



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ALÜMİNYUM

HAZIRLAYANLAR

Dr. Gonca EROĞLU
Mesut ŞAHİNER

Jeoloji Yük. Müh.
Maden Müh.

Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı
Aralık 2018

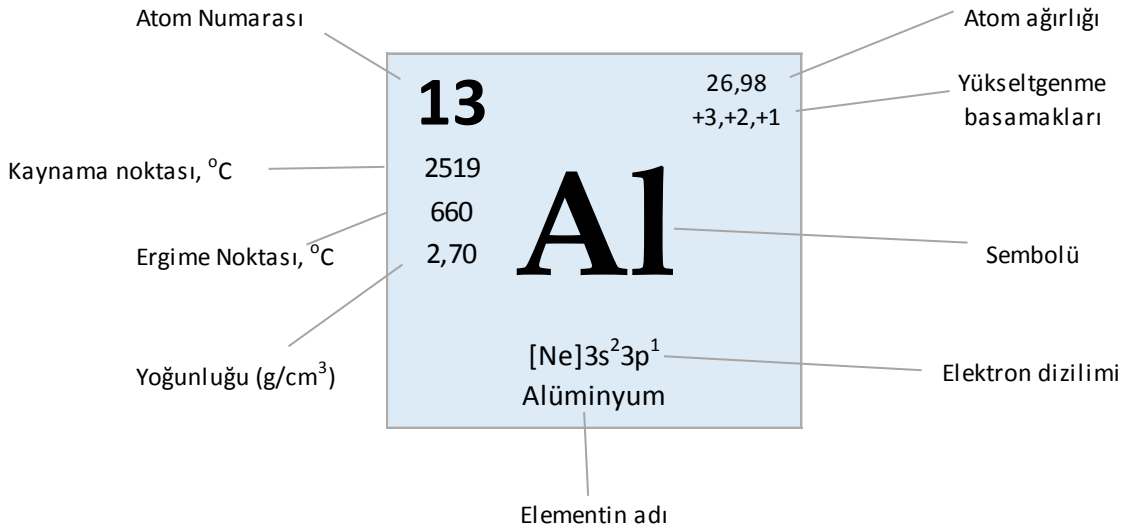
İçindekiler

1. GENEL BİLGİLER.....	1
2. BOKSİT (ALÜMİNYUM CEVHERİ) YATAKLARININ OLUŞUMU	2
3. ALÜMİNYUMUN KULLANIM ALANLARI	3
3.1. Alüminyumlu Alaşımlar	5
4. DÜNYA ALÜMİNYUM REZERVİ	6
5. DÜNYA ALÜMİNYUM ÜRETİMİ	7
5.1. Boksit Dışı Kaynaklardan Alüminyum Üretimi	14
5.2. Dünya Boksit Ve Alümina Üretimi	15
6. DÜNYA ALÜMİNYUM TİCARETİ	16
7. TÜRKİYE BOKSİT REZERVİ ve ALÜMİNYUM ÜRETİMİ	16
8. TÜRKİYE ALÜMİNYUM TİCARETİ.....	19
9. ALÜMİNYUM FİYATI	20
10. ÖNERİLER	21
Kaynaklar	23

1. GENEL BİLGİLER

Alüminyum (Al) atom numarası 13, yoğunluğu 2,70 gr/cm³ olan gümüş renkli hafif bir metaldir. Yeryüzünde oksijen ve silisyumdan sonra en bol bulunan element olan alüminyum doğada saf olarak bulunmaz, oksit ve silikat bileşikler halindedir. Alüminyum metali üretimi birincil ve ikincil üretim olmak üzere ikiye ayrılır. Birincil alüminyum üretimi boksit cevherlerinden elde edilir. İkincil alüminyum ise hurda alüminyumun geri dönüşümü yolu ile üretilir.

Dünya boksit rezervinin % 90'ı alüminyumun eldesinde, geri kalanı kimya, refrakter, aşındırıcı ve çimento sanayinde kullanılır. Alüminyum üretiminde kullanılan boksit cevheri genellikle %30-60 oranında alüminyum içerir ve işletilebilir değerde kabul edilir. Boksit madeni yatakları genellikle yüzeye yakın yerlerde olduğundan açık işletme ile işletilir.



Boksit cevherinden saf alüminyum elde edilmesi için çeşitli yöntemler bulunur. Bu yöntemler arasında, Carl Bayer tarafından keşfedilen Bayer metodu, dünyada halen en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Cevherden saf alüminyum üretiminin ilk aşamasında; Bayer metodu ile boksit cevherinden alümina (Al₂O₃), ikinci aşamasında elektroliz yöntemi ile alüminadan saf alüminyum elde edilir. Yaklaşık 4 ton boksitten; 2 ton alümina, 1 ton metal alüminyum elde edilebilmektedir.

Günümüzde hurda metalin yeniden değerlendirilmesi sonucu elde edilen ikincil alüminyuma olan talep, yüksek enerji maliyetleri ve çevreci yaklaşımlara paralel olarak giderek artmaktadır. Birincil alüminyum üretiminde maliyetin yaklaşık %40'ını enerji maliyeti oluştururken; ikincil alüminyum üretiminde enerjinin toplam maliyetler içindeki payı %5 düzeyinde olmaktadır.

Endüstriyel alüminyum üretimi ilk kez 1886 yılında elektroliz yönteminin kullanılmaya başlaması ile gerçekleşmiştir. İlk olarak elektrik kabloları ve ev dekorasyon ürünlerinde kullanılmaya başlayan alüminyuma, 1939-1945 dönemindeki savaş ortamında, uçak sanayinde yoğun talep olmuştur. 1960'larda alüminyum sac ve levhalar inşaat sanayinde kullanım alanı bulurken, 1970 ve 1980'lerde ise özellikle ABD'de kutulama piyasası alüminyuma büyük talep yaratmıştır. Yaşanan petrol krizleri sonrasında, daha hafif otomobillerin üretiminin yaygınlaşmasıyla, otomotiv sektöründe bakır, çelik ve dökme demirin yerini alüminyum almıştır.

Alüminyum, diğer metallerin sağlayamadığı hafiflik, mukavemet, üstün korozyon direnci, yüksek derecede ısı ve elektrik iletkenliği, kolay şekillendirilme, işleme ve ısıl işlem yapılabilirliği özellikleriyle inşaat, otomotiv, ambalaj, savunma sanayi, boya ve taşımacılık sanayinde çok geniş kullanım alanına sahip olmuştur. Dolayısıyla demir-çelikten sonra en çok üretilen ikinci metal konumundadır.

Tüm dünyada alüminyum eldesinde kullanılan boksit kaynaklarının 55-75 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. İşletilebilir rezervlerin toplamı ise yaklaşık 30 milyar tondur. Dünyadaki en önemli rezerv sahaları; Gine (7,4 milyar ton), Avustralya (6 milyar ton), Vietnam (3,7 milyar ton), Brezilya (2,6 milyar ton), Jamaika (2 milyar ton), Çin (1 milyar ton) ve Endonezya (1 milyar ton) da bulunur.

Ülkemizde çoğu Toros kuşağı içinde yer alan, toplam (görünür+muhtemel+mümkün) 422 milyon ton boksit rezervi bulunur, bunun 63 milyon tonu işletilebilir rezerv durumundadır. En zengin boksit yataklarımızın yer aldığı Seydişehir (Konya) ve Akseki (Antalya) yöresinde işletilebilir rezerv yaklaşık 31 milyon tondur.

