

# Boksit Madenlerimizin İçerisindeki Gizli Potansiyeller



Ramazan Sarı

Yüksek Jeoloji Mühendisi  
ramazansari@geologist.com

Ülkemizin cari açık sorunu, uzun zamandan bu yana Türkiye ekonomisinin en büyük problemlerinden birisidir. Gelişmiş ülkeler incelendiğinde madencilikten elde edilen gelirlerin cari açıkların finanse edilmesi konusunda önemli bir katkı sağladığı gözlenmektedir. Son yıllarda madencilik sektöründeki ihracat gelirlerimizin de düşmesi ve üretime bağlı ithalat maliyetlerin artması cari açık sorununu iyice derinleştirmektedir. Bununla birlikte "Milli Enerji ve Maden" politikasıyla başlayan çalışmalar ve hükümetin verdiği desteklerle madencilik sektöründe 2017 senesinde ihracat değerlerinde 2014 senesine göre %3'lük bir artış olduğunu görmekteyiz. Tabi ki bu artış cari açık sorunumuzu azaltması açısından yeterli değildir. Bu nedenle madencilik sektöründe yeni AR-GE çalışmalarının desteklenmesi, teşvik edilmesi, yerli madenlerimizi en iyi ve verimli bir şekilde kullanabilmek adına ara/ uç ürün üretim tesislerimizin sayısının artırılması gerekmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2019 yılı hedefleri arasında Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ve Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) kömür sahaları ile birlikte boksit sahalarının da katma değeri yüksek uç ürün şartıyla ihaleleri yer almaktadır.

Ülkemizde çıkarılan kurşun, çinko, boksit, krom, demir ve kömürün yanı sıra endüstriyel minerallerin de ülke sınırları içinde kurulacak ya da kurulu tesislerde uç ürünlere dönüştürülmesi Bakanlığın en önemli hedefleri arasındadır. Bununla birlikte sorulması gereken önemli sorulardan birisi de; "Hedeflenen maden türlerinde uç ürün üretiminde temel hedefimiz boksitten sadece alüminyum, kromit cevherinden sadece krom veya kömürden sadece enerji elde etmek mi?" olmalıdır. Ülkemiz kompleks jeolojik birimlerin farklı zamanlarda ve farklı tektonik

etmenlerle birlikte bir araya gelmesiyle oluşmuş ve maden oluşumları açısından çok zengin bir coğrafyada yer alırken, bu zenginliklerimizi neden detaylı olarak incelemiyoruz? Örneğin bir boksit minerali içerisinde alüminyumun dışında bulunması muhtemel Nadir Toprak Elementlerini (NTE) veya bir kromit içerisinde olabilecek potansiyel platinyum zenginleşmelerini veya pirit içerisinde olabilecek önemli derecedeki kobalt cevherleşmesini neden katma değere dönüştürmeyelim? AR-GE konusunda gelişmiş ülkeler yaptıkları çalışmalarla bu tür farklı stratejik elementleri belirleyerek, ülkemizden ithal ettiği hammadde için parasal değerini vererek alırken, sonuçta hem hammadde ürününü hem de teknoloji ile stratejik elementlerini de almaktadır. İhraç ettiğimiz maden için sevinirken aslında bir o kadar daha farkında olmadığımız değerlerimizi bilmeden kaybettiğimiz için üzülmeliyiz. Çoğu zaman gözden kaçırdığımız değerleri de ekonomimize ekleyerek cari açık sorunlarımızı çok kısa bir zaman aralığında yenebileceğimizi düşünüyorum.

Bu yazı kapsamında da son zamanlarda gerek maden ihaleleri gerekse de maden ihracat ürünleri arasında popüler olan boksit cevherleşmelerinden bahsedilecektir. Boksit cevheri içerisindeki zenginleşmiş NTE'ler ile ilgili ülkemizde yapılan incelemeler oldukça sınırlıdır. Bu çalışma kapsamında ülkemizde bulunan boksit cevherlerinin içerisindeki NTE potansiyelleri ile diğer ülkelerde aktif olarak üretilen benzer boksit sahalarındaki değerler karşılaştırılarak ülkemizin de benzer bir potansiyele sahip olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır. **Bu türdeki stratejik elementlerin varlığı da aynı zamanda boksit aramaları ve üretimi yapan yatırımcılar için yeni bir bakış açısı olabilir.** Madencilik çalışmaları yürüten tüm yatırımcıların benzer soruları farklı türdeki cevherleşmeler için de düşünmesi ve AR-GE çalışmalarına da yatırım yapması tavsiye edilmektedir. ►

