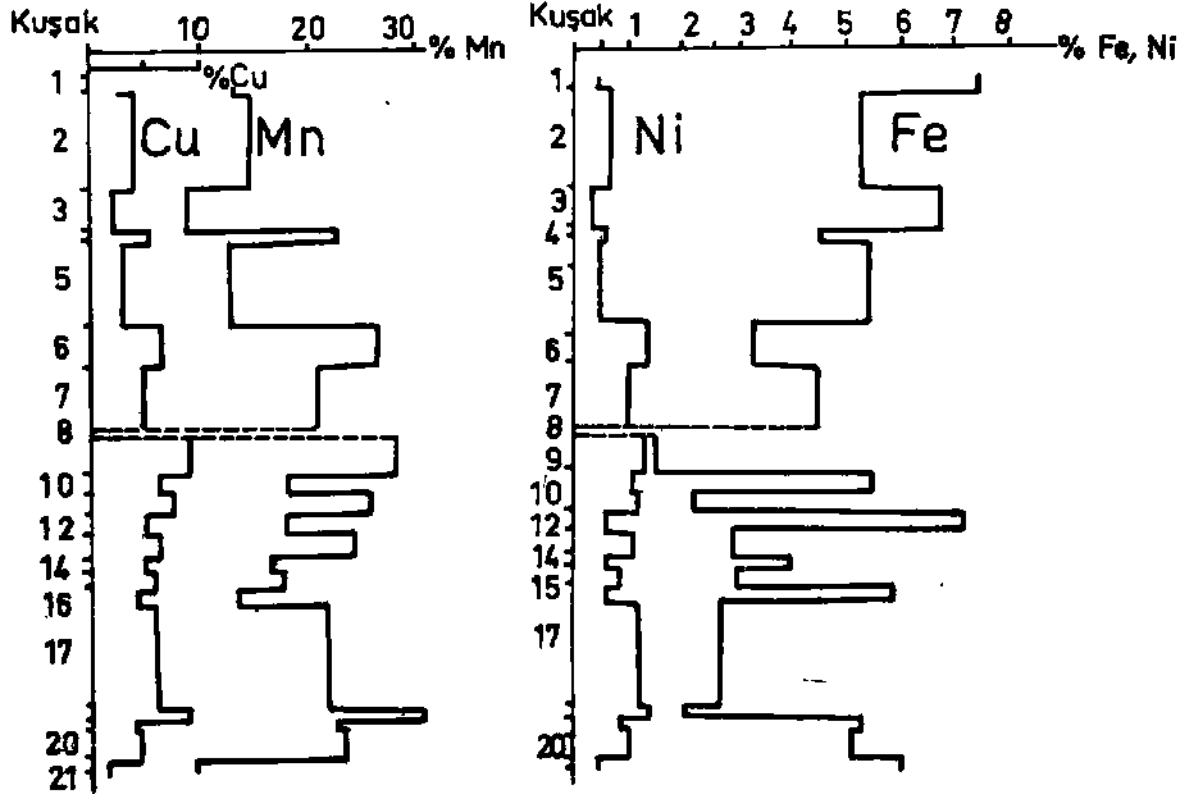
rümler vardır. Bir sava göre deniz suyundaki fosfat elektrolitlerin etkisiyle pıhtılaşarak çöker. Diğer bir görüş deniz suyunun üç kalsiyum fosfat la doyguntaştığını ve ani çıkan flor içeren gazların etkisiyle fosfatın çökeldiği biçimindedir. Bazıları görelî Eh ve pH nin düşük olduğu yörelerde fosfat çökmesini beklerler. Son yapılan çalışmalar ise fosforun suda çözünürlüğünün CO<sub>2</sub> oransal basıncı ile arttığını ve 500 m derinlikte P2O5 çözünürlüğünün ve CO<sub>2</sub> oransal basıncının doruğuna ulaştığı saptanmıştır. Daha sığ veya daha derin sularda CO<sub>2</sub> oransal basıncının düşmesi ve pH'nın değişimine bağlı olarak fosfat çökelecektir (17).

Ferromanganez yumruları çoğunlukla derin deniz çukurluklarında gözlenirler. Biçimleri, bileşimleri, doku ve yapıları değişir. Genellikle küçük, kara patatesleri andırırlar. Çapları yaklaşık 1 cm (< 1 cm) den başlar 15 cm ye kadar ulaşabilir. Yumrucukların çapları 0.5-1 mm arasındadır ve silisli balçığın içindedir. Yumrular, bir çekirdek çevresinde gelişen eşörekli halkalar görünümündedirler. Çekirdekten dışa doğru bileşim değişir (Şekil 3, Çizelge 4). Radyo metrik yaş saptama yöntemiyle, yumru-

ların büyüme hızları koşullara bağımlı olarak 15 mm/10<sup>6</sup> yıl, 1 mm/10<sup>3</sup> yıl arasındadır. Sığ sularda p 1 ht isal malzeme çok arttığından büyüme bin kez hızlı olabilmektedir (8, 15). Yumrular tekil ve ya çoğuldur. Tekil yumruların çapı 4 cm den büyük olanların üst yüzeyleri cilalı ve düzgün alt yüzeyleri kabadır. Yassı çoğul yumrular, genellikle çapları 4 cm den büyüktür, alt ve üst yüzeylerinde ayrıcalık yoktur. Küçük tekil yumrular çapları ortalama 2 cm dolayındadır ve üst yüzeylerinde sayısız yumrucuk vardır. Bazı bölgelerde tekil yumruların alt ve üst yüzeyleri bir ekvatoryal çıkıntıyla ayrılır. Alt yüzey taneli, üst yüzey pürüzsüzdür. Her iki yüzüde düzgün, yassı, çokul yumrulara da rastlanmıştır.

**Bu yumruların oluşum biçimleri de kökenleri de tartışmalıdır. Yumruların oluşturan öğeler, çeşitli kökenlerden gelebilir.**

- I Karasal bozunma, ayrışma, akarsu ve denizsel taşınma
- II Denizaltı bazaltlarında bozunma, ayrışma, ço-



Şekil 3. Mangan yumrusunda kuşaklanma

- zünme ve boşluk suyu ile taşınma
- III Denizaltı yanardağ etkinliği, sıcaksu çözeltileri, buğu veya ısısal devinimle taşınma
- IV Kozmik malzeme (Kozmik yuvarlar)
- V Tortulların taşlaşması sonucu çözünme, boşluk suyu ile taşınma

Olası kökenler gözetilerek ferromanganez yumrularının başlıca oluşma bölgeleri:

1. Fe-Mn yönünden varsıl korkayaların yaygın olduğu, denizaltı ayrışması ve bozunması sonucu Çözünen öğelerin boşluk sularıyla taşınabildiği yöreler
2. Organik malzeme yığılmasının arttığı, Fe ve Mn organı metalik olarak bileşikler oluşturabildiği yerler
3. Yanardağ etkinliğinin büyük olduğu ve Fe-Mn nin sıcak sulu çözeltiler veya buğularla sağlandığı alanlar
4. Tortullaşmanın çok yavaşladığı, deniz suyunda veya boşluk suyundaki Fe-Mn nin uzun süre toplanabildiği kesimler
5. Kozmik malzemenin bol oranda yığılabildiği havzalar (8,17) (Şekil 2).

