

KRİTİK HAMMADELER

Merve DEMİRTAŞ Yalova Üniversitesi
Ahmet TURAN Yalova Üniversitesi
Erman CAR TMMOB Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası
Onuralp YÜCEL İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖZET

Kritik hammaddeler Avrupa ekonomisi, büyümesi ve yeni teknolojik iş alanları için oldukça büyük bir öneme sahip olmak ile birlikte, yaşam kalitesini korumak ve geliştirmek için de bir şart olarak görülmektedir. Son yıllarda farklı ürünlerde kullanılan hammadde sayısının arttığı görülmekte olup yeri dolduramayacak olan bazı önemli hammaddelerin güvenilir ve sürekli bir şekilde teminini sağlamak Avrupa Birliği (AB) ve Dünya çapında hedeflerden biri haline gelmiştir. Bu koşulların sonucu olarak, hammadde sorunlarına karşı AB düzeyinde çözüm bulmak üzere "hammadde girişimi" adı altında çalışmalar başlatılmıştır. Bu makalede, AB'de güncel olarak belirlenen 20 kritik hammadde ve özellikleri, hem AB hem de Dünya'da kritik hammaddeler konusundaki çalışmalar ile beraber paylaşılmıştır. Ayrıca, AB için önemli bir kritik hammadde sağlayıcısı olan ülkemizin durumu ve potansiyeli de özetlenilmiştir.

1. TEMEL BİLGİLER

Kritik hammaddeler (critical raw materials, CRM) tanımı, Avrupa Birliği için ekonomik ve stratejik açılardan önemli ancak kaynaklarının temin edilmesinde yüksek risk bulunan hammadde türleri için kullanılmaktadır [1].

Avrupa Birliği üyesi gelişmiş ülkelerde, ilerleyen teknolojiyle doğru orantılı artan hammadde ihtiyaçları nedeniyle bu hammaddelerin teminine yönelik olarak geleceğe dair stratejiler, planlar oluşturmak ve yapılacakları belirlemek amacıyla birçok çalışma yürütülmektedir [2, 3].

Bir hammaddenin kritik hammadde olarak tanımlanabilmesi için sadece mevcut hammaddenin kaynaklarının az bulunur veya sınırlı olması yeterli değildir. Bir hammaddenin kritik hammadde olarak tanımlanabilmesi için aşağıdaki şartların da oluşması gerekmektedir [1].

Avrupa ekonomisinde kilit sektörler için yüksek bir ekonomik öneme sahip olmak (çevre teknolojileri, otomotiv, havacılık, savunma, sağlık, elektronik vb.),

Yüksek ithalat bağımlılığı yanı sıra sadece bazı ülkelerde bu hammaddelerin bulunması sebebiyle tedarik riskinin bulunması,

İkame hammaddelerin yakın gelecekte bulunamayacak olması [1].

Avrupa Komisyonu'nun 2010 yılında yayımladığı kritik hammaddeler listesinde yalnızca 14 hammadde bulunurken listenin 2013 yılında revize edilmesi ile listeye 6 yeni hammadde eklenmiş ve kritik hammaddelerin sayısı 20'ye ulaşmıştır (Çizelge 1) [4]. Kritik hammadde konseptinden bağımsız olarak AB tarafından kabul edilen kritik hammaddeler için ülkemiz üniversitelerinde, bilimsel ve teknolojik gelişmeye ışık tutacak pek çok çalışma da uzun dönemlerden beri gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 1. AB düzeyinde güncel kritik hammaddelerin listesi [1].

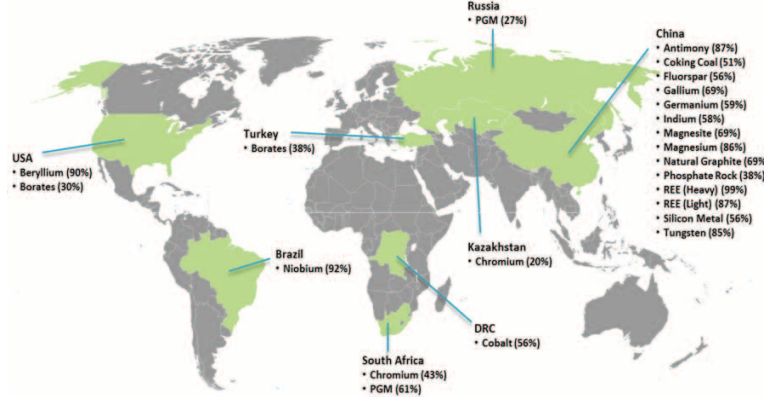
Antimon	Berilyum	Boratlar	Doğal grafit
Fluşpat	Fosfat kayası	Galyum	Germanyum
İndiyum	Kobalt	Kok kömürü	Krom
Magnezyum	Manyezit	Nadir toprak metalleri (ağır)	Nadir toprak metalleri (hafif)
Niyobyum	Platin grubu metaller	Silisyum	Tungsten