## Türkiye’de Boksit Oluşumları

Boksit cevheri alüminyum üretiminde kullanılmakta olup, 1821 yılında Fransız Prof. Dr. Pierre Berthier tarafından “Les Beaux en Prevence” yakınlarında bulunmuş ve bulunduğu yerin ismini yani Bauxite adını almıştır. Boksit adı alüminyum hammaddesi olan gibsit, böhmit ve diyorit minerallerinin geneline verilmiştir. Tropikal koşullar altında yağmur suyunun filtrasyonu ve alüminyum silikat içeren kayaların yıkanmasıyla ikincil olarak oluşan kongresyonlardır.<sup>1</sup>

Türkiye’de boksitler, jeolojik yaş ve cevherleşmeler bakımından aşağıdaki sırayı takip ederler (sıralama gençten yaşlıya doğru):

- 1.Üst Kretase-Eosen: Demirce zengin boksitlerdir, İslahiye bölgesinde yoğunur.
- 2.Üst Kretase (Turoniyen-Senomaniyen): Ekonomik önem taşıyan boksitlerdir (Seydişehir).
- 3.Permiyen-Triyas sınırı: Diasporitler ve zımpara zuhurları (Muğla-Milas bölgesi, Ayrancı bölgesi)

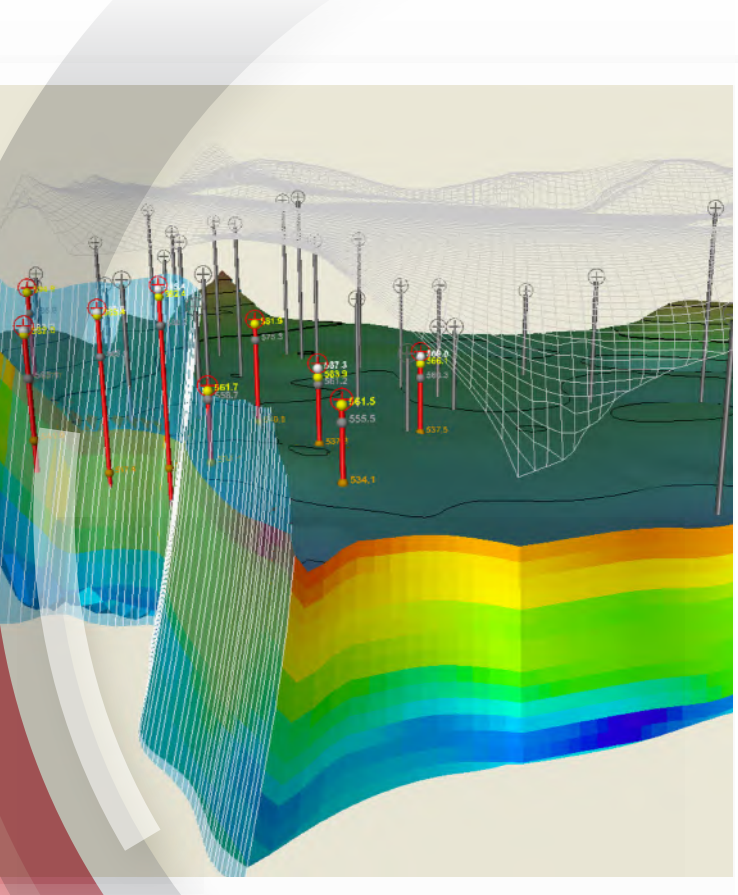
Türkiye, çok geniş boksit oluşumlarına sahip bir ülke konumundadır. Ülkemiz, dünya genelinde toplam boksit rezerv-

Bölgeler	Tenör	Rezerv (x 1000ton)			
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Görünür	Muhtemel + Mümkün	Toplam	İşletilebilir
Seydişehir-Akseki	56.68	35,251	1,253	36,504	31,000
Zon.-Kokaksu	42	5,900	3,400	9,300	5,000
Yalvaç-Sarkikarağaç	30-40	-	115,600	115,600	-
Payas-İslahiye	36-40	-	215,500	215,500	-
Tufanbeyli - Saimbeyli	-	5,500	6,000	11,500	9,800
Muğla Milas	35-55	9,400	11,200	20,600	17,500
Bolkardağı	55-58	-	3,900	3,900	-
Alanya	45-60	1,300	7,700	9,00	-
<b>TOPLAM</b>	-	<b>57,351</b>	<b>364,553</b>	<b>421,904</b>	<b>63,300</b>

Tablo 1. MTA 2007 verilerine göre Türkiye'nin boksit rezervlerini gösteren tablodur<sup>[3]</sup>

lerinin %1,6'sına sahiptir.<sup>2</sup> Türkiye’de boksit cevherleşmeleri, ülkenin daha çok Toros Kuşağı'nın orta ve batı kesimlerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Boksit yatakları; minerallerine, buldukları stratigrafik seviyelere ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranlarının yüksekliğine göre aşağıda belirtilen 8 bölgede gruplandırılmıştır (Resim 1).<sup>3</sup> Bu bölgelere ait boksit rezervleri de Tablo 1’de gösterilmektedir.