Çeşitli kökenlerden gelen öğelerin yumruları nasıl oluşturdukları konusunda da çeşitli görüşler ileri sürülmektedir. Oluşumu açıklamada en önemli nokta manganez yumrularının nasıl olupta tortu-deniz suyu ara bölgesinde meydana geldiği ve tortullarla örtülmediğidir. Çünkü yumrucukların içinde görüldüğü silisli balçığın çökme hızı  $4m/10^6$  yıla ulaşabilmektedir. Bu durum üzeri tortu ile örtülen yumrucuğun yuvarlanıp üzerindeki tortuyu silkelemesiyle açıklanmaktadır. Yumrucuğun 100 yılda bir kez dönmesi bile tortuyu üzerinden atmasına yetebilecektir. Bozulan yumrucukların silisli veya karbonatlı balçık içinde gömülmeden belirli bir olasılıkla korundukları ve büyümeye devam ettikleri düşünülmektedir. Deniz dibindeki sıcak korkayaların tortulları ısıtarak, metallerin tortul-su ara yüzeyinde çökmesini hızlandırdığı, konuyu açıklayıcı diğer bir öne sürümdür. ^

Demir ve manganezin çökmesinde çok küçük yaratıkların önemli etkileri olabileceğini belirten bul-

gular vardır, özellikle belirli koşullar altında bu küçük yaratıklar bazı öğelerin yumrularında toplanmasında veya birikiminin geciktirilmesinde katalizör görevi görmektedirler. Yapılan son çalışmalar da deniz suyunda, deniz dibine yaklaştıkça ağır metallerin arttığı ve çoğunun pıhtısal bağlandığı saptanmıştır. Ayrıyeten deniz dibi balçıklarında 100 m tane boyutlarında ağır metallerin pıhtısal büyüdüğü ortaya konmuştur. Bu verilere dayanılarak demir ve manganezin bir çekirdek çevresinde elektrolit etkisiyle pıhtısal çökelindiği ve diğer öğeleri soğurma, yüzey soğurma yoluyla kendilerine bağladıkları veya ornatıldıkları ve küçük yaratıkların belirli ölçüde bu olayı hızlandırdığı ileri sürülebilir. Manganez yumrularının alt tarafının çözünme ve aşınmadan ötürü pütürlü oldukları anlaşılmıştır.

Manganez yumrularının mineralojik bileşimleri özellikle metalürji ve varsıllaştırma açısından çok önemlidir. Yumrular çoğunlukla çok İnce taneli Mn-Fe oksitlerinden oluşmaktadır. 7A° manganit (delta,  $MnO_2$ , birnesit) (Na, Ca)  $Mn_7O_{14} \cdot 2H_2O$  10A° manganit (todorokit) (Mn, Ca)  $Mn_3O_9 \cdot 2H_2O$ , götit amorf demir hidroksitler, başlıca mî-narellerdir, az psilomelan, piroksen, Fe-Mn kil mineralleri. Todorokit ve birnesite bağlı olarak Ni, Cu, Zn; demir oksitlere bağlı olarak Co önem kazanmaktadır. Yumruların içerdiği diğer öğeler çizelge 2'de, bölgelere göre önemli dört öğenin değişiminde, çizelge 3 te izlenebilir. Ayrıyeten önemli ölçüde kuvars, fe ld i spat, rutil, kalsit v.b. mineral parçaları da izlenir.

Yapılan jeokimyasal ve Geoscan araştırmaları sonucu yumruların kimyasal bileşimlerinde yöresel değişiklikler olmaktadır. Özellikle Cu ve Ni ve Mn, Fe ile negatif korelasyon göstermektedir. U ve Th ile Fe arasında ise positif bir korelasyon vardır. Bu bulgular yumru ve yumrucukların her ikisi içinde geçerlidir. (Şekil 3, Çizelge 4). Ayrıyeten 200 meş taneli silisli balçıkla kozmik kökenli metalik bilyacıklar bulunmuştur. Yapılan analizlerinde % 60 Ni, % 37 Fe, % 3 Co saptanmıştır (8). Dünyada manganez yumrularının dağılımında belirttiğimiz etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Kuzey Atlantik'ten dört bölgeden örnek alınmıştır. Kelvin tepeleri, Bleyk platosu, Kırmızı kil bölgesi Orta Atlantik sırtı. Bu yöreler Mn, Cu, Ni içerikleri düşüktür ve denizaltı engebeli l iği uygun değildir. Ayrıyeten karbonatlı minerallerden ötürü varsıllaştırma güçlükleri vardır. Güney Atlantik'te ise tortullaşmanın hızlı olması yumruların oluşmasına pek uygun değil-

dir. Güney Afrika ve Güney Amerika yakınlarında bazı bölgeler keşfedilmiş\*: de metaller yönünden yoksuldurlar. (Şekil 2).

Hint okyanusunda Madagaskar ve Krozet çukurluklarında, işletilebilecek potansiyel bölgeler bulunmuştur. Ancak yumruların Ni ve Cu içerikleri genellikle düşüktür. Güney Pasifik'te potansiyel olabilecek güçte, Sosyete, Kuk adaları, Manihiki, Tuamotu platoları ve takım adaları gibi bir çok yöre bulunmuştur.

Kuzey Pasifik bölgesi manganez yumrularını değerlendirme açısından en çok Üzerinde durulan bölgedir. Burada İki tür ayırtedilebilir: Kırmızı killer ve silisli balçık. Her ikisinde de manganez yumruları gözlenmekle beraber silisli balçık yumruları metal içerikleri yönünden çok daha varsıldır. Çizelge 3.

Manganez yumrularının yedekleri ile ilgili bir çok araştırma yapılmıştır. Ancak verilerin yeterli olmaması, yoruma geniş olanak tanımakta sonuçta çok farklı kaynak kesti rim l eri yapılmaktadır. İncelenen bölgelerde öncelikle işletilmesi tasarlanan boş alanlar saptanmıştır. En çok incelenen bölge, 6-20 kuzey enlemleri, 110-180 batı boylamları arasında kalan Klarion-Kliperton kırılma kuşağıdır. (Şekil 4). Bu bölgede öncelikle ele alınması Öngö-

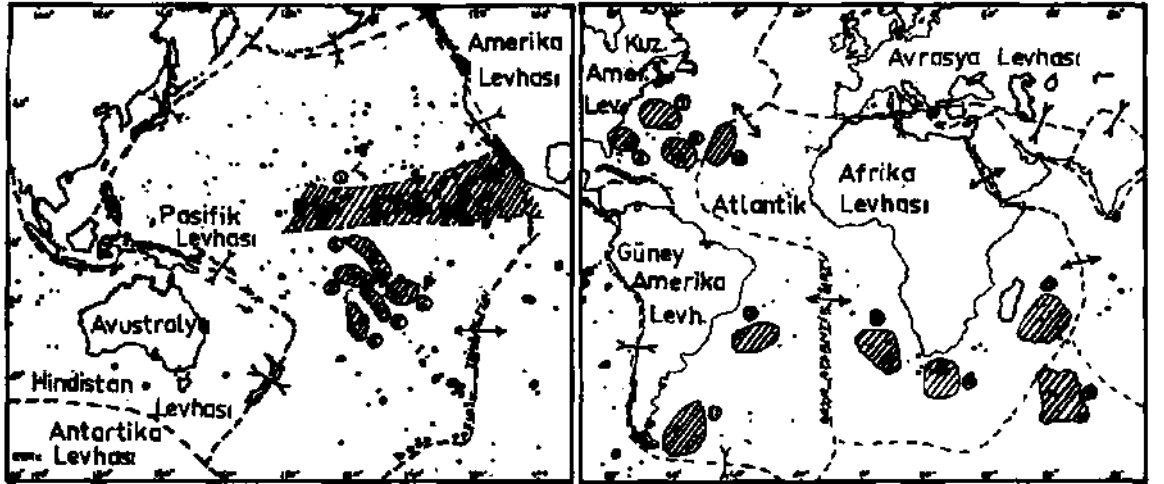
rülen baş alanları a) En az yumru derişimi 10 kg/m<sup>2</sup>, b) Toplam Ni, Cu içeriği % 2.25 - 2.4, c) Sınır derece, toplam Ni, Cu, Co için % 2, d) 25 yıl süreyle yılda 3 milyon t. Üretim yapılabilecek boyutlardadır. Çeşitli kaynaklarca yapılan yumru metal kaynak kestirimleri (Çizelge 5)'te izlenebilir.