2. TARİHSEL GELİŞİM VE KRİTİK HAMMADELERE İLİŞKİN ÇALIŞMALAR

Hammaddeler ve doğal kaynaklar konusu sadece günümüzde değil, tarihin akışı içinde her zaman kritik ve stratejik bir öneme sahip olmuştur. Örneğin 1. Dünya Savaşı'nın çıkma sebepleri arasında Avrupa'nın önemli kömür yataklarından olan Alsas-Loren'i ele geçirme çabalarının önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir [2, 5].

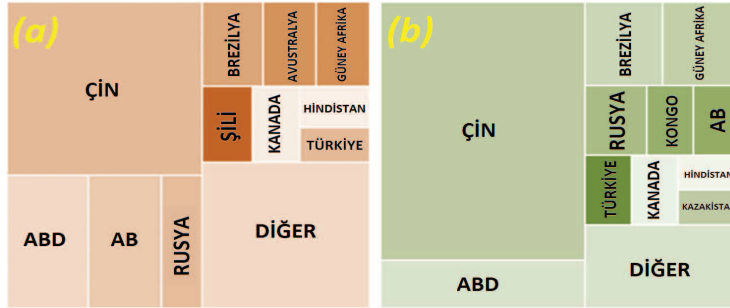
George Friedman "Gelecek 100 Yıl" adlı eserinde; hammaddeler konusunun öneminden bahsederek gelişmekte olan ve sanayileşmiş ülkelerin mevcut durumlarını korumak, geliştirmek ve devamlılığını

“AB Kritik Hammaddeler Birliği (CRM Alliance)”, kritik hammaddelerin Avrupa ekonomisi için önemini savunmak ve güçlü bir Avrupa CRM politikası geliştirmek için endüstri tarafından yaratılmıştır. CRM Birliği, üreticilerin, derneklerin ve tüketicilerin temsili bir organdır. CRM Birliği, listelenen 20 kritik hammaddenin neredeyse tamamını temsil etmekte ve giderek büyümektedir [1]. AB için 20 kritik hammaddenin başlıca tedarikçileri, tedarik oranları ile Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. AB’ye kritik hammaddeleri sağlayan ülkeler ve tedarik oranları (2014) [4].

AB için kritik hammaddelerin en büyük tedarikçisi Çin olmakla birlikte birçok farklı hammadde için farklı tedarikçi ülkeler bulunmaktadır. Örneğin; Rusya ve Güney Afrika, platin grubu metaller (PGM) için en büyük tedarikçilerdir. Türkiye bor, ABD berilyum için birincil kaynak iken AB ise tüm kritik hammaddeler için % 9’luk kaynak sağlayabilmektedir. Yükselen ekonomilerin büyük bir çoğunluğu kendi kullanımları için yeterli olan kısmını saklı tutmak kaydıyla; vergilendirme, ticaret ve yatırım araçlarına bağlı olarak endüstriyel anlamda gelişim stratejileri izlemektedirler. Ayrıca Şekil 3’te AB’ye kritik hammaddeleri sağlayan ülkelerin nispi dağılımı verilmiştir [4, 7, 8].



Şekil 3. AB için (a) 2013 yılında incelenen 54 hammaddenin tedarikçi ülkelere göre dağılımı, (b) 2013 yılında belirlenen 20 kritik hammaddenin tedarikçi ülkelere göre dağılımı [4].

3. KRİTİK HAMMADELER VE TÜRKİYE

Türkiye kritik hammaddeler konusunda önemli bir tedarikçi konumundadır. Daha önce bahsedildiği gibi AB’de belirlenen 20 kritik hammadde içinde bulunan bor içeren bileşiklerin en önemli tedarikçisi Türkiye’dir. Dünya bor rezervlerinin % 73’lük kısmı ülkemizde bulunmaktadır. Eti Maden Avrupa pazarındaki tek Türk firması olmakla birlikte lider konumundadır ve bor kimyasallarının % 97’sini 100’den fazla ülkeye ihraç etmektedir. Aynı zamanda Eti Maden Dünya’daki bor pazarı içerisinde de en büyük paya sahip firmadır [1].