Boksitler mineralojik, kullanım alanlarına ve oluşum tarzlarına göre üç grupta sınıflandırılır. Mineralojik yapılarına göre boksitler;



## Türkiye Doğal Kaynaklar Sektörünün Hizmetinde

Jeoloji-Maden Mühendisliği ve Danışmanlık

### Hizmetlerimiz

- Kaynak ve Rezerv bilgilerinin değerlendirilmesi (JORC, NI 43-101, vs)
- Cevher Keşif ve Modellemesi
- Keşif Jeofiziği
- Hidrojeoloji ve Su Kontrolü
- Jeotermal Enerji
- Kömür Madenlerinde Güvenlik
- Kömür Madenlerinde Gaz Kontrolü
- Bakir Sahalarda Maden Planlaması ve Geliştirme
- Maden Üretim Planlaması ve Tasarımı
- Bankalarca Geçerli Yatırım Araştırmaları ( Saha Araştırması, Ön-Fizibilite ve Fizibilite Çalışmaları)
- Durum Tespiti (Due diligence)
- Bilirkişi ve Cevher Uzmanı Raporları
- Güvenlik ve Çalışma Eğitimi
- Uluslararası Standartlara Uygun Yangın Testleri ( Konveyör Bant, Hidrolik Sıvılar, Plastikler)
- Soğutma ve Isıtma Kontrol Sistemleri, Havalandırma Sistemleri Mühendisliği

### DMT GmbH & Co. KG

#### Merkezi Almanya İstanbul Merkez Şubesi

Ayazmadere Cad. Pazar Sk. Bareli Plaza No: 2-4 Kat: 4 Gayrettepe TR 34349 Beşiktaş, İstanbul

Tel +90 212 293 2980

Fax +90 212 293 3844

Mobil +90 535 206 7175

turkey@dmt-group.com



Resim 1. Türkiye Boksit Maden Haritası, Rezerv Miktarlarını Gösteren Tematik Harita (MTA'dan alınmıştır)

- i) Gibsitik boksitler: Volkanik veya Magmatik kayalardaki feldspat ve korundumun düşük sıcaklıklardaki dekompozisyonu ile oluşur.
- ii) Bohmitik boksitler: Gibsitin dehidratasyonu sırasında bir ara ürün olarak ortaya çıkmışlardır.
- iii) Diasporitik boksitler: Yüksek sıcaklıklarda teşekkül ettikleri ileri sürülmektedir.<sup>4</sup>

**Kullanım alanlarına göre** ise boksitlerin spesifikasyonları Tablo 2'de belirtilmiştir.

İçerik	Metalurjik	Kimyasal	Çimento	Refrakter	Aşındırıcı
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	50-55	Min. 55	45-55	84.5	80-88
SiO <sub>2</sub>	0.15	5-18	Maks. 6	7.5	4-8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-30	Maks. 2	20-30	2.5	2-5
TiO <sub>2</sub>	0-6	3	3	4	2-5

Tablo 2. Kullanım Alanlarına Göre Boksit Spesifikasyonları (Yüzde olarak belirtilmiştir)<sup>[4]</sup>

**Oluşum tarzlarına** göre boksitler ise ikiye ayrılır. Silikat boksitler, alüminyumca zengin silikat kayaların aşınması ve yıkanması sonucu oluşurlar. Bunun için yağışlı ve ılık tropikal iklimler, geçirgenliği ve tektonik duraylılığı olan kayalar en uygun ortamlardır. Diğer elementlerin yüzey suları ile yıkanması sonucu alüminyumca zenginleşme gösterirler.



Resim 2. Türkiye'de en fazla görülen karstik tipi boksit cevherleşmeleri (sol resim) ve Muğla bölgesinde diasporitik türde boksit cevherleşmelerinin genel görüntüsü (sağ resim)

Karstik boksitler ise kireçtaşı ve dolomitlerin karstik boşluklarında oluşurlar. Alüminyum başka ortamlarda çözülmüş olan asidik karakterli yüzey suları, kireçtaşları içerisinde nötrleşerek alüminyumca zenginleşmesine neden olurlar. Akdeniz bölgesinde en çok rastlanan boksit cevherleşme türü karstik cevherleşmelerdir.