### 23. KAPALI DENİZLERDE DİP ÇAMURLARI

Kapalı denizlerden anaerobik koşulların en yaygın olduğu Karadeniz dip balçığında yabana bilginlerin yürüttükleri araştırmaların sonuçları Türk kamuoyunda-geiş yankılar yaptı.

Karadeniz dibinde son 5000 yıl içinde oluştuğu saptanan 1 m kalınlığında bir dib balçığı vardır. Bu balçık tabandan tavana doğru lutit, sapropel ve kokolitten oluşmaktadır. Lutit tatlı su koşullarında, aerobik, kokolit İse tuzlu su koşullarında, anaerobik, oltamda oluşmuştur. Bu çamurun uranyum içeriği de çökelmeye uyumlu gelişmektedir (6).

Lutitler uranyum yönünden çok yoksuldur. Sapropel tabanından, kokolit tavanına doğru uranyum oranı armaktadır. Yanal yönde 18 no. lu Örneklem istasyonundan, Bulgaristan kıyılarına, 35 no. lu istasyona doğru kokolit balçığında, kil oranı artarken kokolit oranı azalmaktadır (6). Koşut olarak



Şekil 4. Başlıca levhalar ve demirli manganez yumrularının dağılımı

1. Kalarion-kliperton kırılma kuşağı 2. İayn adası bölgesi 3. Manihiki plato bölgesi 4. Tuamotu takımadaları bölgesi 5. Sosyete adaları bölgesi 6. Kuk adaları bölgesi 7. Kelvin tepesi bölgesi 8. Bleyk plato bölgesi 9. Kırmızı kil bölgesi 10. Orta-Atlantik-sırtı bölgesi 11. Arjantin derin düzü bölgesi 12. Rio Grande yükselti bölgesi 13. Keyp çukurluğu bölgesi 14. Agulhas plato bölgesi 15. Madagaskar çukurluğu bölgesi 16. Kroset çukurluğu bölgesi

çamurun uranyum içeriği de düşmektedir (Çizelge 5). Diğer kapalı deniz (Baltık Denizi, Norveç Fiyortları vb.) örneklerinden de bilindiği gibi, uranyum planktonlara bağlılığı Karadeniz dip balçığında da geçerli gözükmemektedir. Özellikle kokolitlerin, Karadeniz sularındaki ortalama 3 g/1000 t  $U_3O_8$  yapılarında tutarak biriktirdikleri anlaşılmaktadır.

Degens ve arkadaşları araştırmalarında (6) 1 m kalınlığındaki balçığın toplam ağırlığı  $3.7 \times 10^{17}$  g, bu balçık  $1000^\circ C$  yakıldığında elde edilecek kül  $7.4 \times 10^{16}$  gr, külün de ortalama 90 g/t  $U_3O_8$  içerdiği varsayarak, Karadeniz dip çamurlarında 6.7 milyon ton olası  $U_3O_8$  potansiyel kaynağı öne sürmektedirler. Oysa ki çizelge 6 da görülen ve bu araştırmacıların çalışmasından alınan sonuçlara bakılırsa en yüksek değer 94 g/t dur. Ortalama alınırsa 53.5g/t, ağırlıklı ortalama alınırsa 4S.8 g/t'luk bir değer bulunur.

Karadeniz balçığının, yalnız üstteki kokolit balçığı içindeki potansiyel kaynağı düşünmek bugünkü madencilik tekniği açısından daha uygundur. Kokolit balçığın kalınlığı ortalama 25 cm kabul edilirse  $9.25 \times 10^{16}$  gr. balçık, % 65 su kaybı ve 48,5 g/t  $U_3O_8$  varsayıldığında 1.4 milyon ton  $U_3O_8$  eşdeğerli potansiyel kaynağın varlığından söz edilebilir.

#### 2.4. DENİZ SUYU MİNERAL KAYNAKLARI

Deniz suyunda altmış dolayında ögenin çöze İd iğ i bilinmektedir. Suyuvar oylumu yaklaşık 1.4 milyar  $km^3$  tür. Başlı çaları NaCl, Mg, Br, vb .d ir. Bazı öğelerin deniz suyundaki oranı çizelge 7 de görülmektedir. Deniz suyunu buharlaştırma yoluyla en çok tuz (NaCl) elde edilir. Tuz üretimine uygun kıyıları aşağıdaki özellikleri taşımaktadır.

1. Deniz suyunun tuz içeriği doğaldan yüksek
2. Sıcak, kurak iklim, kuru rüzgarlar
3. Deniz düzeyinde veya aşağısında, geçirgen olmayan toprakla örtülü, akarsu I ara kapalı düzlükler
4. Buharlaşma sürecinde yok denecek kadar az yağış
5. Pazarlara yakınlık

Ülkemizde bu koşulları az çok yerine getiren İzmir Çama İt ı İşletmesinde Türkiye'nin gereksiniminin büyük çoğunluğu sağlanmaktadır.

Türkiye'nin dışında ABD, Çin, Hindistan, Japonya, Filipinler ve diğer bazı ülkeler deniz suyundan tuz üretmektedirler. SSCB ve İsveç gibi Ülkeler de deniz suyunu dondurarak tuz üretmektedirler. Buz hemen hemen arı sudan oluşmakta kalan tuzlu kısım süzülmemektedir. Birbiri arı dondurma evrelerinden geçirilerek yeter derecede deriştirildikten sonra, ısıtılarak kuruluğa kadar buharlaştırılmaktadır.

Bromun denizden üretilmesi, benzine katılan etile ndib rom tüketiminin artmasıyla başlamıştır.  $H_2S_0_4$ , Cl ile karıştırılan deniz suyuna hava liflenmektedir. Klor çözüniür bromürleri uçucu brom indirgemekte, asitle klorun hidrolizini önlemektedir. Hava, brom buharlarını soda küllü soğurucu kulesine sürükler ve orada brom doyunlaşan çözelti  $H_2S_0_4$  ile tepkinme ye karışım buhar kolonuna gönderilir. Annan brom cam veya seramik kaplarda yoğunlaştırılır. Son ürün % 99.7 Br içerir. Son zamanlarda sodyum bromat ve bromürler  $S_0_2$  ve hava karışımı İle buhar kolonuna gönderilmeye başlanmıştır. Bu işlerde brom hidrobromik asit biçimindedir. Sonraki evrede bazı kolaylıklar sağlamakta ve verimi arttırmaktadır. Verim % 90 dir. Brom üretebilecek bölge dikkatle seçilmelidir. Deniz suyu çok tuzlu, türdeş ve sıcak olmalı, organik madde, arındırma kuruluşu artıkları deniz suyuna karışmamalı, yağışı çok az akarsulara kapalı bölge olmalıdır.