2. BOKSİT (ALÜMİNYUM CEVHERİ) YATAKLARININ OLUŞUMU

Boksit genellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde lateritleşme sonucu oluşur. Oluşum şekillerine göre ikiye, mineralojik içeriklerine göre ise üçe ayrılır;

Oluşum şekilleri;

1. Silikat Boksitler: Alüminyumca zengin silikat kayaçlarının aşınması ve yıkanması sonucu oluşurlar. Bunun için yağışlı ve ılık, tropikal iklimler, geçirgenliği ve tektonik stabilitesi olan kayaçlar en uygun ortamlardır. Diğer elemanların yüzey akıntılarıyla yıkanması alüminyumca zenginleşmeyi sağlar.
2. Karstik Boksitler: Kireçtaşı ve dolomitlerin karstik boşluklarında oluşurlar. Alüminyumca başka ortamlarda çözmüş olan asidik karakterli yüzey suları, kireçtaşları içinde nütürleşerek alüminyumca zenginleşmesine neden olurlar.

Mineralojik içerikleri;

1. Diyasporitik Boksitler: Yüksek sıcaklıklarda oluşur.
2. Gibsitik Boksitler: Püskürük kayalardaki feldispat ve korundun düşük sıcaklıklarda dekompozisyonu ile oluşur.
3. Böhmitik Boksitler: Gibsitin dehidratasyonu sırasında ara ürün olarak oluşur.

3. ALÜMİNYUMUN KULLANIM ALANLARI

Hafif, dayanıklı ve fonksiyonel oluşu alüminyumunu günümüzün en önemli mühendislik malzemelerinden biri haline getiren başlıca özellikleridir. Alüminyum sadece bu özellikleriyle bile kullanılmaya değer bir malzemedir. Çok geniş kullanıma sahip olan Al, yaşadığımız evlerde, kullandığımız tüm ulaşım araçlarında ve cihazlarda (telefon ve bilgisayar vb.), her türlü kablo, her çeşit dolap, raf, tezgah ve mutfak gereçlerinde, modern ortam iç tasarımlarında, ayrıca gıda, ilaç ve kimya gibi birçok sektörde kullanılmaktadır.

Alüminyum, bina çatı ve cephe kaplamalarında, kapı, pencere ve merdiven yapımında kullanılır. Sağlamlığı yanında sahip olduğu dekoratif görünümü mimar ve mühendislere inşaat sektöründe zengin seçenekler sunar.

Alüminyum, en kullanışlı ambalaj malzemelerinden birisidir. Homojen yapısı, ince folyo şeklinde üretilebilmesi, hava geçirmezliği ve kolay şekillenebilmesi onu ideal bir ambalaj malzemesi yapar. En yaygın kullanıldığı alanlardan birisi de, meşrubat ve bira kutularındır. Dünyada kullanılan tüm içecek kutularının %80'i alüminyumdan yapılmıştır.

Sektörde alüminyum hurda arzının önemli bir kısmı içecek kutularından sağlanmakta olup, dünya ikincil alüminyum üretiminde içecek kutularının payı %30-55 arasında değişmektedir. İçecek kutuları ABD'nde ikincil alüminyum üretiminin ana kaynağıdır.

Alüminyum, ulaşım sektöründe taşıt araçlarının üretiminde kullanılan en önemli malzemelerden birisidir. Alüminyum kullanımının yaklaşık % 25'i taşıt araçlarının üretimine aittir. Taşıt araçları ne kadar hafif olursa, hareket etmeleri için daha az enerjiye gerek duyulduğundan alüminyum kullanılan otomobilin daha az yakıt harcadığı anlaşılmıştır. Özellikle otobüs, tren, kamyon gibi büyük araçlarda alüminyum kullanımı önemli yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Alüminyum alaşımlarının hafifliği yanı sıra sağlamlığı uçak, gemi ve tekne yapımında kullanımını artırmıştır.

Alüminyum son derece iletken bir metal olması nedeniyle elektrik ve elektronik sektöründe tercih edilir. Yüksek voltajlı elektrik nakil hatları, yeraltı kabloları, elektrik boruları, motor bobin sarımında ayrıca elektronik cihaz kasaları, şase, yonga, transistör soğutucuları ve veri kayıt disklerinde yaygın şekilde kullanılır.

Kimya, gıda ve ilaç sanayinde de geniş kullanımı olan alüminyum, plastik ve sentetik malzeme, kağıt, gübre, patlayıcı madde, karbonat ve kükürt üretiminde de çokça kullanılmaktadır.

Sektörlerdeki kullanımı ayrıntılı olarak şu şekilde sıralanabilir;

1) İnşaat Sektöründe;

- Konut yapımında
- Konut dışı yapılarda
- Karayollarında
- Diğer yapısal kullanımlarda

2) Ulaştırma Sektöründe:

- Karayolu taşıtlarında
- Demiryolu taşıtlarında
- Denizyolu taşıtlarında
- Havayolu taşıtlarında

3) Kimya ve Gıda Sektöründe:

- Organik bileşikler üretiminde
- Plastik ve sentetik fiber sanayinde
- Kağıt sanayinde
- Gübre sanayinde
- Patlayıcı maddeler üretiminde
- Mineral asit üretiminde
- Karbonat ve kükürt üretiminde
- Saf su ve buhar üretiminde
- Elektrokimya sanayinde
- Petrol rafinerilerinde
- Gıda, ilaç ve meşrubat sanayinde
- Boya maddesi ve boya üretiminde
- Ambalaj sanayinde.

4) Elektrik ve Elektronik Sektöründe:

- Tel ve kablo üretiminde
- Enerji dağıtım cihazlarında
- Güç üretim ve düzeltme araçlarında
- Haberleşme ve elektronik cihazlarda
- İç dağıtım ve aydınlatma gereçlerinde

5) Makine ve Ekipman İmalat Sektöründe:

- Makine yatakları imalinde
- Pompa, kompresör, far vs. imalinde
- Endüstri makineleri imalinde
- Tarım alet ve makineleri imalinde
- İş makineleri imalinde
- Çeşitli enstrümanların imalinde
- Isıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinde
- Malzeme taşıma ekipmanları imalinde
- Maden ve petrol ürünleri araçları imalinde

- Tekstil ve matbaa makineleri imalinde
- Elektrik sistemlerinde
- Askeri araç-gereç ve silahların yapımında

6) Metal Sanayinde:

- Alaşım metali
- Çelik deoksidasyonu
- Alüminyum kaplamalı çelik
- Alüminotermik reaksiyonlar

7) Diğer Kullanım Alanları:

- Dayanıklı tüketim mallarında
- Muhtelif ev eşyalarında
- Mutfak eşyası yapımında
- Mobilya yapımında
- Dekorasyon ürünlerinde
- Takım ve el aletleri yapımında
- Diğer uygulamalarda

3.1. Alüminyumlu Alaşımlar

Alüminyum kolayca diğer kimyasal elementlerle bileşikler oluşturduğundan çok çeşitli alaşımları (alüminyum-bakır, alüminyum-silis-magnezyum, alüminyum-magnezyum-çinko, alüminyum-magnezyum, alüminyum-silis, alüminyum-kalay, alüminyum-bor gibi) geliştirilmiştir. Çok az miktarda alüminyum bile metalin özelliklerini büyük ölçüde değiştirerek, yeni alanlarda kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu alaşımlardan bazıları ve kullanım alanları şu şekildedir;

Al – Cu Alaşımı: Mukavemeti iyi olduğundan çok zorlanan parçaların üretiminde kullanılır. Piyasada Lautal Quali - taet 55 Allautal ismi verilir.

Al - Si - Mg Alaşımı: Şekil değiştirme ve polisaj kabiliyeti iyi, mukavemeti orta ve korozyona karşı dayanıklıdır. Uçak yapımı, dekorasyon işleri, elektrik iletkenlerinin imalinde kullanılır. Bu alaşımlar Aludur 533, Anticaradal, Düralimün, K Legal, Polital, Silal V ticari isimleri ile piyasada satılır.