Türkiye’de bulunan bir diğer kritik hammadde ise doğal grafitir. Türkiye’nin 8. Beş Yıllık Kalkınma Planında: “Türkiye’de grafit çalışmaları, Maden Dairesi ve MTA Genel Müdürlüğü kayıtlarına göre, 1941 yılında başlamış ve 22’yi aşkın bölgede ekonomik değere sahip, az sayıda yatağın varlığı saptanmıştır, ülkemizdeki oluşumların tamamına yakını amorf tip grafitir” ifadeleri bulunmaktadır [2].

1980'li yıllarda ülkemizde yeraltı madenciliği şeklinde çalışmakta olan iki doğal grafit maden sahası, Kütahya-Altıntaş-Oysu bölgesinde bulunan Karabacak Madencilik ile Muğla-Milas-Yayladerede bulunan Bilginer Madencilige ait sahalardı. Ancak 1992 yılında Rusya'nın krize girmesi, petrol kokunun grafitte alternatif olarak demir çelik sanayinde kullanılması ve Çin'in düşük fiyatlarla piyasaya girmesi ile grafit piyasası bir çöküşe girmiştir. Hem ülkemizde hem de Dünya'da birçok tesis üretimlerini durdurmak zorunda kalmışlardır. 1999 yılına kadar az da olsa ülkemizde grafit üretimi devam etmiş ancak bu tarihin sonrasında yüksek bir üretim söz konusu olamamıştır. 2008-2009 yıllarında Oysu'da bulunan tesis tekrar üretime başlamış ancak önceki üretim ve ihracat hacmine ulaşamamıştır. Grafit önemi giderek artan, stratejik ve kritik bir hammadde. Ülkemizdeki bilinen grafitlerin büyük bir kısmı amorf tipte grafitir ve yalnızca amorf tip grafit olarak düşünüldüğünde dahi mevcut rezervlerimizin ortalama tenörü oldukça yüksek ve üretim maliyetleri düşüktür [2].

1987 yılından bu yana Çin'in cevher ve konsantr üretiminde lider konumunda olduğu bilinmekle birlikte ülkemiz kritik hammadde olarak belirlenen antimon açısından hiç de azımsanamayacak ölçüde rezerve sahiptir. Türkiye'de mevcut en önemli antimon yatakları Kuzey-batı Anadolu, Tokat-Turhal ve Niğde-Gümüşler bölgelerinde bulunmaktadır. Rezerv açısından büyük yataklarımız Kütahya-Simav-Dağardı, İzmir-Ödemiş-Emirli, Tokat-Turhal, Balıkesir-İvrindi ve Kütahya-Gediz'dedir. Tokat-Turhal yatakları, Özdemir Antimon Madenleri A.Ş. tarafından işletilmekte olup Turhal bölgesinde 7 adet, İzmir bölgesinde 1 adet ve Kütahya bölgesinde 1 adet antimon madenciliği işletmesi mevcuttur [9, 10].

Ülkemizde kaynakları bulunan bir diğer kritik hammadde ise fluşpattır (florit). Fluşpat, Türkiye'de yoğun olarak Kırşehir, Yozgat ve Eskişehir yörelerinde bulunmaktadır. Kırşehir ve Yozgat bölgelerinde bulunan fluşpat cevherleri, asidik magma kayalarına bağlı olarak gelişmiş hidrotermal damarlar şeklinde oluşmuştur. Eskişehir-Sivrihisar bölgesinde bulunan yatak ise kompleks cevher (barit ve nadir toprak elementleri ile birlikte) şeklinde, asit volkanizma ve karbonatitlere bağlı olarak gelişmiş hidrotermal damar tipi cevherleşme şeklindedir. Türkiye'de daha çok Kırşehir (Çiçekdağı, Akçakent ve Kaman) yörelerinde üretilen fluşpatın kalitesi dünya standartlarına uygundur [11].

Ülkemizde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde önemli fosfat rezervlerinin mevcut olduğu bilinmektedir.