Deniz suyundan metalik Mg, MgO,  $Mg(OH)_2$  ve  $MgCl_2$  üretimi oldukça yaygındır. Metalik Mg eldesi için deniz suyu süzülmür ve kireç kaymağı ile tepkimeye sorularak  $Mg(OH)_2$  çamuru oluşturulur. Çamur geniş dinlenme havuzlarına pompalanarak  $Mg(OH)_2$  çöktürülür.  $Mg(OH)_2$  süzüldükten sonra HCl de çözümlenir.  $MgSO_4$  ilavesiyle Ca jips biçiminde çöktürülür. Çözelti deriştirilir ve % 50  $MgCl_2$  içerdiğinde  $170^\circ C$  ye ısıtılır ve önceden kurutulmuş katı MgCl üzerine püskürtülür. Çözücü buharlaşır ve  $MgCl_2$  çöker. Katı kurutulur ve elektroliz gözesine beslenerek Mg metali elde edilir. Verim % 85-90 dir.

Deniz suyunda magnezyum bileşikleri eldesinde, deniz suyu kalsine dolomitte karıştırılır ve koyulaştırdı larda  $Mg(OH)_2$  biçiminde çöktürülür. Çö-



kelti alınır, yıkanarak çözünen katkılarından arındırılır ve süzülerek su oranı % 50 ye düşürülür. Bu pastanın bir bölümü pazarlanır. Kalanı kalsine edilerek çeşitli derecelerde MgO üretilir.

### 3. DENİZEL MİNERAL KAYNAKLARININ EKONOMİSİ

#### 3.1. DENİZEL MANGENEZ YUMRULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir yatağın değerlendirilmesi, öncelikle büyüklüğü, derecesi ile ilgili kestirimlerin sağlamlığına bağlıdır. Mangeneze yumruları yayılımı 2 boyutlu olduğundan, birim alana düşen yumru ağırlığı ve yumruların yayıldığı alan, ortalama metal içerikli, dereceleri, kaynak kestirimlerinin başlıca ölçüleridir. Bu Ölçüleri saptamadaki duyarlık nedir? Bu soruyu yanıtlarsak, çizelge 7 de gösterilen kaynak kestirimlerinin güvenilirliği kavranabilir.

Denizel mangenez yumruları kaynığını saptamada kullandığımız ölçülerde, üç önemli belirsizlik vardır:

1. Örneklemeye yapan tarağın veya kovanın, taradığı alan içinde gerçekten varolan yumruların ne kadarını toplayabildiği (tarama verimi)
2. Tarağın veya kovanın yumruların dağıldığı alanın ne ölçüde süpürebildiği (süpürme verimi)
3. Her örneklemede çıkarılan yumruların yerinde ağırlığı ile kuru ağırlığı arasındaki oranın değişimi

Tarama ve süpürme verimleri deniz dibinin eğimi, engebeliği, taban tortullarının fiziksel özelliklerine, yumruların çapına, tarama hızına bağlıdır. Tarama ve süpürme verimlerinin sırasıyla % 30-85 ve % 40-75, genel verimin % 12-65 arasında değiştiği kestirilmiştir (15, 19). Numune alma tekniği ve yöntemleri son zamanlarda fotoğrafı, sonar, lazer yöntemleri yardımıyla bir derecede geliştirilmiştir. Ancak daha öncede belirttiğimiz gibi yumruların bileşiminin önemli ölçüde değişmesi, üzerinde durulması gereken bir konudur. Çizelge 6 bu belirsizliklerin doğurduğu durumu çok iyi yansıtmaktadır. Değişken girdilerin Monte Karlo tekniği ile toplandığı 1000 projenin bilgisayarla modeltenmesinde, % 50 olasılıkla, yumru derişiminin 10 kg/m<sup>2</sup>, genel verimin % 85, Cu % 1.2, Ni % 1.5 dola-

yında olacağı hesaplanmıştır (11 a). Bu da kaynaklar açısından riskin en az % 50 olacağıdır.

Diğer yönden madencilik teknolojisi açısından da bazı sorunların çözülmesi gerekecektir. Bunları 4 ana kümede toplayabiliriz.

- a. Doğal koşulları: Fırtınalar, dalga yüksekliği, akıntılar, çoğu zaman çalışmayı güçlendirecek iş günü kaybına neden olacaktır. Geminin manevra yeteneği kısıtlanacak, halat hortumun denetimi zorlaşacaktır.
- b. Su derinliği: Su derinliği arttıkça, halat veya hortumun ağırlığını artıracak, dolayısıyla vinç ve pompalama enerjisi artacaktır. Yumruların gemiye taşınma süresi uzayacak tarama süresi kısıllacaktır. Madencilik donanımı ağırlaşınca aynı üretim için daha büyük gemi gerekecek aynı hız daha büyük motor gücüyle sağlanacaktır. Su içinde donanımın sürütmesi artacağından tarağın deniz dibiyle zaman zaman dokunumu kesilecektir. Derinliğin değişmesi de çözümü gereken diğer bir güçlüktür.
- c. Deniz dibi koşulları: Yumruların balçığa gömülü olması, derişimin 5 kg/m<sup>2</sup> az olmama koşulunu yerine getirme güçlüğü. Taban balçığının fiziksel özelliklerine bağlı olarak tarağın batma oranı. Kayalık, uçurum v.b. doğal engeller.
- d. Deniz dibi yaşamı: Yumru madenciliğinin deniz dibi yaşamında\*\* dengeyi bozacağı açıktır. Bu nedenle boş alanların tümü işletilemeyecek, deniz dibi yaşamının devamını sağlamak için boş alanlar bırakılacaktır.

Bu sorunları çözümlemede başta da belirttiğimiz gibi yoğun deneme çalışmaları yapılmaktadır. Sürekli halatlı kova, hidrolik tarak gibi geliştirilmiş madencilik donanımı pilot çapta üretim denemesine sokulması bu yıl çeşitli kurumlarca planlanmıştır. Çizelge 8 de böyle bir donanımla ilgili bilgiler görülmektedir (23).

Yumru madenciliğinin ekonomikliğini değerlendirmede, gelecekte kara madenciliğinde aynı metallerin fiyat değişimini göz önüne almalıdır. Uluslararası gelişme stratejisine göre Leotlof'in Ni ve Cu m 1990 ve 2000 yıllarındaki olası fiyatları ile ilişkin iki ayrı kestirim çizelge 9 da gözlenmektedir.