Al - Cu - Mn Alaşımı: Yüksek değerde bir çekme mukavemetine sahiptir. Yüksek mukavemet aranan konstrüksiyonlarda, makine parçalarının, taşıt vasıtalarının, kaldırma düzeneklerinin, demiryolu vagonlarının imalinde kullanılır. Sertleşmiş durumda mukavemeti St. 52 çeliğinin mukavemetine erişir.

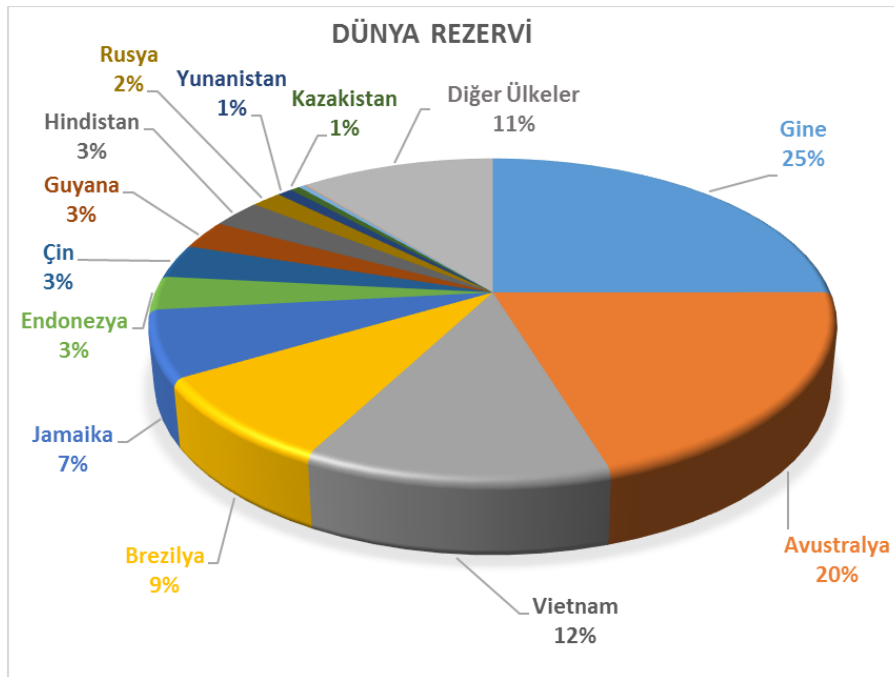
Al - Cu - Ni Alaşımı: Isıl işlem sonucunda oda sıcaklığında sertleşir. Sıcakta mukavemetini kaybetmez. Patlamalı motorların silindir kafaları ve pistonların imalatında kullanılır.

Al - Zn - Mg Alaşımı: Bütün alüminyum alaşımlarından daha yüksek bir mukavemete sahiptir. Bundan dolayı da uçak sanayinde çok kullanılır.

Al - Mg Alaşımı: Deniz suyuna karşı dayanıklı olup çok yüksek mukavemete sahiptir. Gemi inşaatı, kimya ve gıda sanayinde, gözlük çerçevesi yapımında kullanılır.

4. DÜNYA ALÜMİNYUM REZERVİ

Alüminyum doğada çok yaygın bulunmasına rağmen, metal alüminyum ekonomik olarak boksit cevherinden elde edilir. Dünya boksit rezervi toplamı 55-75 milyar ton olup, bunun yaklaşık 30 milyar tonu işletilebilir rezerv durumundadır. Dünyanın en zengin boksit rezervine sahip ülkesi olan Gine'de 7,4 milyar ton rezerv bulunmaktadır. Gine'nin ardından sırasıyla Avustralya (6 milyar ton), Vietnam (3,7 milyar ton), Brezilya (2,6 milyar ton) ve Jamaika (2 milyar ton) gelmektedir. Bu beş ülke toplamda dünya boksit rezervinin %73'üne (22 milyar ton) sahiptir. Yüksek miktarda rezerve sahip diğer ülkeler sıralamasında Endonezya ve Çin (1 milyar ton), Guyana (850 milyon ton), Hindistan (830 milyon ton) ve Rusya (500 milyon ton) yer almaktadır.



(Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries 2018)

Şekil 1. Dünya işletilebilir boksit rezervi dağılım grafiği

Tablo 1. Dünya işletilebilir boksit rezervi

ÜLKE	REZERV (ton)	DÜNYA PAYI (%)
Gine	7.400.000.000	25
Avustralya	6.000.000.000	20
Vietnam	3.700.000.000	12
Brezilya	2.600.000.000	9
Jamaika	2.000.000.000	7
Endonezya	1.000.000.000	3
Çin	1.000.000.000	3
Guyana	850.000.000	3
Hindistan	830.000.000	3
Rusya	500.000.000	2
Yunanistan	250.000.000	1
Kazakistan	160.000.000	1
Malezya	110.000.000	0
ABD	20.000.000	0
Diğer Ülkeler	3.200.000.000	11
Toplam	30.000.000.000	100

(Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries 2018)

5. DÜNYA ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

Alüminyum üretimi birincil ve ikincil üretim olarak ikiye ayrılır. Birincil alüminyum boksitten, ikincil alüminyum hurdadan elde edilir.

Birincil alüminyum üretimi 3 ana aşamadan oluşur;

1. Boksit madeni işletmeciliği
2. Boksit cevherinden Bayer metodu ile alümina üretimi
3. Alüminadan elektroliz yöntemi (Hall-Herault metodu) ile metalik sıvı alüminyum üretimi

Bu aşamalar sonunda elde edilen sıvı alüminyumun külçe olarak dökülmesi, ekstrüzyon ve haddeleme işlemleriyle yarı ürün ve uç ürünlerin üretilmesi adımlarının her biri sektörde ayrı

bir sanayi kolunu oluşturur. Dnyada bu kademelerin tmünün bir arada bulunduğu tesis sayısı çok azdır. Ülkemizde bu kapsamda olan tek entegre tesis Seydişehir Alüminyum Tesisleridir.



Resim 1. Boksit madeni iřletmesinden görünüm

Genellikle yüzeye yakın olduğu için açık işletme ile çıkarılan boksit madeni saharının yakınına alümina tesisleri kurulur. Bu tesislerde çoğunlukla Bayer metodu (önce sudkostik eriyiği ile alüminyum hidroksit eldesi ve sonra kalsinasyon işlemi) kullanılarak boksit cevherinden alümina (Al_2O_3) elde edilir.



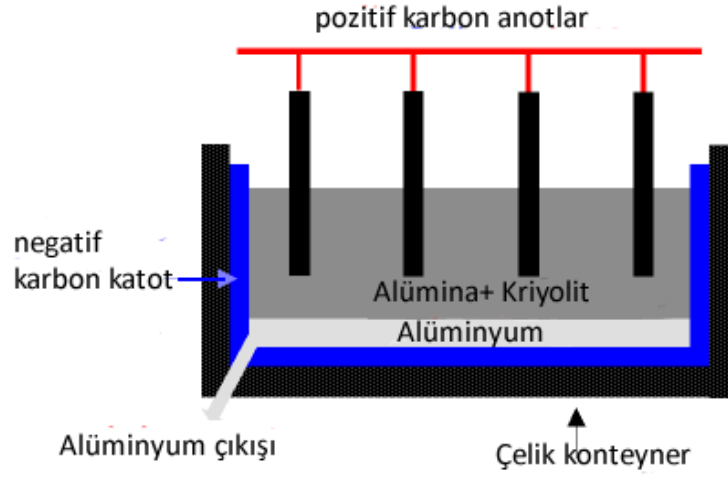
Boksit cevheri



Alümina

Sonraki aşamada, alümina elektroliz işlemi (Hall-Heroult Proses) ile alüminyuma dönüştürülür. Bu işlemde alümina eriyik kraylit banyosunda çözünür, çelik konteyner hücrede pozitif ve negatif karbon anotlar kullanılarak elektrolize edilir. Burada amaç alüminyumu

oksijenden arındırmaktır. Dipte biriken alüminyumun alınması ile işlem tamamlanır. **Genel olarak, ağırlıkça 4 birim boksitten, 2 birim alümina ve 2 birim alüminadan da 1 birim alüminyum elde edilir.** Bu işlem ile elde edilen sıvı alüminyum, sektörde birincil alüminyum olarak adlandırılır. Üretim aşamalarında en fazla enerji elektroliz işleminde kullanılır. Bu nedenle elektroliz tesisleri kurulurken yeterli, uzun süreli ve güvenilir elektrik enerjisinin sağlanabileceği yerler seçilmelidir.