Bingöl ilinde MTA tarafından 27 noktada toplam 2971 m fosfat arama amaçlı sondaj çalışmaları yapılmıştır. Genç-Avnik apatitli manyetit sahalarda % 0,67 - 12,96 arasında değişen P_2O_5 ve % 0,2 - 52,54 arasında Fe_2O_3 tenörlü yaklaşık 52 milyon ton görünür rezerv tespit edilmiştir. Bölgedeki fosfat yataklarının demir ile birlikte işletildiğinde ve zenginleştirme çalışmalarının olumlu olması halinde ekonomik olabileceği düşünülmektedir. Bitlis-Ünaldı apatitli manyetit yataklarında % 2,5 - 4,4 P_2O_5 ve % 15 - 15,6 Fe_2O_3 içerikli 6,3 milyon ton cevher bulunduğu bilinmektedir. Adıyaman-Tut ilçesinde İnişdere fosfat zuhuru % 7 - 10 P_2O_5 tenörüne sahiptir ve sahanın potansiyel rezervi 8.370.260 tondur. Bunların dışında en önemli rezervler Mardin'de yer almaktadır. Ancak günümüzde ülkemizde kayda değer bir fosfat üretimi bulunmamaktadır. Yerli üretim olmadığı için madencilik alanında ithalatı yapılan en önemli ürünler arasında yer alan fosfat, tümüyle gübre üretimi amacıyla kullanılmaktadır [12].

Türkiye'de, yüksek miktarda dolomit ve manyezit bulunmaktadır. Çok ince kristalli, hatta yer yer amorf olan ve neredeyse hiç demir içermeyen jel (amorf) manyezit tipindeki yataklar Eskişehir, Çorum, Sivas, Kütahya, Konya, Erzurum, Mersin ve Bursa bölgelerinde bulunmaktadır. Dolomit, Türkiye'de Kambrien'den Tersiyer'e kadar oldukça uzun bir yaş aralığında mevcuttur ve hemen her yörede az veya çok miktarda dolomit kaynaklarına rastlamak mümkündür. Buna rağmen dolomit etütleri devam ettirildiği sürece mevcut kaynakların artacağı ve ortaya daha çok sayıda dolomit yataklarının çıkacağı düşünülmektedir. Mevcut yataklar ülke ihtiyacını uzun yıllar rahatlıkla karşılayabilecek miktardadır. Magnezyum içeriklerinin de yeteri kadar yüksek olması, birincil magnezyum üretimini mümkün kılmaktadır. Türkiye'de 2010 yılında yapılan 5 yıllık kalkınma planında ülkemizde 155 milyon ton rezerv ve 5 milyon ton potansiyel rezerv ile birlikte toplam 160 milyon ton manyezit bulunduğu rapor edilmiştir. Ayrıca ülkemizde 18,8 milyar ton % 15 MgO ve üzeri tenörlü görünür ve muhtemel dolomit rezervi bulunmaktadır [13, 14].

Dünya magnezyum talebinin yaklaşık % 85'i Çin tarafından karşılanmaktadır. Ülkemizde ise uzun yıllardan sonra ilk kez Ezcacıbaşı Esan Birincil Magnezyum Üretim Tesisi adı altında vakumda metalotermik redüksiyon ile üretim yapan bir birincil magnezyum üretim tesisi devreye alınmıştır. Tesis Türkiye'nin ilk magnezyum tesisi olmasının yanısıra, Avrupa'nın da tek birincil magnezyum üretim tesisi olma özelliğini taşımaktadır. ESAN birincil magnezyum tesisi 2015 Eylül ayında deneme üretimlerine başlamış ve Mayıs 2016 itibarı ile % 25 kapasiteye

ulaşmıştır. Güncel üretimi %99,80-99,95 saflıkta ve 8-12 kg ağırlığında birincil magnezyum külçedir ve yıllık üretim miktarı 15.000 t magnezyumdur. Firmanın yakın hedefleri arasında alaşımli magnezyum üretimi de bulunmaktadır. ESAN'ın yaklaşık 90 milyon tonluk rezerve sahip dolomit yatakları mevcuttur. Yakın gelecekte açılması beklenen bir adet daha birincil magnezyum tesisi ile ülkemiz yıllık birincil magnezyum üretiminin 30.000 tona çıkması beklenmektedir [15].