Senaryo X düşük yedekleri senaryo H ise potansiyel yedekleri de göz önüne alınarak düzenlenmiştir. 1970 e göre 1990 da Cu fiyatları yavaş yavaş artarken Ni fiyatları 4 kez büyüyecektir. 2000 yılında ise senaryo H'nin yüksek global yedekleri, Ni fiyatlarını, senaryo X göre % 42.9 Cu fiyatlarında ise % 56.5 daha düşük gerçekleşmesini sağlayacağı kestirilmektedir. Bu fiyatların saptanmasında deniz dibi yumru madenciliğinin etkisi düşünülmemiştir. Ancak bu fiyat sıçramaları nedeniyle kara madenciliğinde atıl potansiyelin. Ni örneğinde Ni li latent lerin, ekonomik olarak işletilebileceği, global ekonomi açısından denizaltı yumru işletmeciliğinin pek güvenilir olmadığı söylenebilir. Diğer taraftan yumru madenciliğinin kabul edilebilir risk sınırları içinde ekonomik olacağını ileri sürenler de az değildir. Çizelge 10 yumru madenciliği ile ilişkili son maliyet kestirimlerini vermektedir (5).

Görüldüğü gibi kestirimler büyük aralıklar içinde salınmaktadır ve önümüzdeki yıllarda maliyetin 1 milyon doları aşması beklenir. Diğer yönden Cu fiyatları çok değişmekte ve gelecekteki durumunu kestirmek güçleşmektedir. Alınacak vergi oranlarında bilinemediğinden, % 10-15 geri ödeme oranı ve 7 yıl ortalama geri ödeme süresi değişebilecektir. Yapılan kestirimlere göre 3 milyon ton/yıl üretim gerçekleşirse, yılda 36600 t Ni, 31700 t Cu, 3390 t Co üretilebilecektir. Bunun çekiciliğine kapılan birçok kişi olumsuz yönlerine karşın deniz dibi yumruları madenciliğini savunmaktadır. Arındırma yönünden de yapıyan çalışmalar çok olumludur. Birçokları mangenez dışındaki metalleri kazanmayı düşünmektedirler. Mangenezin kazanılmak istenmesi ilk yatırımı ve işletme masraflarını arttırmaktadır (2, 10, 11).

UNCTAD'ın Ni, Cu, Co, Mn pazarı ile ilgili geliştirdiği 4 ayrı eko no metrik modelde varılan sonuç, deniz ÜİDİ madenciliğinden ötürü doğan ek üretimin, aynı öğelerin üreticisi durumundaki gelişmekte olan ülkelerin potansiyel kaybına yol açacağıdır. Aynı kaynak 1980 yılına kadar enaz 1'e çok 20 kurumun 1 milyon t/yıl sıra ile üretime geçebileceğini kestirmiştir ki abartmalı olduğu bugün anlaşılmaktadır. Ancak 1983 yılında üretime geçilebilecektir.

İrdelemelerimiz ışığında, oldukça riskli gözükten denizdibi yumru madenciliği, neden dev kuruluşların ilgisini bu derece çekmektedir? Yanıtları şöyle sıralayabiliriz. Yumruların sunduğu potansiyel

kaynak çok büyüktür. Ortalama % 1.3 Ni, % 1.1 Cu yanında Co, Mn ve diğer iz öğeleri içermektedir. Yumrular doğrudan gözlenebileceğinden arama ve geliştirme verimi kara madenciliğinden daha güvenlidir. İşletme veriminin ilerle artması olasılığı üretimi çok arttırabilir. Deniz dibi madenciliğini denetimle yetkili uluslararası kuruluş etkinliği göstermezse, -ki beklenmesi doğaldır, deniz dibi madenciliği çok karlıdır. Karasal kaynaklar zorlanmadan, yeni bir kaynağa geçme hazırlıklarını tamamlamak yararlıdır. Petrole benzer bir durumun önlenmesi amaçlanmaktadır. Cu, Ni, v.b. metallerin fiyatlarını denetleme olanağı sağlar ve kuruluşlara ve devletlere pazarlık gücü kazandırır.

Deniz dibi madenciliğine yasal durum da henüz açıklığa kavuşmamıştır. Birçok sorun uluslararası toplantılarda çözümlenememiştir (3, 7, 23). Ulusal yetki alanları uluslararası bölgelerle ilişkili çok değişik görüşler vardır. Bunların yakın gelecekle bağdaştırılması oldukça güçtür. Deniz dibi mangenez yumrularının işletme devresine girdiğinde gelişmekte olan ülkelerce kapatılması veya üretimin uluslararası yetkili bir kurulca denetlenmesi önerilmektedir. Ancak böyle bir kurumun yasal gücünün nasıl sağlanacağı belirgin değildir. 200 m, 3000 m derinlik veya kıyının 200 deniz mili açığı gibi ölçütler, ulusal yetki alanlarında önemli değişiklikler yapmaktadır. Yumruların bir bölümünü ulusal yetki alanları içine sokmaktadır. Çizelge II de yetki alanı büyüklüğü açısından ilk sekiz ülke gösterilmektedir (22).

İnsanlığın mirasının nasıl paylaşıldığı açıkça anlaşılmaktadır. Gelişmiş ülkeler topraklarına denizlerden yeni topraklar kazandırmaktadırlar.

Kızı İdeniz ve Orta Atlantik Sırtı mineral kaynakları üzerinde, gerek araştırma geliştirme, gerekse değerlendirme yönlerinden yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Çoğunlukla bilimsel amaçlıdır. Şimdilik bu çamurlardan metal eldesi yöntemlerini geliştirme araştırmalarına yönelinmiştir. Çizelge 12 de yumru ve çamurlardan metal elde etme yöntemleri belirtilmektedir (10, 11, 14, 23).

Karadeniz dib balçığındaki uranyumun değerlendirilmesine ilişkin yapılacak kestirimler, sınırlı verilerle kaba bir yaklaşımdır. Değerlendirme açısından konuya girmeden önce, uranyum açısından Karadeniz dib balçıkları kadar yankı yapmayan bazı kaynaklara değinmek isteriz. Yapılan tarama ge-