Şekil 2. Elektroliz işlemi uygulama şeması



Resim 2. Elektroliz işleminde kullanılan çelik konteynerlar

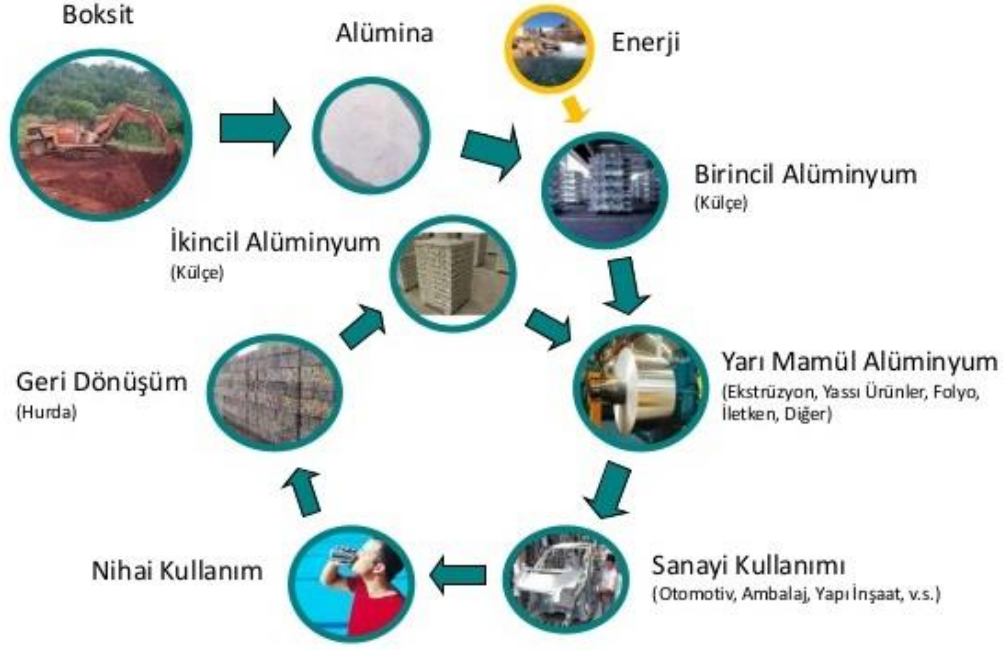
Sonraki aşamada sıvı alüminyum kalıplara dökülerek külçe ve çeşitli tiplerde ekstrüzyon ürünlerine dönüştürülür.



Resim 3. Birincil üretim ürünü alüminyum külçeler

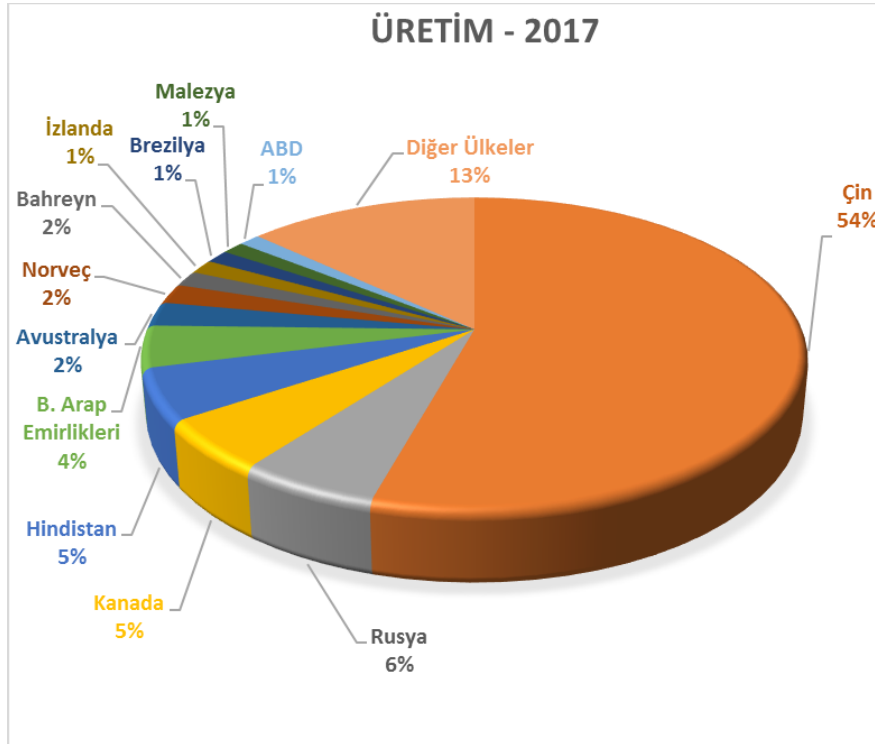
İkincil alüminyumun üretimi geri dönüşüm tesislerinde, hurda alüminyumun dönüşümü ile yapılmaktadır. Hurda olarak, alüminyumdan yapılmış her türlü eski ambalaj atıkları (içecek kutuları) ile uç ürün üretiminde çıkan yeni artıklar kullanılır. Alüminyum hurda arzının önemli bir kısmı içecek kutularından sağlanmakta olup, dünya ikincil alüminyum üretiminde içecek kutularının payı %25-55 arası değişmektedir. Bu pay ülkelerin yaşam standartlarına ve nüfuslarına paralel bir artış eğilimi göstermektedir.

Son yıllarda tüm dünyada ikincil alüminyum üretimine olan talep her geçen gün artmaktadır.  nk  çok daha az enerji kullanımı gerektirmekte ve daha az  evre sorunları yaratmaktadır. Geliřmiř ülkelerde geri dönüşümle Al  retimi daha fazladır. ABD alüminyum ihtiya ının çoğunu geri dönüşümden karşılamakta olup, 2017 yılında geri dönüşümden 3,7 milyon ton Al  retimi yapmış, bunun %43  n  eski, %57 sini yeni hurdadan elde etmiştir.



Şekil 3. Alüminyum üretim zinciri (kaynak: Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği-TALSAD)

Alüminyum sektörü, boksitten birincil alüminyum ve hurdadan ikincil alüminyum üreten, bunları kullanım amaçlarına göre alaşımlandıran, üretilen külçe döküm ve işleme ingotlarını, dökme, haddeleme, çekme ve dövme işlemlerine tabi tutarak piyasaya uç ürünler olarak sunan tüm kuruluşları kapsar.



(Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries 2018)

Şekil 4. Dünya birincil alüminyum üretim oranları grafiği

Son yıllarda birincil alüminyum üretiminde lider olan Çin, 2000 yılından itibaren artan iç talebini karşılayabilmek için üretimini hızla artırarak, 2017 yılında 32 milyon ton üretim yapmış, 59 milyon ton olan dünya toplam üretiminin %54 ünü gerçekleştirmiştir. Üretimde 2017 dünya sıralamasında Çin'in ardından, 3,6 milyon ton ile Rusya ve 3,2 milyon ton ile Kanada ve Hindistan gelir.