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Türkiye'de 1,322 milyar ton jeolojik taş kömür rezervi vardır, bunun 519 milyon tonu kanıtlanmıştır. Bu rakam dünya kanıtlanmış kömür rezervlerinin % 0,13'ünü oluşturur. Rezerv türleri arasında koklaşabilir rezervler toplam 0,9 milyar ton ile tüm rezervler içinde % 66 paya sahipken yarı koklaşabilir ve koklaşmaz kömürler sırasıyla 33 milyon ve 0,4 milyar tonluk rezervi oluşturmaktadır [15, 16].

Türkiye'de taş kömürü üretim miktarında 2000 yılından günümüze düşüş yaşanmaktadır. 2014 yılında Türkiye'de toplam 1,8 milyar ton taş kömürü üretilmiştir. 2013 yılında tüketilen 33,8 milyar ton taş kömürünün 1,9 milyonu yurtiçi üretimden karşılanırken, geri kalan kısmı büyük ölçüde ithal edilmiştir. Ülkemiz başlıca taş kömürü maden sahaları, Zonguldak havzasındaki Amasra, Armutçuk, Kozlu, Üzülmüş ve Karadon'dadır [16, 17].

Türkiye'de krom madenciliği 1850'li yıllarda başlamıştır. Bugüne kadar Türkiye, dünya krom pazarında önemli paya sahip ülkelerden biridir. Bazı yıllarda üretim bakımından ilk sırada yer almış, çoğu yıllarda 3. ile 6. sıralar arasında yerini korumuştur. Bugüne kadar ülkemizde 47 milyon ton krom cevheri üretildiği hesap edilmektedir [18].

Türkiye krom cevheri üretimi 2.080.043 ton ile 1995 yılında en üst düzeye ulaşmıştır. 1995 yılını takip eden yıllarda üretim genel bir azalma eğilimine girmiş, bu eğilim 2000 ve 2001 yılında daha da artmış, 2001 yılında 389.759 tona kadar gerilemiştir. 2003 yılında ise, krom piyasasındaki canlanmalar nedeniyle talep artışına bağlı olarak fiyatlar da yükselmiştir. Bu nedenle, sonraki iki yılda üretim miktarları kısmen artmıştır. Türkiye'de krom yatakları belirgin bir dağılım düzeni göstermeksizin peridotitler içinde ülke geneline yayılmış durumdadır. Türkiye'de 1000 kadar tek veya grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zuhuru bulunmaktadır. Coğrafik yönden ülkemiz krom yataklarının dağılımı 6 bölgede toplanabilir; Guleman (Elazığ Yöresi), Fethiye-Köyceğiz-Denizli Yöresi, Bursa-Kütahya-Eskişehir Yöresi, Mersin-Adana-Kayseri Yöresi, Sivas-Erzincan-Kopdağ Yöresi

ve İskenderun-Kahramanmaraş Yöresi [18]. Elazığ'da kurulan bulunan Eti Krom A.Ş. tesisinde yıllık 165.000 t yüksek karbonlu ferrokrom üretimi gerçekleştirilmekte, Antalya'da bulunan Eti Elektrometalurji tesisinde ise yıllık 36.000 t düşük karbonlu ferrokrom üretim kapasitesi ile çalışılmaktadır. Krom maden yatakları açısından oldukça zengin olan ülkemizde ferrokrom üretim miktarları, söz konusu tesislerde son dönemde yapılan kapasite artışı çalışmalarına rağmen henüz yeterli katma değeri sağlamaktan uzaktır [19, 20]. Güncel olarak ülkemizde, yüksek katma değerli bir ürün olan metalik krom da üretilmemektedir.

4. GELECEK PROJEKSİYONU

Gelecek 20 yılda kritik hammadde taleplerinde oldukça büyük bir artış meydana gelmesi ve bu durumun giderek artan petrol ihtiyacına da bağlı olarak gerçekleşmesi öngörülmektedir. Dünyada birçok hammadde için mevcut tüketimdeki yıllık ortalama büyüme oranı % 3 ile % 5 arasındadır. Birincil kaynakların üretimi üzerindeki baskıyı azaltmak için madencilikte verimliliğin artması beklenmektedir. Hurda ve atıklardan oluşan ikincil kaynakların kullanımının günümüze oranla daha da artacağı açıktır. Demir-çelik, bakır, alüminyum, kurşun gibi ana metallerin geri dönüşümü halihazırda yüksek oranlarda gerçekleştirilmektedir. Ancak, bu ana metallerin geri dönüşümünde de daha yüksek oranlara ulaşılacağı beklenilmektedir. Ayrıca yüksek teknoloji uygulamalarda kullanılan berilyum, galyum, germanyum, lityum, tantal veya nadir toprak metalleri gibi metallerin de giderek daha yüksek oranlarda geri kazanılacağı öngörülmektedir [21].