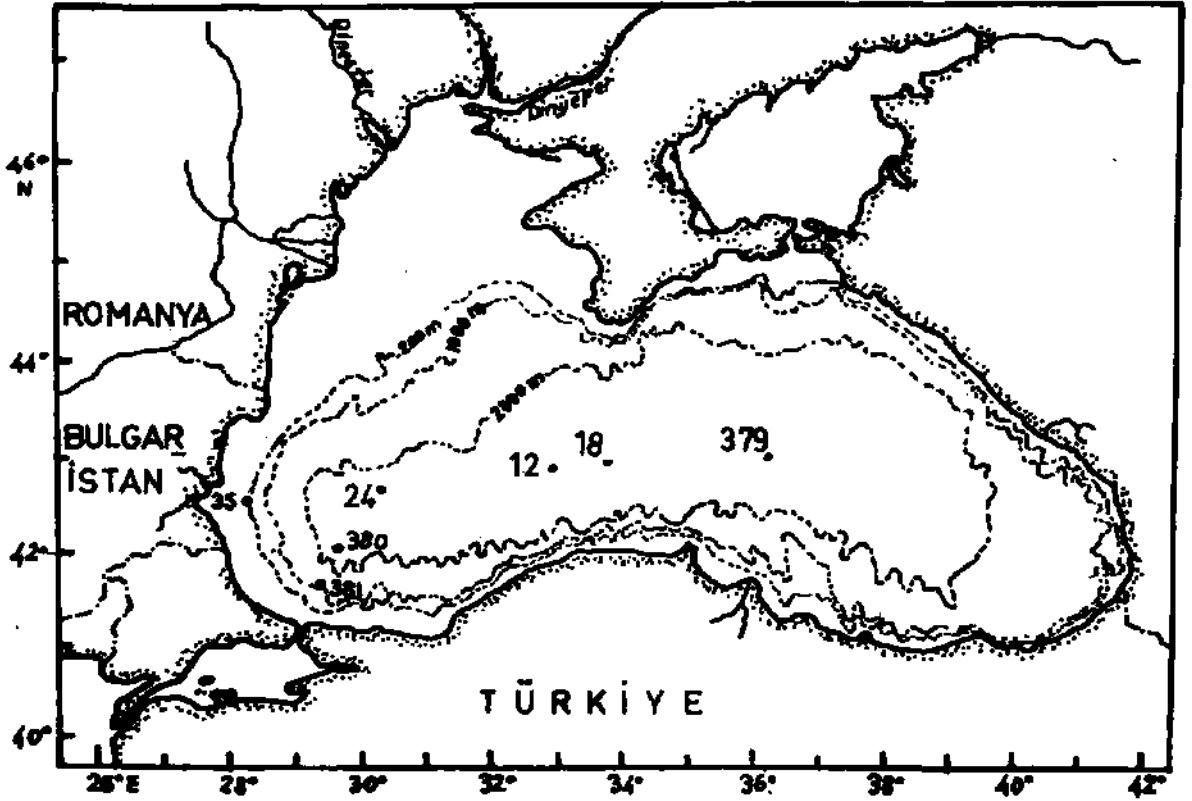
Üşmesinde ülkemizdeki bazı bölge linyitlerinin kül-  
lerinin uranyum içerikleri ortalaması Karadeniz  
balçığındakinden daha yüksektir. Örneğin, Kütah-  
ya-Gediz 176 g/t; Aydın-Söke 89g/t;Sivas-Kangal  
74 g/t; Muğla-Yatağan 64 g/t; Şırnak 98 g/t  
 $U_3O_8$  içermektedirler. Olası potansiyel kaynak  
9000 t  $U_3O_8$  dir (18). Ayrıyeten Türkiye fosfatla-  
rında 60-68 g/t, (4), üretilen fosfatlı asit içinde ka-  
zanılabilecek 70-160 g/m<sup>3</sup>, (16),  $U_3O_8$  saptanmış-  
tır.

Karadeniz çamurunda ki uranyumun değerlendiril-  
mesi ile ilgili bazı kuramsal İncelemeler başlamış-  
tır. V. ALTIN ve arkadaşları çalışmalarında uran-  
yumlu balçığın madenciliği ile ilgili olarak İki yön-  
tem Önermektedirler: 1. Karadan uzatılacak hortumla emme, 2. Havalı kaldırma (air-lift) (1). Ka-  
nımıza göre birincisinin uygulanması hemen hemen  
olanaksızdır. Çünkü 100 t/yıl  $U_3O_8$  ürettiğimizi  
varsayarsak  $U_3O_8$  elde etme verimi % 90, balçığın  
yoğunluğu 1.25, ortalama su oranı % 65 tarama ve  
emme verimi % 20, ve kurutulmuş çamurun 100  
g/t  $U_3O_8$  içerdiğini varsayarsak bir yılda taranması  
gerek alan 13 km<sup>2</sup> olur ki kıyıda platformlar  
üzerinde hortumla emme yöntemiyle bu alanı tara-

mak, enerji kayıpları, zaman kaybı ve platformla-  
rın yerini sık sık değiştirmek zorunluğu açısından  
olanaksızdır.

Havalı kaldırma sistemi basit bir sistemdir. Emme  
başlıkları gerektirmez. Hortum derinliğinin % 60  
ında hava basan kompresör, hortum içindeki akış-  
kanın yoğunluğunun düşürür ve akışkan yukarı  
hareket eder, doğan boşluğu hortumun tabanında-  
ki çamur doldurarak yükselir. Basınçlı hava mali-  
yeti derinlikle üstel arttığından bu yöntem sığ de-  
rinliklerde uygulanabilir. Derin deniz madencili-  
ğinde pahalı bir sistemdir.

Böyle bir ortamda uygun madencilik donanımın-  
dan biri sürekli halatlı sıyrılmalı kova yöntemi ola-  
bilir. İki kova gemiye monte edilmiş vince bağlı,  
iki ayrı halata veya ayrı halatın iki ucuna bağlı  
olarak devinirler. Kovalardan biri İnerken diğeri  
çıkart, böylece taşıma süresi yarıya inmiş olur. Ko-  
va hızı 800-1000 m/dak. arasında değişebilir. Ko-  
va hacmi 40 m<sup>3</sup>, dolma verimi % 65 kabul edilirse  
9 t/dak 10.800 t/gün üretim yapılabilir yılda 300  
gün çalışılırsa 32 milyon ton çamur çıkarılabilir.  
6000 t luk iki gemi ile bu çamur kıyıya taşınabilir.



Şekil 5. Karadeniz örnekleme istasyonları

100 t/yıl U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> elde edilebilir. Artık, çimento ham özdeği (maddesi) olarak kullanılabilir.

Diğer bir sistem emmeli hortumdur. Geçişli (bypass) tulumbalarla çamur yukarı basılır (9). Emme yüksekliği su içinde 10 m olduğundan su kaynağı bu nedenle ancak 8 m olabilir. Ve her pompa 80 m derinlikten çekebilir (13). Sürtünmeler nedeniyle enerji gereksinmesi büyüktür. Sistemi dengelemek için dalga etki alanının altına bir yüzdürücü indirilir ve donanım buna bağlanır, böylece dalga etkisinin hortuma iletilmesi önlenmiş olur.

Geliştirilmekte olan daha birçok sistem vardır. Bunların hangisinin kullanılması gerektiği ancak uygulanabilir evresinde saptanabilir. Bunun için Karadeniz çamurlarında araştırmaların geliştirilmesi ve bu konudaki bilgilerimizin birikiminin sağlanması kaçınılmazdır.

Deniz suyunda da metalleri elde etme üzerinde bilimsel çalışmalar yürütülmektedir. Akıntılı bölgelerde örneğin İstanbul ve Çanakkale boğazlarında İyon değiştirici reçine ile doldurulmuş kaplarda çeşitli metalleri biriktirmek ve üretmek olasıdır. Diğer yönden yine aynı bölgelerde pihtisat öğeleri süzmek yoluyla kazanma araştırılabilir. Antalya yöresinde kurulması tasarlanan Nükleer güç santrali soğutma suyunu denizden sağladığı taktirde birçok metal ek kuruluşlarla üretilebilir.

#### 4. ÖNERİLER

1. Ulusal Denizel Kaynakları Arama ve Değerlendirme kurumu kurulmalı ve bugün varolan arama gemilerinin tümü bu kurumun emrine verilmelidir.
2. Bilinen kıyı ardı kısıtlı yataklarının kıyı önündeki uzanımları ivedilikle araştırılmalıdır, özellikle Samsun-Ordu arası.
3. Deniz dibi örnekleme çalışmalarına hemen başlamalı, araştırıcı kuruluşların araştırma gücünden Çim yararlanabilmesi için eşgüdüm sağlanmalıdır.
4. İstanbul ve Çanakkale boğazlarında deniz suyundan öğeleri kazanma yollarının bilimsel açıdan araştırılmasına başlanmalıdır.
5. Nükleer güç santrali kurulurken seçilecek sistem deniz suyundan metal eldesi olanaklarını da

gözönünde tutmalıdır.