Avrupa ülkelerinde ise gittikçe artan çevre sorunları nedeniyle birincil Al üretimi son yıllarda giderek azaltılmıştır. Buna karşılık, yarı ürün işleme sanayinde yatırımlar yapılmaktadır. Genel olarak, yarı ürün ihracatçısı olan AB ülkeleri, ihtiyaçları olan birincil alüminyumu daha çok Norveç ve Brezilya'dan temin etmektedirler.

Tablo 2. Dünya birincil alüminyum üretim miktarları (ton)

ÜLKE	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Çin	23.500.000	26.500.000	28.300.000	31.400.000	31.900.000	32.600.000
Rusya	4.024.000	3.600.000	3.300.000	3.530.000	3.560.000	3.600.000
Kanada	2.780.000	2.967.000	2.858.000	2.880.000	3.209.000	3.212.000
Hindistan	1.704.000	1.703.000	1.939.000	2.355.000	2.723.000	3.200.000
B. Arap Emirlikleri	1.820.000	1.864.000	2.341.000	2.464.000	2.500.000	2.600.000
Avustralya	1.860.000	1.777.000	1.703.000	1.646.000	1.634.000	1.490.000
Norveç	1.145.000	1.155.000	1.250.000	1.225.000	1.220.000	1.220.000
Bahreyn	890.000	913.000	931.000	961.000	971.000	960.000
İzlanda	803.000	836.000	830.000	845.000	855.000	870.000
Brezilya	1.436.000	1.304.000	962.000	772.000	793.000	800.000
Malezya	120.000	291.000	400.000	400.000	620.000	760.000
ABD	2.070.000	1.946.000	1.710.000	1.587.000	818.000	740.000
Suudi Arabistan	0	187.000	662.000	835.000	840.000	740.000
Güney Afrika	665.000	822.000	745.000	695.000	701.000	714.000
Türkiye	43.700	42.200	30.400	45.900	50.000	82.000
Diğer Ülkeler	6.139.000	6.903.000	6.010.000	6.343.000	5.596.000	6.412.000
Toplam	49.300.000	52.200.000	54.200.000	58.100.000	58.900.000	59.900.000

(Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries 2018)

Dünya boksit rezervleri ile alüminyum üreticisi ülkeler karşılaştırıldığında ilginç bir sonuçla karşılaşıldığı görülmektedir. Alüminyum üretiminde önde gelen ülkelerin çoğu boksit rezervi bakımından son sıralarda yer almaktadır. Örneğin boksit rezervi bulunmayan Kanada, tamamı ithal cevhere dayalı olarak, dünyanın birçok ülkesinde birincil alüminyum üreterek, dünya sıralamasında üçüncü sırada yer almaktadır.

Dünyada önde gelen alüminyum üretici şirketler, menşei ülke ve üretim miktarları aşağıdaki tabloda sıralanmıştır.

Tablo 3. Dünya alüminyum üretiminde lider şirketler

İşletme Adı	Ülke	ÜRETİM (Ton)		2016-2017 Değişimi (%)
		2016	2017	
Hongqiao Group	Çin	5.886.000	6.446.000	9,5
UC Rusal	Rusya	3.685.000	3.700.000	0,4
Shandong Xinfu	Çin	3.200.000	3.700.000	15,6
Chalco	Çin	3.000.000	3.700.000	23,3
Rio Tinto	Kanada	3.646.000	3.551.000	-2,6
EGA	B.Arap Emirlikleri	2.471.000	2.500.000	1,2
CPI	Çin	2.300.000	2.400.000	4,3
Alcoa	ABD	2.420.000	2.300.000	-5
East Hope	Çin	2.100.000	2.100.000	0
Norsk Hydro	Norveç	2.085.000	2.094.000	0,4
Yunnan	China	1.200.000	1.600.000	33,3
Gansu Donxing	Çin	1.153.000	1.359.000	17,9
Hindalco	Hindistan	1.130.000	1.266.000	12
Vedanta	Hindistan	923.000	1.213.000	31,4
Toplam		35.199.000	37.929.000	7,8

Kaynak: www.lightmetallage.com



Resim 4. Alüminyumdan üretilen çeşitli ürünler

5.1. Boksit Dışı Kaynaklardan Alüminyum Üretimi

Günümüzde mevcut teknolojik koşullarda alümina üretiminin neredeyse tamamı boksitten, Bayer yöntemi ile karşılanmaya devam etmektedir. Ancak yüksek üretim miktarlarına bağlı olarak Bayer yöntemine uygun kalitedeki boksit rezervlerinin hızla azalması, alümina üretim maliyetlerindeki artışlar, bazı ülkelerin boksit rezervlerinin sınırlı olması ya da hiç olmaması gibi teknik ve ekonomik gerekçelerden dolayı, boksit dışı kaynaklardan alümina üretimi konusu bilimsel araştırmalar ve pilot tesis uygulamaları ile devam etmektedir.

Boksit dışı kaynaklar olarak hemen her coğrafyada sıkça rastlanabilen; kömür şeylleri, alünit, nefelinli siyenit, kyanit, andaluzit, sillimanit, ayrıca termik santral artığı uçucu külleri ve özellikle kil yatakları dikkat çekmektedir. Bunlardan en uygun kaynaklar, doğada bol ve yaygın bulunan, nispeten yüksek alüminyum tenörüne sahip olan, kil mineralleridir (kaolinit, profillit, illit, halloysit). Ancak boksitin alüminyum içeriği %50-60'larda iken, kil minerallerinin alüminyum içeriği yaklaşık %20-30 civarındadır. Dolayısıyla günümüzdeki mevcut teknoloji ile düşük tenörlü cevherlerden alümina üretimi halen ekonomik olmamaktadır.

Boksit kaynakları az olan, hiç olmayan veya Bayer yöntemine uygun nitelikte olmayan ülkelerde alümina ve alüminyum üretimi büyük ölçüde ithalatla karşılanmaktadır. Bayer yöntemi sürecinde oluşan “kırmızı çamurun” depolanmasının çevre için oluşturduğu potansiyel tehlikelerde boksit dışı alüminyum kaynağı arayışlarının bir diğer önemli nedenidir.

Birçok ülke Al üretimindeki enerji maliyetlerini düşürme ve boksit dışı kaynaklardan alüminyum üretimi yapabilme arayışları içerisinde. İlk olarak 1960-1970 yılları arasında ABD’de boksitik olmayan cevherlerden alümina üretmek için asit liçi ve alkali sinterleme yöntemleri ile denemeler yapılmıştır. Asit liçi yöntemi ile kil minerallerinden pilot ölçekte Al üretimi yapılmıştır. Ancak alkali sinterleme yöntemi, bazı teknik ve ekonomik zorluklardan dolayı laboratuvar aşamasında kalmıştır. Günümüzde Kanada ve Rusya’da asit liçi yöntemiyle pilot tesislerde killerden alümina üretimi yapılabildiği bilinmektedir.

5.2. Dünya Boksit Ve Alümina Üretimi

Dünyada yıllık yaklaşık 120-130 milyon ton alümina üretimi, 275-300 milyon ton boksit üretimi gerçekleştirilmektedir. Alüminyum hammaddesi üretiminde yıllar itibariyle artış gözlenmektedir. Önümüzdeki yıllarda bu artışın devam etmesi beklenmektedir.