Muğla ve Toros Dağları'ndaki boksit mineralizasyonları genellikle kireçtaşı veya dolomit içerisindeki

karst tipi boksit oluşumlarına en güzel örneklerdir.

### Nadir Toprak Elementleri, Kullanım Alanları ve Stratejik Önemleri

Japonya'ya göre teknolojinin tohumu, Amerikalılara göre ise teknolojik metal olarak adlandırılan ve toplamda 17 ayrı elementten (NTE ana grubu, Scandinyum ve İtiryum) oluşan nadir toprak elementleri günümüzde stratejik madenler grubuna girmektedir. NTE, yeşil enerjiden tutun da ilaç endüstrisine kadar savunma sistemleri ve telekomünikasyonu da kapsayacak şekilde, dünyamızı değiştirebilecek teknolojik gelişmelerde en fazla ihtiyaç duyulan elementlerdir.

Nadir toprak elementlerin az miktarda kullanımı, ürünün kalitesini önemli ölçüde arttırmaktadır. Yüksek teknoloji ürünlerinde de kullanım miktarı az olmaktadır. Ancak birim performansa etkisi kritik düzeydedir. Örneğin bir cep telefonunda sekiz adet nadir toprak elementi kullanılmaktadır. Renkli ekranlarda, mikrofonlarda, cep telefonu devreleri ve ünitelerinin küçük ve fonksiyonel olmasında önemi büyüktür. NTE grubu elementlerinin ana kullanım alanları olarak; i) Katalizör, ii) Seramikler, iii) Elektronik, iv) Enerji, v) Cam, vi) Manyetizma, vii) İlaç, viii) Metalurji ve ix) Optik yer almaktadır.

Nadir toprak metalleri, yeryüzünde yaygın olarak bulunmaktadır. Çin, dünya NTE rezervlerinin yaklaşık %36,52'sine, Rusya %19,27, ABD yaklaşık %13,19, Avustralya %5,48, Hindistan ise %3,14'üne sahiptir. Ülkemiz de ise NTE'ler 1965-2004 yılları arasında 20 civarında çalışma yapılarak araştırılmıştır. Çalışma alanları Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören bölgesi ağırlıklı olmak üzere, Manisa-Turgutlu, Malatya-Darında ve Samsun-Bafra yöreleridir. Çalışmalarda kayda değer rezervler bulunamamıştır. Bununla birlikte ülkemizde boksit cevherleşmelerindeki NTE potansiyeli konusunda yapılan araştırmalar oldukça sınırlı kalmıştır.<sup>5</sup> ▶

Dünyada önde gelen nadir toprak elementleri üretici ülkelerinin başında Çin gelmekte olup bunu Brezilya izlemektedir. Dünyada tüketim yapan ülkelerin başında da Çin gelmekte olup bunu Japonya, ABD, Almanya ve Fransa takip etmektedir. Nadir toprak elementlerinin dünya ticaretindeki yerinin, ülkelerin yüksek teknolojik ürünler üretebilme kapasitelerine göre biçimleneceği ve bunun sonucu olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için öneminin artacağı açıktır. Günümüzde yaklaşık 500 milyon dolar olan nadir toprak pazarının 2020 yılına kadar 9 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde maalesef bu alanda NTE ithal eden ülkeler arasında bulunmaktadır. 2017 verilerine göre 38 kg'lık NTE ithalatı yapmış olup maliyeti yaklaşık 1,2 milyon dolardır.<sup>5</sup> Gelecek dönemlerde artacak teknolojik taleple birlikte bu rakamların 100 milyon doları bulması kaçınılmazdır. Bu nedenle 2018 yılında ülkemizde gerekli araştırmaların yapılması ve yeni kaynakların belirlenmesi açısından Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın öncülüğünde kurulmuş olan Nadir Toprak Elementleri Araştırma Enstitüsü (NATEN) ve maden araştırmalarını yapan MTA önemli bir misyona sahip olacaktır.