6. Akdeniz kaynaklarını araştırmada etkin tutum izlenmeli, gelişmekte olan Akdeniz çevresi ulusları işbirliğine çağırılarak, bu ulusların ortaklaşa destekleyecekleri, Uluslararası Akdeniz Araştırma Kurumunun kurulmasına önderlik edilmelidir.
7. Bugün riskli gibi gözükmekte olan, deniz dibi mangenez yumruları işletme girişimindeki uluslararası madencilik birliklerine Etibank'ı ortak etme yolları araştırılmalıdır.

#### KAYNAKLAR

1. ALTIN, V., ENGİNEL, B.T., BORAK, F., Green M.D., SANCAKTAR, S., Karadeniz Dip Çamurundaki Uranyumun Değerlendirilmesi, Türkiye Genel Enerji Kongresi 1978 1. s. 384-390.
2. ATEŞOK, G., Denizsel Manganez Yumruları, İTÜ Dergisi, 1977, No:4, s. 1-13.
3. BRANCO, P.M., At UN conference, concerned query the effects of ocean mining, E/Mj, Vol. 175, 1974, s. 37-38.
4. BÜRKÜT, Y. Güneydoğu Anadolu Fosfat Cevheri İçinde Bulunan Bazı İz Elementlerin Tayini ile İlgili Çalışmalar, İTÜ Dergisi, 1977, No: 4, s. 26-32.
5. CHACKO, E., The Economics of Deep Sea Nodules: An Appraisal of Recent Estimates, Natural Resources Form, Vol. 2, No. 2, 1978, s. 133-147.
6. DEGENS, E.T., KHOO, F. MICHEUS, W., Uranium anomaly in Black Sea sediments, Nature, Vol. 269, 1977, s. 566-570.
7. DEMİRİSOY, S., Deniz Plaserlerinin Ekonomik Jeolojisi, Madencilik, Mayıs 1971 ve Deniz Hukukunda Yeni Gelişmeler ve Madencilikle İlişkisi, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik III. Kongresi Kitabı, 1973, s. 61-93.

8. G.FRIEDRICH ET AL, Studies on the Geochemistry and Genetic Interpretation of Mangnese Nodule Deposits, Natural Resources and Development, Vol. 6, 1977, s. 17-26.
9. GÖKTEKİN, A., Denizdibi Maden Yatakları, önemleri, Oluşumları ve İşletilmeleri, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik III. Kongresi Kitabı, 1973, s. 299-313.
- 10.HAN, K.H., FUERSTENAU, D.W., Acid leaching of ocean mangnese nodules at elevated temperatures. International journal of Mineral Processing, Vol 2, No. 2, 1975, s. 163-173.
- 11 .HOOVER, M., HAN, K.H., FUERSTENAU, D. W., Segregation roasting of nickel, copper and cobalt from deep-sea mangnese nodules, International journal of Mineral Processing, Vol 2, No. 2, 1975, s. 173-187.
- 11 a. LAMPIETTI, F.J., MARCUS, L.F., Computer model predicts acceptable risk for commercial nodule mining projects, E/MJ, 1974, Vol. 175, No: 7, s.53-60.
- 12.LOCKWOOD, G.S., Engineering aspects of mineral recovery from the ocean floor, Mining Engineering, Vol 16, No. 8, 1964, s. 45-50.
- 13.MERO, J .L., The Mineral Resources of the Sea, Elsevier Oceanography Series, 1965.
- 14.NEUSCHÜTS, D., SCHEFFLER, U., Hydrometallurgical Treatment of Metalliferous Muds from the Red Sea, Natural Resources and Development, Vol. 7, 1978, s. 61-74.
- 15.ODUNTOP, NA, Metal Resources of Deep Sea Nodules, Natural Resources Forum, Vol. 1, No. 3, 1977, s. 285-299.
- 16.ÖNAL, G., Türkiye Fosforik Ash Tesislerinde Yan Ürün Olarak Uranyum Üretimi, Türkiye 3. Genel Enerji Kongresi, 1978, 1. s. 727-737.
- 17.ÖZPEKER, I., Maden Yataktan Ders Notu, İTÜ Maden Fakültesi.
- 18.ÖZPEKER, I., MAYTALMAN, D., KURAL O., Bazı Kömür Küllerinin Uranyum İçerikleri, Türkiye 3. Genel Enerji Kongresi, 1978, 1. s. 80-96.
- 19.PAL, M.L., Issues in Deep-Sea Resource Assessment, Natural Resources Forum, Vol. 2, No. 4, 1978, s.385-391.
- 20.RONA, P.A., Levha tektoniği ve Maden Yatakları (Çeviri), MTAYayınlan, 1977, s. 119.
- 21.RONA, PA., Plate Tectonics and Mineral Exploration, Natural Resources Forum, Vol. 1, No. 1, 1976. s. 17-29.
- 22.ROSS, D.A., Introduction of Oceanograph, 1977, Printice Hall.
23. TINSLEY, C.H., Nodule miners deady for prototype testing, E/MJ, Vol. 178, No: 1, 1977, s. 80-82.
- 24.WILSON, T.A., Under sea.Mining, Part 1, E/MJ, Vol. 166., No: 5, s. 81-89, Part 3, E/MJ, Vol. 166, No: 7, s. 62-68.

## ÇİZELGE 1

Birlikler	Ortaklar	Etkinliği
Okyanus Madencilik Birliği	Derin Deniz Risk Ortaklığı yönetiminde; US Steel, Union Minière, Tenecco, ( Bir bölüm Japon şirketi), ve özel kişiler, her ortağın payı % 23.75	Bir maden taşıyıcısını donatarak, yaklaşık 1/5 ölçekli madencilik gemisi denemesi.
Okyanus Yönetim Ortaklığı	INCO, AMR (Bir bölüm Alman şirketi) DOMCO (Bir bölüm Japon şirketi) ve SEDCO (USA). Her ortaklığın payı % 25.	R/V Valdivia ile arama programı tamamlandı. SEDCO 445 ile geniş çaplı denemeler bitirilecek, derin deniz denemeleri başlatıldı.

Kennecott Kümesi	Kennecott Copper Corporation (% 50), RTZ (% 10), Consolidated Gold Fields (% 10), Mitsubishi (% 10) Norando Mines (% 10) ve BP (% 10).	1979 yılında geniş çaplı deniz denemeleri planlandı.
Okyanus Mineralleri Şirketi	Lockheed Missites and Space Company, Amoco Mineral Company (Standart Oil of Indiana'nın yan kuruluşu). Bill i ton International Metals (Royal Bute h/S heel in yan kuruluşu). Bos Kalis Weistminster (Hollanda).	Glomar Explorer veya başka bir gemi kullanarak 1978 de başlangıç madencilik denemeleri, deneme üretim kapasitesi, planlanan üretiroin % 20-25 i.
Fransız Kümesi A.F.E.R.N.O.D	CIMEXO, CEA, SMN/SLN, Chantiers France/Dunkerque BRGM	Denizel yumruların işletilmesinin uygulanabilirliği ele alınmıştır. Arama, madencilik çalışmaları pilot tesis denemeleri büyük ölçüde bitirilmiştir. Değerlendirmeler ve deniz madenciliği sorunları ele alınacaktır.