Tablo 4. Dünya alümina ve boksit üretimi yapan ülkeler (ton)

Ülkeler	Alümina		Boksit	
	2016	2017*	2016	2017*
ABD	2.360.000	1.500.000	—	—
Avustralya	20.900.000	20.600.000	82.000.000	83.000.000
Brezilya	10.900.000	11.000.000	34.400.000	36.000.000
Kanada	1.570.000	1.570.000	—	—
Çin	60.900.000	72.300.000	65.000.000	68.000.000
Almanya	1.900.000	1.900.000	—	—
Yunanistan	821.000	820.000	1.800.000	1.800.000
Gine	—	—	31.500.000	45.000.000
Guyana	—	—	1.700.000	1.500.000
Hindistan	6.030.000	6.170.000	23.900.000	27.000.000
Endonezya	600.000	1.500.000	1.400.000	3.600.000
İrlanda	1.970.000	1.930.000	—	—
Jamaika	1.870.000	1.980.000	8.540.000	8.100.000
Kazakistan	1.500.000	1.500.000	5.000.000	5.000.000
Malezya	—	—	1.000.000	1.000.000
Rusya	2.680.000	2.800.000	5.430.000	5.600.000
Suudi Arabistan	1.430.000	1.450.000	3.840.000	3.900.000
İspanya	1.580.000	1.570.000	—	—
Ukrayna	1.510.000	1.660.000	—	—
Vietnam	600.000	600.000	1.200.000	2.000.000
Diğer Ülkeler	2.160.000	2.130.000	7.820.000	9.030.000
Dünya toplamı	121.000.000	130.000.000	275.000.000	300.000.000

*: Tahmini (Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries 2018)

6. DÜNYA ALÜMİNYUM TİCARETİ

Uluslararası ticaret merkezinin verilerine göre 2017 yılında; alüminyum ve alüminyum ürünleri bazında toplam 173,5 milyar dolarlık ithalat ve 172,5 milyar dolarlık ihracat yapılmıştır. İthalatçı ülkeler sıralamasında; 23,3 milyar dolar ile ABD lider olurken, onu Almanya, Japonya, Fransa ve Çin takip etmiştir. Türkiye bu listede on altıncı sırada 3,5 milyar dolarlık ithalat değerine sahiptir. İhracat lideri ülkeler sıralamasında Çin 22,6 milyar dolarlık ihracat değeri ile ilk sırada yer alırken Almanya, ABD, Kanada ve Rusya onu takip etmiştir. Türkiye 2,5 milyar dolarlık alüminyum ihracatı ile yirminci sırada yer almıştır.

Tablo 5. Alüminyum ve alüminyum ürünlerinde dünya ithalat ve ihracat lideri on ülke, 2017

2017		2017	
İthalatçı Ülkeler	Değer (milyar \$)	İhracatçı Ülkeler	Değer (milyar \$)
ABD	23,3	Çin	22,6
Almanya	18,7	Almanya	16,4
Japonya	8,3	ABD	11,6
Fransa	6,8	Kanada	9,8
Çin	6,6	Rusya	6,7
G.Kore	6,5	İtalya	6,4
İtalya	6,3	B.Arap Emirlikleri	6,2
Meksika	5,9	Fransa	5,3
İngiltere	5,1	Hollanda	4,8
Hollanda	4,9	İspanya	4
Diğer	81,1	Diğer	78,7
Toplam	173,5	Toplam	172,5

Kaynak: *International Trade Center-ITC*

7. TÜRKİYE BOKSİT REZERVİ ve ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

MTA tarafından 1940'lı yıllarda başlayan boksit arama çalışmaları sonucunda, ülkemiz görünür+muhtemel+mümkün rezerv toplamı 422 milyon ton, işletilebilir rezervin ise 63 milyon ton olduğu tespit edilmiştir. En büyük boksit rezervi Konya Seydişehir ve Antalya Akseki yöresinde bulunur. Bu sahalarda toplam (gör+muh+müm) rezerv 36,5 milyon ton, işletilebilir

rezerv 31 milyon ton'dur. Ayrıca, Muğla-Milas, Tufanbeyli-Saimbeyli, Zonguldak-Kokaksu, Isparta-Yalvaç, İslahiye-Payas, Bolkardağı ve Alanya bölgelerinde boksit yatakları mevcuttur.

Tablo 6. Türkiye boksit rezervleri

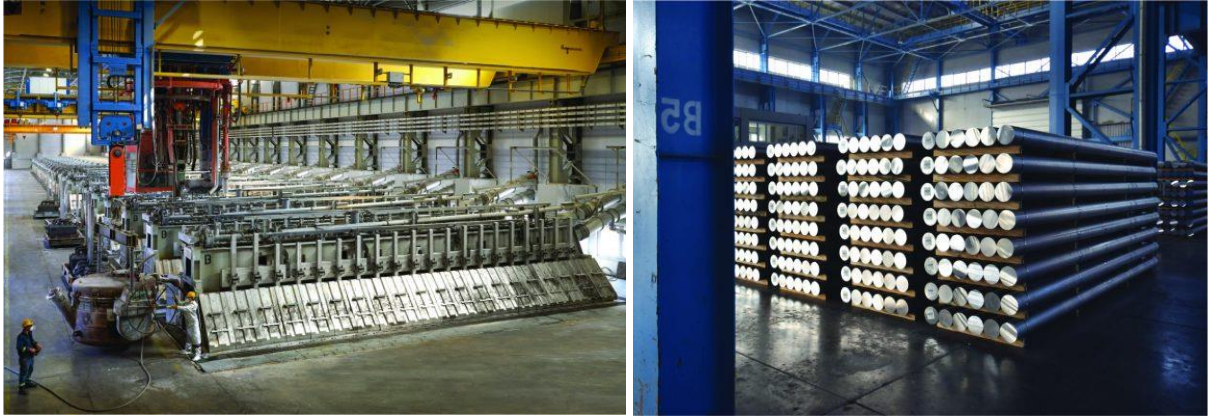
BÖLGE	BOKSİT REZERVİ (bin ton)				Cevher TİPİ
	Görünür	Muh.+Müm.	Toplam	İşletilebilir	
Seydişehir-Akseki	35.251	1.253	36.504	31.000	Böhmitik
Muğla-Milas-Yatağan	9.400	11.200	20.600	17.500	Diasporitik
Tufanbeyli-Saimbeyli	5.500	6.000	11.500	9.800	Diasporitik
Zonguldak-Kokaksu	5.900	3.400	9.300	5.000	Böhmitik
Yalvaç-Şarkikaraağaç	0	115.600	115.600	0	Demirli-Diasporitik
İslahiye-Payas	0	215.500	215.500	0	Demirli-Diasporitik
Bolkardağı-Mersin	0	3.900	3.900	0	Diasporitik
Alanya	1.300	7.700	9.000	0	Diasporitik
Toplam	57.351	364.553	421.904	63.300	

Kaynak: MTA, 2018

Alüminyum hammaddesi olan ve üretim yapılan kaynaklarımız Seydişehir-Akseki yöresindeki yataklardır. Al tenörünün %50 den fazla olduğu tespit edilen bu sahalar 1965 yılında işletilmek üzere MTA tarafından Etibank'a devredilmiştir. 9 Mayıs 1967'de Etibank Genel Müdürlüğü ile Tyazprom export (SSCB) arasında imzalanan anlaşma ile Seydişehir'de 60.000 ton/yıl sıvı alüminyum (birincil) kapasiteli Eti Alüminyum Entegre Tesisleri kurulmuştur. Tesislerde; ilk alümina 1973'de, ilk birincil alüminyum 1974'de üretilmiş, 1974–1979 arasında dökümhane ve haddehane üniteleri de işletmeye açılmıştır. Sıvı alüminyum üretim kapasitesi o yıllarda 60.000 ton/yıl olan tesis 1977 yılında % 100 kapasiteye ulaşmış, bir süre sonra ülkedeki büyük enerji sıkıntısı nedeniyle % 50'ye düşürülmüş, 1985 yılından itibaren tekrar tam kapasiteyle üretim yapmaya devam etmiştir. Ancak bu üretim ülkemizde her geçen gün artan alüminyum talebinin bir kısmını karşılayabilmektedir.