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyadaki gelişmeler takip edilerek ve ülke olarak kendi madencilik ve metalurji stratejilerimizi geliştirerek grafit, antimon, tungsten gibi daha önce ülkemizde üretilmiş ya da hala üretilmekte olan kritik hammaddeler konusunda kendi endüstrilerimizi geliştirmemiz tekno-ekonomik bir zorunluluktur. Türkiye doğru stratejiler, doğru yatırımlar ve Ar-Ge ile büyük projelere eşdeğer kar ve gelir elde edebilir. AB ülkeleri ve Dünya'da birçok ülkenin dikkatini çeken kritik hammadde stratejileri konusunda, Türkiye'de henüz bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca, ülkemiz endüstrisinin kullandığı enerji maliyetlerinin düşürülmesi, kritik hammaddelerin üretimini sağlayacak ve mevcut üretim miktarlarını daha da arttıracaktır.

Ülkemiz üniversitelerinde antimon, kobalt, kok kömürü,

magnezyum ve PGM gibi pek çok kritik hammadde konularında akademik düzeyde çalışmalar yürütülmüş ve yetişmiş insan gücüyle birlikte bilgi birikimi sağlanmıştır. Bu bilgi birikimi ve insan gücü, düşük enerji maliyetleri, mevcut hammaddeler için uygun teknoloji seçimi ve devletin stratejik planlaması ile endüstriye aktarıma ve sürdürülebilir rekabetçi koşullara uyum sağlanmasına yeterli olacaktır.

REFERANSLAR

1. URL-1 <<http://criticalrawmaterials.org/>> Alıntılanma tarihi: 10.11.2016.
2. Uysal, S. (2012). Graphite: A Critical Raw Material and Turkey.
3. Aydın, O. (2009). Avrupa'da Büyüme ve İstihdam İçin Kritik İhtiyaçların Karşlanması, Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi.
4. European Comission. (2014). Report on Critical Raw Materials for the EU.
5. Buijs, B. Sievers, H. (2011). Critical Thinking about Critical Minerals, EU Policy on Natural Resources.
6. URL-2 <<https://www.bgs.ac.uk/>> Alıntılanma tarihi: 10.11.2016.
7. European Comission. (2012). Critical minerals: the EU perspective.
8. European Comission. (2014). Communication from Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
9. Başağ, S. P. (2016). Niederschlag Prosesi İle Emirli Yöresi Stibnit Konsantrelerinden Antimon Üretimi, İTÜ Yüksek Lisans Tezi.
10. Allahverdi, R. Ş., Yıldırım, Y. T. (2006). Türkiye'de Kurulan ilk Özel Maden Şirketleri: Özdemir Antimuan Madenleri Limited Şirketi Örneği ve Ailesi İşletmelerinde Sürdürülebilirlik, Tarih Okulu Dergisi, 15, 183-203.
11. URL-3 <<http://www.mustafatunc.biz/florit>> Alıntılanma tarihi: 22.11.2016
12. Aydın, O. (2011). Madencilik Türkiye Dergisi, Fosfat ve Mazı Dağı Fosfat Projesi.
13. Demiray, Y. (2008). Yerli Kaynaklardan Rafine Magnezyum Metal İngot Üretimi, İTÜ Yüksek Lisans Tezi.
14. URL-4 <<http://malzeme-bilimi-ve-muhendisligi.blogspot.com.tr>> Alıntılanma Tarihi: 22.11.2016
15. URL-5 <<http://www.metaldunyasi.com.tr>> Alıntılanma tarihi: 22.11.2016
16. Kazaz, G., Kara, Ö. (2016). Türkiye'nin Kömür Hikayeleri, Yeşil Düşünce Derneği.
17. Yörük, U. (2014). Yüksek Kalorifik Değerli Kömür, Türkiye ve dünyada görünüm, Deloitte Türkiye.
18. URL-6 <<http://www.jmo.org.tr/>> Alıntılanma tarihi: 22.11.2016
19. URL-7 <<http://www.yildirimholding.com/>> Alıntılanma tarihi: 07.02.2017
20. URL-8 <<http://www.etimet.com/>> Alıntılanma tarihi: 07.02.2017
21. European Comission, European Research Area. Critical minerals for the EU economy: foresight to 2030.