#### ÇİZELGE 2 Pasifik Mangenez Yumrularının İçerikleri (Kuru Tartım)

%ÖĞE	ORTALAMA	Maksimum	Minimum
Manganez	22.4	50.1	8.2
Demir	14.0	26.6	2.4
Silis	9.4	20.1	1.3
Alüminyum	2.9	6.9	0,8
Sodyum	2.6	4.7	1.5
Kalsiyum	1.9	4.4	0.8
Magnezyum	1.7	2.4	1.0
Nikel	0.99	2.0	0.16
Potasyum	0.8	3.1	0.3
Titanyum	0.67	1.7	0.11
Bakır	0.53	1.6	0.028
Kobalt	0.35	2.3	0.014
Baryum	0.18	0.64	0.08
Kurşun	0.09	0.36	0.02
Stronsyum	0.081	0.16	0.024
Zirkonyum	0.063	0.12	0.009
Vanadyum	0.054	0.11	0.021
Molibden	0.052	0.15	0.01
Çinko	U.047	0.08	0.04
Bor	0.029	0.06	0.007
İtriyum	0.016	0.045	0.033
Lantan	0.016	0.024	0.0009
İterbiyum	0.0031	0.0066	0.0013
Krom	0.001	0.007	0.001
Galyum	0.001	0.003	0.0002
Skandiyum	0.001	0.003	0:001
Gümüş	0.0003	0.0006	0.000004

ÇİZELGE 3 Bölgelere Göre Manganez Yumrularının Ortalama İçerikleri

Bölge	% Ni	% Cu	% Mn	% Co
Kuzey Pasifik Silisli Balçık	1.28	1.16	24.6	0.23
Kuzey Pasifik kırmızı k. <sup>ll</sup> er	0.76	0.49	18.2	0.25
Güney Pasifik derin düzlük	0.51	0.23	15.1	0.34
Güney Pasifik yükseltisi	0.41	0.13	14.6	0.78
Kuzey Atlantik	0.38	0.15	14.2	0.34
Güney Atlantik	0.48	0.15	18.0	0.31
Hint Okyanusu	0.50	0.19	14.7	0.28

ÇİZELGE 4 Bir yumrucuğun kimyasal bileşiminin değişimi

Ölçme Noktası	Fe	Mn	Ni % Ağırlık	Co
1	0.1	0.5	—	—
2	2.4	44.5	2.3	0.7
3	1.1	43.8	1.6	0.5
4	2.3	50.1	1.3	0.5
5	2.1	18.2	1.2	0.2

ÇİZELGE 5 Yumruların metal yedekleri kestirimi

Araştırmacı	Teknik	Metaller	
		Ni	Cu
Mero (1972)	Global kestirim	14700	7900
ABD Ulusal Bilimler Akademisi (1975)	1. Jeolojik denetim 2. Etki alanı		1000 300
ABD Madencilik Bürosu (1975)		420	360
Archer (1975)	1. Global kestirim 2. Boş alanlar	98 42	80 34
ABD Okyanus Maden Dairesi	1. Global kestirim 2. Boş alanlar	170 72	138 58

ÇİZELGE 6 Karadeniz Dip Balçığında  $U_3O_8$  İçeriğinin Değişimi

İstasyon No	Örnek	Derinlik	Ağırlık Kaybı %(100°C)	$U_3O_8$ g/t	Kızdırma Kaybı (1000°C)	$U_3O_8$ gAon
18	Kokolit Balçık	4 cm	68.7	55.0	80.5	94.3
	Ko ko l it Balçık	21 cm	66.0	59.7	76.7	47.2
	Sapropel Tavan	30 cm	65.5	23.4	74.6	173
	Sapropel Taban	85 cm	71.0	15.7	81.9	55.1
	Lutit	100 cm		2.4		
12	IÇokolit Balçık	10 cm	61.9	35.4		
24	Kokolit Balçık	4 cm	66.5	28.3		
35	Kokolit Balçık	30 cm	58.4	15.0		

ÇİZELGE 7 Deniz suyunda bazı öğlerin oranı

Öğe	Miktar 1000 t/km <sup>3</sup>	Denizlerdeki Toplam Miktar (t <sup>1</sup> )
Tuz	30000	$42 \times 10^{15}$
Mg	1500	$21 \times 10^{15}$
Br	73.4	$0.1 \times 10^{15}$
Fe	0.1	$16 \times 10^9$
Se	0.05	$6 \times 10^9$
U	0.03	$5 \times 10^9$
Cu	0.03	$5 \times 10^9$ /
Ni	0.02	$3 \times 10^9$
Mn	0.02	$3 \times 10^9$
Au	4.8 kg/lcm <sup>3</sup>	$6 \times 10^6$

ÇİZELGE 9 Ni ve Cu normalize fiyatları

dolar/t	1990	2000		
	Senaryo X	Senaryo H	Senaryo X	Senaryo H
Ni	4000	4000	7000	4000
Cu	1092	1111	2842	1239

ÇİZELGE 8 Sürekli halat 11 kova donanımının ekonomisi (dolar)

Günlük Harcamalar	1.5 milyon dolar	Günlük üretim	10000 t/gün
Üretim denemeleri	10 milyon dolar	İşgünü	300
2 Une 1000001, luk	70 milyon dolar	Halat hızı	1 m/sn.
Cevher taşıyıcı		Mad. güç gereksinimi	4000 kws
2 tane SHK donanımı	20 milyon dolar	Taşıma süresi	20 gün
Aritma kuruluşu	160 milyon dolar	Taşıma uzaklığı	2400 km
Mad. ve taşıma gideri	10 dolar/t (yaş)	Yumru derecesi (kuru)	% 1.5 Ni
Aritma gideri (değişken)	20 dolar/t (kuru)		% 1.25 Cu
Üretim	3 milyon t (yaş)		% 0.25 Co
	2 milyon t (kuru)	Kazanma verimi	%90
		Fiyatlar Ni	5.5 dolar /kg,
		Cu	1.75 dolar/kg
		Co	11 dolar/kg



ÇİZELGE 10 Yumru Madenciliğinde Maliyet Kestirimleri

Milyon dolar (1977) Milyon t/yıl	Moncrieff/ Smale-Adams (1974)	Wright (1976)	Tihslay (1976)	Shaw (1977)
Arama			20	
Araştırma+Geliştirme	105	125	60	90
Madencilik donanımı			44	
Aritma kuruluşu	440	565	120	511
Toplam yatırım	545	690	244	601
1 işletme anamalı	40	50	20	85
İşletme maliyeti	135	165	70	200
	3	3	1	3

ÇİZELGE 11 Ulusal Yetki Alanlarının Değişimi

Ülke	200 m derinlik	3000 m derinlik	Kıyının 200 deniz mili açığı
ABD	1871	2959	7621
Arjantin	796	1660	
Avustralya	2269	4958	7007
Brezilya	769		
Çin	789		
Endonezya	2777	4218	5410
Japonya			3862
Kanada	2903	4253	4485
Norveç		1590	4491
SSCB	1250	2524	4491
Yeni Zelanda		1959	4834

ÇİZELGE 12 Metal deriştirme ve eldesi yöntemleri

Yöntem	Kapasite	Cevher türü	Maliyet
Yüzdürme	3000001	Cu, Zn lı çamur (k)	250 DM/t
Hidrometalurji	3000001	Cu, Zn lı çamur	470 DM/t
Amonyak Hçİ	10000001	Yumru	131 DM/t
SO?-hava ortamında kavurma	10000001	Yumru	136 DM/t