Seydişehir Alüminyum Tesisleri 2005 yılında özelleştirme kapsamında satılmıştır. Cengiz Holding tarafından satın alınan tesiste, modernizasyon çalışmaları sonucunda devreye giren yeni teknolojiler ile kapasite artışı sağlanmıştır. Tesislerde halen birincil alüminyum, külçe, ingot çeşitleri, alaşımlı külçe, sıcak rulo, levha, şerit vb. ürünlerin üretimi yapılmakta olup yıllık üretim kapasitesi şu şekildedir (www.cengizholding.com.tr);

500.000 ton/yıl	Boksit İşleme
340.000 ton/yıl	Alüminyum Hidroksit (Nemli)
13.600 ton/yıl	Kuru Alüminyum Hidroksit
3.600 ton/yıl	Etifine (Özel Hidrat)
200.000 ton/yıl	Alüminyum Oksit
105.000 ton/yıl	Ham Alüminyum
150.243 ton/yıl	Döküm Ürünleri



Resim 5. Seydişehir Eti Alüminyum A.Ş. tesislerinden görüntümler

İslahiye-Payas ve Yalvaç-Şarkikaraağaç bölgelerinde bulunan demirli boksitlerin rezervleri yüksek olmasına rağmen, teknolojik sorunlar nedeniyle, bu yataklardan üretim yapılamamıştır. Ancak özellikle Yalvaç bölgesinde yer alan düşük tenörlü demirli diasporitik boksitler, gelecekte Seydişehir Alüminyum Tesisleri için bir potansiyel olarak kabul edilebilir. Toros kuşağı dışında bilinen en önemli boksit yatakları Zonguldak-Kokaksu yöresindeki böhmitik tip

yataklardır. Ancak bölgenin tesislere uzak olması maliyetleri artırmakta ve işletilmesi ekonomik olmamaktadır. Milas-Yatağan yöresindeki sahalarda zaman zaman boksit üretimi yapılmış ancak daha sonra işletmeler kapanmıştır.

8. TÜRKİYE ALÜMİNYUM TİCARETİ

Ülkemizde alüminyum imalat sektörü, 6 milyar dolara yakın iş hacmiyle, ülke sanayinin en önemli unsurlarından birisi durumundadır. Son yıllarda, özellikle hadde ve ekstrüzyon ürünlerine yönelik yeni yatırımlar sayesinde, dünya pazarlarında rekabet edebilir ölçekte kapasitelere ulaşılmış olup, ihracatta önemli aşamalar kaydedilmiştir. Ülkemizde alüminyum sanayinde değişik alanlarda faaliyet gösteren 1.500'ü aşkın firma bulunmaktadır. Toplam istihdam 35.000 kişi civarındadır. Doğrudan inşaat sektörü ile ilgili olarak ise, ekstrüzyon alt sanayinde, 75'den fazla üretici firma faaliyet göstermektedir. Türkiye'de alüminyum sektöründe faaliyet gösteren firmaların toplam üretim kapasitelerinin 1,5 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Üretilen alt ürün gruplarında ekstrüzyon ürünleri ilk sırada yer alırken onu külçe, yassı ürünler, folyo, iletken ve diğer ürünler takip eder.

Alüminyum sektörümüz hammadde (birincil alüminyum külçe) ihtiyacının büyük kısmını ithalat ile karşılamaktadır. Ülkemizdeki tek entegre tesis olan Seydişehir Alüminyum Tesislerinde 2016 yılında 50 bin ton, 2017 yılında 82 bin ton birincil alüminyum üretimi yapılmıştır. Bu miktarlar sektörün hammadde ihtiyacının sadece yaklaşık %25'ini karşılayabilmektedir. Sektörde yıllık birincil alüminyum üretimi sabit kalırken, artan kullanımla birlikte ikincil alüminyum üretimi (ekstrüzyon, külçe, yassı ürünler, folyo, iletken ve diğer) dünya üretimine paralel şekilde her yıl artış göstermektedir.

Alüminyum ve alüminyum ürünleri ihracatı 2017 yılında 2,08 milyar dolar, ithalat değeri 3,36 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 7. Türkiye 2017 yılı ürün tipi bazında alüminyum ithalat ve ihracat verileri

ÜRÜN TİPİ	İHRACAT	İTHALAT
	DEĞER (Milyon \$)	DEĞER (Milyon \$)
Birincil Alüminyum (7601)	91,10	2.272,96
İkincil Alüminyum (7602)	31,25	124,08
Alüminyum tozları ve ince pullar (7603)	4,10	12,71
Çubuk ve profiller (7604)	674,49	64,16
Teller (7605)	33,37	90,80
Saclar, levhalar (7606-7607)	743,30	653,23
Diğer (7608-7614)	407,72	143,18
TOPLAM	2.085,33	3.361,12

Kaynak: TÜİK

Alüminyum ve alüminyum ürünleri sektöründe 2017 yılında en çok ihracat yapılan ilk 5 ülke; Almanya (325,9 milyon dolar), İngiltere (135 milyon dolar), İtalya (115,5 milyon dolar), Irak (103,7 milyon dolar), Fransa (87,3 milyon dolar) ve ithalat yapılan ilk 5 ülke; Malezya (634,7 milyon dolar), Rusya (562,3 milyon dolar), Almanya (239,2 milyon dolar), BAE (164,8 milyon dolar), Katar (153 milyon dolar) olmuştur.

Ülkemizde 260600000000 GTİP numarası ile “Alüminyum cevherleri ve zenginleştirilmiş alüminyum cevherleri” adı altında alüminyum cevheri ticareti yapılmaktadır. Alüminyum cevheri ticaretinin son 5 yıldaki görünümü aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 8. Alüminyum cevheri dış ticareti

Yıllar	İhracat		İthalat	
	Miktar (kg)	Değer (\$)	Miktar (kg)	Değer (\$)
2013	215.732.175	7.231.111	34.716.157	15.976.394
2014	212.747.263	8.813.512	32.589.010	14.307.093
2015	226.021.519	8.785.103	30.493.172	10.371.356
2016	502.506.237	13.750.101	34.900.010	9.831.494
2017	627.036.214	14.854.686	52.143.788	16.980.195

Kaynak: TÜİK

Alüminyum cevheri 2017 yılı dış ticaretinde öne çıkan ülkelere baktığımızda;

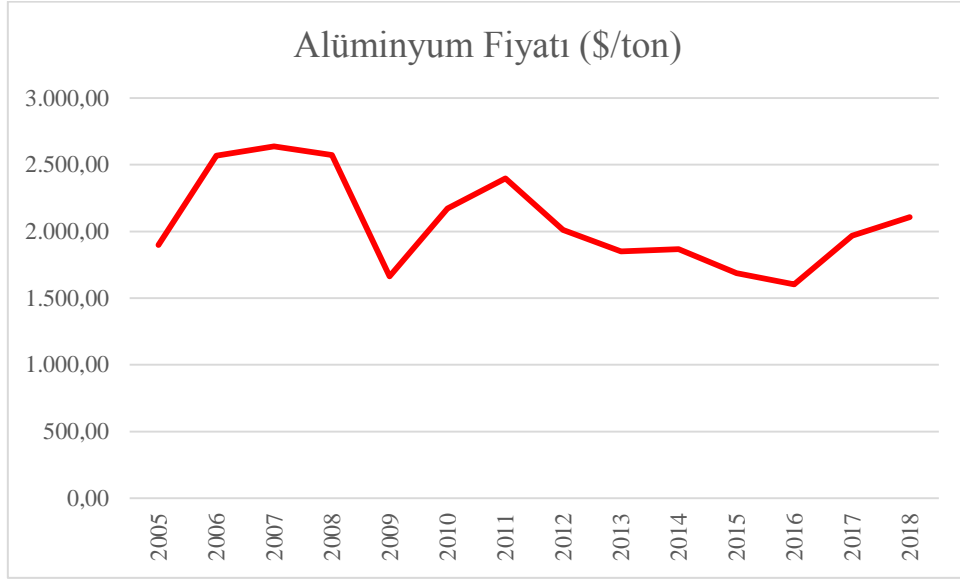
İthalatta; Çin 36.187 ton karşılığı 12 milyon dolarla ilk sırada yer alırken, Guyana 12.788 ton karşılığı 4 milyon dolarla ikinci ve Hindistan 2.340 ton karşılığı 617.190 dolarla üçüncü olarak sıralanmaktadır. Bu üç ülke toplam ithalatın yaklaşık %98’ini gerçekleştirmektedir.