### Boksit Cevherlerimizin NTE Potansiyeli ve Diğer Ülkelerle Karşılaştırılması

Avrupa'da boksit cevherleşmeleri içerisindeki NTE zenginleşmelerinin belirlenmesi için yapılan araştırmalar uzun bir geçmişe sahipken, ilk olarak İtalya'nın San Giovanni Rotondo boksit yatağında ekonomik NTE zenginleşmeleri belirlen-



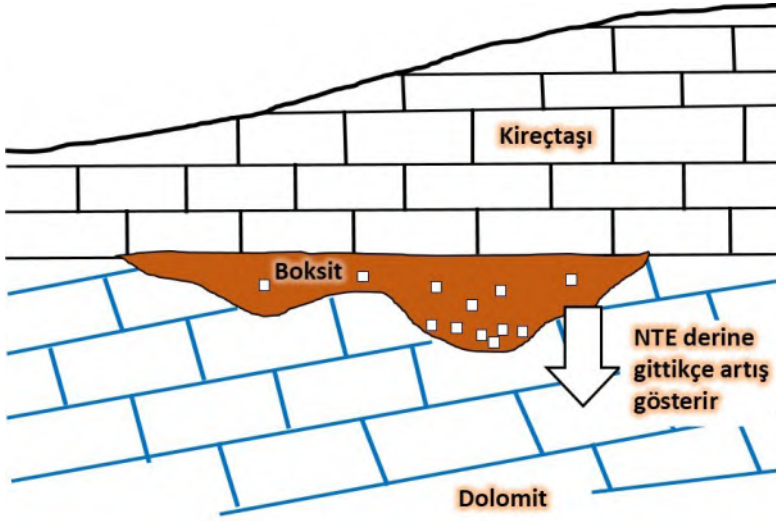
Resim 3. Tipik karst boksit oluşumlarına İtalya'dan bir örnek ve boksitlerin içerdiği farklı stratejik minerallerin sınıflandırılması<sup>(7)</sup>

Element	Market Değeri	Türü	Çin		Macaristan		Yunanistan		Türkiye	
			İçerik	Finansal Değeri	İçerik	Finansal Değeri	İçerik	Finansal Değeri	İçerik	Finansal Değeri
	USD/t	-	mg kg <sup>-1</sup>	USD/t	mg kg <sup>-1</sup>	USD/t	mg kg <sup>-1</sup>	USD/t	mg kg <sup>-1</sup>	USD/t
Ce	2,000	Oksit	842	1.7	430	0.9	368	0.8	-	-
Co	26,444	Metal	-	-	59	1.6	-	-	-	-
Cr	11,000	Metal	848	9.3	646	7.1	-	-	-	-
Dy	184,500	Oksit	48	8.9	21	3.9	17	3.1	-	-
Er	5,500	Alaşım	28	0.1	12	0.1	14	0.1	-	-
Eu	66,000	Oksit	110	7.3	6	0.4	5	0.3	-	-
Ga	400,000	Metal	570	228	27	10.6	-	-	25	10
Gd	5,500	Alaşım	56	0.3	27	0.1	22	0.1	--	--
Ho	5,500	Alaşım	25	0.1	4	0	4	0	-	-
In	240,000	Metal	-	-	1	0.1	-	-	-	-
La	2,000	Oksit	416	0.8	166	0.3	114	0.2	-	-
Lu	5,500	Alaşım	14	0.1	2	0	2	0	-	-
Nd	39,500	Oksit	341	13.5	151	6	99	3.9	-	-
Ni	9,298	Metal	169	1.6	307	2.8	-	-	-	-
Pr	5,500	Alaşım	95	0.5	39	0.2	28	0.1	-	-
Sc	4,600,000	Oksit	158	726.8	80	368	121	556.6	-	-
Sm	5,500	Alaşım	64	0.3	28	0.1	21	0.1	-	-
Tb	417,500	Oksit	184	76.8	4	1.5	4	1.7	-	-
Tm	5,500	Alaşım	14	0.1	2	0	2	0	-	-
V	6,889	Oksit	4220	29.1	337	2.3	-	-	112	0.8
Y	35,000	Metal	226	9.3	100	3.5	76	2.7	-	-
Yb	5,500	Alaşım	28	0.1	11	0.1	14	0.1	-	-
Zr	918	Metal	2070	1.9	-	-	-	-	-	-
Toplam			10,566	1,116.6	2,460	410.4	911	569.8	137	10.8

Tablo 3. Farklı ülkelerde yüksek ekonomik öneme sahip boksitlerden üretilen ve işletilen NTE'lerin maksimum kazanım değerleri, finansal getirileri ve market değerlerini gösteren tablolar<sup>(8,9)</sup>

miştir (Resim 3).<sup>6</sup> Bu alanda son 10 yıldır yapılan çalışmalarda özellikle Akdeniz ülkelerinde (Yunanistan, Karadağ, Macaristan ve Bosna Hersek gibi) görülen karst-tipi boksit cevherleşmelerinde benzer NTE zenginleşmeleri olduğu da belirtilmektedir. Dünya genelinde ise bu alanda en gelişmiş ülke olarak Çin göze çarpmaktadır. Ülkemizde maalesef diğer ülkelere kıyasla üretim ve gelir değerlerimiz çok düşük seviyededir (Tablo 3). **Bu yazı ile ülkemizin bu alandaki eksikliğine asıl vurgu yapılmak istenmektedir.** Komsumuz olan ve ekonomik krizle mücadele eden Yunanistan'da bile yapılan üretimle kazanılan gelirler Türkiye'ye kıyasla 4-5 kat daha fazladır.

Nadir toprak elementleri, boksit cevherleşmelerini oluşturan kil minerallerinin yüzeyleri tarafından absorbe edilir. Derinlere doğru gittikçe boksit içerisindeki silika değerlerinin azalmasıyla birlikte, NTE'de yoğunlaşmalar gözlenmektedir (Resim 4). Boksit cevherleşmesi içerisindeki NTE zenginleşmelerini kontrol eden bazı kritik parametreler vardır. Bunlar; i) Su akışının yoğunluğu, ii) Ph koşulları, iii) Demir ►



Resim 4. NTE'nin boksit cevherleşmeleri içindeki çökelme koşullarını gösteren kesit<sup>(6)</sup>

oranı ve iv) florür ve klorür gibi etken maddelerin yoğunluğudur. Boksit oluşumu sırasındaki suyun yoğunluğunun fazla olması nedeniyle ilk zamanda kil mineralleri içerisine absorbe olmuş olan NTE ortamdan uzaklaştırabilir. Alkalın ortamları gösteren Ph değerlerinde NTE'nin yoğunluğunda artış gözlenirken, demirce zengin götit-hematit mineralizasyonlarının olduğu bölgelerde ise hareketli NTE'leri ortamdan uzaklaştırabilme özelliği nedeniyle pek istenmez. Benzer olarak flor ve klor gibi elementlerin yoğun olduğu bölgelerde boksit cevheri oluşması gerçekleşmediği için NTE'de de benzer olarak zenginleşmeler gözlenmez.

Dünya ticari alüminyum ihtiyacının çoğu hammaddesi boksit kullanılarak üretilir. Boksit ilk olarak Bayer metoduna göre kimyasal olarak işlenerek beyaz toz formunda olan alüminyum oksit (Alümina) üretilir. Alüminadan da Hall-Heroult prosedürü olarak bilinen elektroliz yöntemi uygulanarak karbon indirgenmesi yoluyla alüminyum üretilmektedir. İşletilebilen boksit cevherinin  $Al_2O_3$  tenörü %30-65 arasında değişmektedir. Alümina üretiminin yapıldığı tesislerin büyük çoğunluğunda işlenen boksitlerin en az %40  $Al_2O_3$ ,

en fazla %15  $SiO_2$  içermesi, diğer bir deyimle silis modülünün ( $Al_2O_3/SiO_2$ ) en az 7 olması gerekmektedir. Birincil alüminyum üretiminde kullanılan boksitlerin kimyasal ve mineralojik bileşenlerine bağlı olmak koşulu ile 4 ton boksitten 2 ton alümina, 2 ton alüminadan da yaklaşık 1 ton alüminyum elde edilmektedir.

Bayer yöntemiyle alümina üretiminde temel prensip alüminyum oksit (alüminanın) öğütülmüş olan boksitten basınç ve sıcaklık yardımıyla bir alkali eriyiği kullanılarak çözülüp, daha sonra doymuş çözeltiden kristallendirilmek suretiyle tekrar elde edilmesine dayanır. Çözülmeyen komponentler (demir, silis, titanyum vb. gibi) çöktürülerek oluşan kırmızı çamur (red mud) çevre koruma amacıyla atık barajına basılır. Avrupa'daki birçok üretim tesisinde alümina üretimi safhasında

veya barajdaki bu kırmızı çamur içerisindeki NTE eldesi yapılmaktadır.

Boksitten birincil alüminyum üretimi yapılan tesislerdeki kırmızı çamurun (red mud) kimyasal analizi yaklaşık şu şekildedir.