İhracatta; ABD 177 bin ton karşılığı 3 milyon dolar ile ilk sırada yer alırken sırasıyla; Yunanistan (2,6 milyon dolar), İspanya (1,6 milyon dolar), İsrail (1,46 milyon dolar), Polonya (910,6 bin dolar), Kuveyt (891 bin dolar) ve Hırvatistan (723 bin dolar) takip etmektedir. Bu 7 ülke toplam ihracatın %76’sını gerçekleştirmektedir.

9. ALÜMİNYUM FİYATI

Dünya ekonomisinde önemli yeri olan birincil alüminyum fiyatları 2000 yılındaki ortalama 1.549 dolar/ton seviyesinden sürekli artış göstererek 3.000 dolara yaklaşmış, ancak 2008 yılı ikinci yarısında başlayan düşüş yılında ekonomik kriz nedeniyle ani bir düşüşle 1.600 dolar/ton seviyelerine gelmiştir. Sonraki yıllarda nispeten fiyat artışı yaşanmasına rağmen 2012 yılından beri 1.500 - 2.000 dolar bandında seyretmektedir. Trading Economics küresel makro modelleri ve analistlerin beklentilerine göre, alüminyumun bu çeyrek sonunda 1.900 dolar

seviyesinden işlem görmesi beklenmektedir. İleriye dönük olarak, 12 aylık süre sonunda ise 1.800 dolar seviyelerinde işlem görmesi tahmin edilmektedir.



Şekil 5. Metal alüminyumun yıllık ortalama fiyatları (Kaynak: metalary.com)

Min. %86 Al₂O₃ 0-25mm kurutulmamış parça FOB Şangay, Çin teslimi olan refrakter boksit 2016 yılında 300 dolar iken 2017 yılının ortalarında 465-480 dolar seviyesine çıkmış 2018 yılının son aylarında ise 450 dolar seviyesinde seyretmektedir.

Hidratlaştırılmış alümina, %57-60 Al₂O₃, %5-8 nem içeren malzemenin fiyatı 2016 yılında 330 dolar seviyesinde iken 2018 yılında 300 dolarlar seviyesinde seyretmektedir.

10. ÖNERİLER

Endüstri ve teknoloji geliştikçe, şehirleşme ve nüfus arttıkça alüminyum kullanımı artmaktadır. Daha hafif, sağlam, verimli, uzun ömürlü ve sonuçta daha ekonomik ürünler için, alüminyum tercih edilmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de alüminyum, demir ve çelikten sonra en fazla kullanılan ana metal konumunu sürdürmekte ve sahip olduğu dekoratif görünüm, natürel veya renkli kaplama ile inşaat sektöründe kullanıcılara zengin seçenekler sunmaktadır. Özellikle ulaştırma, inşaat ve ambalaj sektörlerinde olmak üzere, yeni teknolojilerin de etkisiyle kullanımı sürekli artan alüminyum, 21. yüzyılın metali olarak görülmektedir.

Ülkemizde birincil alüminyum üretiminde kullanılan boksit yurtiçi kaynaklardan karşılanmaktadır. Refrakter sanayinin ihtiyacı olan refrakter boksit ise ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Ülkemizin boksit rezervi uzun yıllar yetecek seviyededir. Boksitte, yeni

kaynakların aranması ile birlikte, mevcut tesislerin kapasitelerini artırmak için yatırımlar yapılmalıdır.

Birincil alüminyumda yüksek oranda ithalat bağımlılığı bulunan Türkiye'nin alüminyum tüketimi artarak devam edecektir. Birincil alüminyum üretiminde kapasite arttırılmadığı sürece bu artış tamamen ithalat ile karşılanacak ve sonuçta sektörün hâlihazırdaki yüksek ithalat bağımlılığı daha da artacaktır. Bu sebeple, birincil ve ikincil alüminyum üretimine yönelik yatırımların desteklenmesi gerekmektedir.

Enerji maliyetinin, birincil alüminyum üretim maliyetleri içerisindeki payı yaklaşık olarak %40 düzeyindedir. Bilindiği gibi, ülkemizde birincil alüminyum üretiminin önündeki en büyük engel enerji maliyetlerinin yüksekliğidir. Bu sebeple, birincil alüminyum üretiminin artırılabilmesi için enerji maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir.

Küresel çapta alüminyum üretimi, cevherin çıktığı yerlerden üretim maliyetlerinin düşük olduğu (elektriğin ucuz olduğu) yerlere kaymaktadır. Bu sebeple sadece yurtiçi değil, yurtdışında enerjinin ucuz olduğu ülkelerde de birincil alüminyum yatırım olanaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bilindiği üzere, ikincil alüminyum üretimi ve hurda alüminyum geri dönüşümü ülkemizde yetersiz seviyededir. İkincil alüminyum üretiminde kullanılan enerji miktarının birincil alüminyum üretimine oranla çok daha düşük seviyelerde olduğu göz önünde bulundurulduğunda, hurda alüminyum geri dönüşümünün arttırılması ve bu amaca dönük Ar-Ge yatırımlarının desteklenmesi gerekmektedir.

Tüm dünyada alüminyum teknolojinin yoğun olduğu sektörlerde (savunma sanayi, uçak, inşaat, otomobil, otomobil yan sanayi ve meşrubat kutusu imalat sanayisi) kullanımın giderek arttığı dikkate alındığında, yüksek teknoloji üretimlerinin yapılabilmesi için; yüksek alaşımlı sıcak hadde teknolojisine dayalı Ar-Ge ve yatırım teşviklerinin artırılması ve nitelikli alüminyum üretiminde savunma sanayi - özel sektör işbirliğinin etkin bir şekilde çalışması gerektiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Derleme çalışması olan bu kitapçığın hazırlanışında aşağıda yer alan web sayfalarından ve raporlardan yararlanılmıştır.

1. www.mta.gov.tr
2. www.aluminum.org
3. www.world-aluminium.org
4. www.metalary.com
5. www.minerals.usgs.gov (U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2018)
6. www.intracen.org (International Trade Center)
7. www.trademap.org (International Trade Statistics)
8. www.lme.com (London Metal Exchange)
9. www.nrcan.gc.ca (Natural Resources Canada)
10. www.metalpedia.asianmetal.com (Asian Metal)
11. www.lightmetalage.com
12. www.investingnews.com
13. www.worldsrichestcountries.com
14. www.talsad.org.tr (Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği-TALSAD)
15. www.tuik.gov.tr
16. www.metalbulletin.com
17. www.indmin.com
18. www.malzemebilimi.net
19. www.bizvibe.com
20. www.makinaegitimi.com
21. Kalkınma Bakanlığı, 10. Kalkınma Planı, Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2015