İçerik Türü	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	$Na_2O$	$TiO_2$	Yanma Kaybı
%	22	37	14	8	4.6	12

Ülkemizin ilk ve tek birincil alüminyum üretim kuruluşu olan Seydişehir Eti Alüminyum tesislerinde, alümina üretimi sırasında kırmızı çamurdan Ga ve V üretimi için Rusların know how teklifleri olmuş, o günün şartlarında uygun görülmemeyerek kabul edilmemiş bu sebeple üretim gerçekleşmemiştir. Daha sonra işletme kendi imkanlarıyla  $V_2O_5$  üretimini gerçekleştirerek ihracatını sağlamıştır. Böylelikle dünya üzerinde bulunan 3 milyar tonluk atıl durumda bulunan atık kırmızı çamurlar değerlendirilerek yeni değerler elde edilirken (Ga, V, ve NTE gibi) aynı zamanda çevrenin korunması açısından katkı sağlanabilir.<sup>10,11</sup> ►

	$SiO_2$ -%	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2O$	$K_2O$	$TiO_2$	$P_2O_5$	MnO	$Cr_2O_3$	Ga_ppm	Ce_ppm	Y_ppm	La_ppm	Nd_ppm
Muğla - Milas	9	53	22	0.2	0.2	2	0.6	2.7	0.05	0.1	0.1	59	273	82	150	100
Yalvac - Isparta	8	47	26	0.6	0.9	0.08	0.6	5.3	0.5	0.11	0.07	60	35	40	26	22
Jajce - Bosna	1	58.5	25.12	0.05	0.35	0.01	0	2.67	0	0.02	0.08	45	287.2	52.9	112.1	107.7
Halimba - Macaristan	5.83	52.77	21.8	0.17	2.05	0.07	0.06	2.59	0.12	0.13	0.06	52	126.2	54.6	77.8	49
Niksic - Montenegro	6.42	57.14	19.84	0.23	0.21	0.02	0.2	2.75	0.05	0.12	0.06	47.7	330.8	100.2	153.1	117.1
Parnasos - Yunanistan	5	55.7	23	0.21	0.1	0	0.2	2.67	0.03	0.08	0.09	57.6	258	75	87	65

Tablo 4. Türkiye'de Muğla ve Isparta bölgesindeki boksit cevherleşmelerinin ana oksitler ve NTE elementlerinden bir kısmına ait sonuçlar ile Avrupa'da işletilmekte olan bazı boksit-NTE madenlerine ait değerlerin karşılaştırıldığı tablodur.<sup>(9-12-13-14)</sup>



Ülkemizde boksit cevherleşmesindeki NTE potansiyelleri üzerine çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Muğla-Milas bölgesi tarafında yapılan çalışmalarda karst-tipi boksit cevherleşmeleri içerisinde NTE değerlerinde zenginleşmeler gözlenirken, yine benzer olarak Isparta-Yalvaç bölgesindeki boksit cevherleşmelerinde de kısmi NTE zenginleşmeleri gözlenmiştir.<sup>12</sup> Bu değerleri Avrupa'da ki çeşitli üretimi yapılan boksit cevherleri ile kıyasladığımızda Türkiye'de ki boksit değerlerindeki NTE değerlerinin de ekonomik olabileceği anlaşılmaktadır (Tablo 4).

Kıyaslamaların daha sağlıklı yapılabilmesi için ülkemizdeki çeşitli bölgelerden daha fazla örneklemeler alınmalı ve NTE içerikleri analiz edilmelidir. Her yeni bulgu ülkemizdeki boksit madenlerimizin daha değerli, kullanışlı ve sürdürülebilirliğini arttıracak, aynı zamanda atık malzeme oranını da düşürerek çevrenin korunması açısından da faydalı olacaktır.

### Sonuçlar ve Tavsiyeler

Avrupa ekonomisinde gerek büyüme gerekse yeni teknolojik olanakların geliştirilmesi konusunda oldukça önemli olan NTE'leri kapsayan elementler "Kritik Endüstriyel Mineraller" olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle birçok boksit madeninde atık ürünlerden nadir toprak elementleri elde edilmektedir. Maalesef, ülkemizde bu tür madenlerin potansiyelinin az biliniyor olması ve hatta bilimsel çalışmalarda bile çok az sayıda yayınlanmış olması oldukça üzücü bir konudur. Son zamanlarda hükümetimizin de üzerinde çalıştığı uç ürün kapsamındaki madenlerden olan boksit cevherlerimizin içeriklerini tam bilemeden ihraç etmek, sahip olduğumuz madenden maddi ve manevi olarak tam ederini alamamıza sebep olmaktadır. Bununla birlikte Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın da üzerinde çalıştığı uç ürün üretim tesisi kurulması şartı ile yapılacak olan ihalelerle birlikte açılacak yeni boksit sahalarında da bu tür AR-GE araştırmalarının yapılması ve potansiyellerin değerlendirilmesi önerilmektedir. Özellikle yatırımcıların sadece alüminyum için değil gelecek senelerde çok daha değerli hale gelebilecek olan NTE'leri farketmesi, üretim modellerini revize ederek yeni gelir olanakları sağlaması ve ülkemize katma değer oluşturacak üretimlere dönüştürmesi en önemli milli görevlerimizden biri olmalıdır. Bu nedenle gerek kamusal alanda ge-

rekse özel sektörde her türlü madenlerimiz araştırılırken tüm potansiyellerini incelemek ve varsa ortaya çıkarmak bizim için önemli bir konudur. Bu kapsamda sadece boksit cevherleşme potansiyellerinin yanı sıra diğer madenlerimizdeki benzer farklı cevher potansiyellerini de çeşitli AR-GE çalışmaları ile araştırmalıyız. Saklı potansiyellerimizi gün yüzüne çıkartmalı ve ülkemizin ekonomisine, teknolojisine, işgücüne ve sürdürülebilirliğine katkılar sağlamamız gerekmektedir. ●

### Kaynaklar

1. Madencilik Türkiye Dergisi, Sayı 73 Sayfa 100.
2. Özen, B., 2015. "Seydişehir Boksit Maden Ocağının Seçimli Madencilik Yöntemi İle Üretilmesi Proses ve Maliyete Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, 84s (yayımlanmamış).
3. Cebeci, A., 2007. "Muğla Diasporininin Termal Özelliğine Mekanik Aktivasyonun Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, 97 sayfa (yayımlanmamış).
4. KOMİSYON, Metal Madenler Alt Komisyonu Boksit Çalışma Raporu, Özel Madencilik İhtisas Komisyonu Raporu, DPT Yayın No:DPT2625- ÖIK636, Ankara, 2001.
5. MTA, 2017. "Dünyada ve Türkiye'de Nadir Toprak Elementleri", 24 sayfa.
6. Deady, E., Mouchos, E., Goodeneough, K., Williamson, B., and Wall, F., (2014). "Rare Earth Elements In Karst-Bauxites: A Novel Untapped European Resource?" European Rare Earth Resources Conference, Milos 2014.
7. Mongelli, G., Boni, M., Oggiano, G., Mameli, P., Sinisi, R., Buccione, R., Mondillo, N., (2017). "Critical metals distribution in Tethyan karst bauxite: The Cretaceous Italian Ores", Ore Geology Reviews 86. S526-536.
8. Ujaczki, E., Feigl, V., Molnar, M., Cusack, P., Curtin, T., Courtney, R., O'Donoghue, L., Davis, P., Hugi, C., Evangelou, M., Balomenos, E. Ve Lenz, M., 2018. "Re-using bauxite residues: Benefits beyond (critical raw) materials recovery". Journal of Chemical Technology & Biotechnology, s1-13.
9. Gamaletos, P., Godelitsas, A., Filippidis, A., and Pontikes, Y., 2018. "The Rare Earth Elements Potential of Greek Bauxite Active Mines in the Light of a Sustainable REE Demand". Journal of Sustainable Metallurgy, 79s.
10. Abdulvaliyev RA, Akcil A, Gladyshev SV, Tastanov EA, Beisembekova KO, Akhmediyeva NK et al., Gallium and vanadium extraction from red mud of Turkish alumina refinery plant: hydrogarnet process. Hydrometallurgy 157:72-77 (2015).
11. Borra CR, Pontikes Y, Binnemans K and Van Gerven T, Leaching of rare earths from bauxite residue (redmud). Miner Eng 76:20-27 (2015).
12. Bozkr, Y., 2007. "Çarıksaraylar İle Kozlucay (Sarkikaragac-Isparta) Arasındaki Boksitlerin NTE'leri ve Oluşum Şartları", Yüksek Lisans Tezi, 114s. (yayımlanmamış).
13. Ujaczki E, Zimmermann YS, Gasser CA, Molnar M, Feigl V and Lenz M, Redmud as secondary source for critical awmaterials- extraction study. J ChemTechnolBiotechnol 92:2835-2844 (2017).
14. G. Bárdossy and G. Pantó, "Trace mineral and element investigation on bauxites by electron probe". 3rd International Congress, ICSOBA, (International Committee for Study of Bauxite, Alumina & Aluminium), Nice, France pp. 47-53 1973.

**Teşekkür Belirtme:** Yazının oluşması ve incelenmesi sırasında katkılarını sunan geçmiş dönemlerde Seydişehir Eti Alüminyum AŞ Genel Müdürlüğü yapmış sayın İbrahim Uz'a teşekkürlerimi sunarım.