MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
TMMOB
1954

AYDIN MADEN POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÇALIŞTAYI

28 Eylül 2019, 13:00

Fettah Açan Konferans Salonu, Aydın SMMM Odası, Girne Mah. Şair Ömer Bulvarı, No: 9 Efeler/AYDIN

TMMOB Maden Mühendisleri Odası

AYDIN'DA MADENCİLİK:

Potansiyeli ve Değerlendirilmesi

Editörler

Prof. Dr. Taki GÜLER

Doç. Dr. Avni GÜNEY

Arş. Gör. Ercan POLAT

AYDIN / 2019

Kitap Adı: AYDIN'DA MADENCİLİK: Potansiyeli ve Değerlendirilmesi

Editörler: Taki GÜLER, Avni GÜNEY, Ercan POLAT

TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 277 sayfa, 2019.

©Tüm hakları saklıdır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın önceden yazılı izni olmaksızın, bu kitabın hiçbir kısmı çoğaltılamaz, bir depolama veya erişim sisteminde saklanamaz veya herhangi bir biçimde elektronik, mekanik, fotokopi, kayıt veya başka yollarla iletilemez. Kitap bölümlerinin içeriği yalnızca yazarının sorumluluğundadır. Yayıncı, yazım veya diğer hatalardan dolayı sorumluluk kabul etmez.

ISBN **:** 978-605-01-1290-0

Yayıncı **:** TMMOB Maden Mühendisleri Odası

Tel : +90 312 425 10 80 – 418 36 57

Web : www.maden.org.tr

E-posta : maden@maden.org.tr

Adres : Selanik Caddesi No: 19/4 • 06650 Kızılay / ANKARA

Eylül 2019, Aydın

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
AYDIN ÇEVRESİ JEOLOJİSİ (GB TÜRKİYE) **Orkun TÜRE, Murat GÜL, Ergun KARACAN**	**1**
XIX. YÜZYILIN SONLARI VE XX. YÜZYILIN BAŞLARINDA AYDIN SANCAĞINDA MADENCİLİK **Ahmet YİĞİT**	**25**
MADENSEL HAMMADDELERİN DOĞRU DEĞERLENDİRİLMESİ: ENDÜSTRİYEL MİNERAL MADENCİLİĞİMİZDE KATMA DEĞER VE AR-GE EKSİKLİĞİ **İrfan BAYRAKTAR, Kemal Can YILMAZ**	**55**
ENDÜSTRİYEL HAMMADDE HAZIRLAMADA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN DURUMLAR **Özcan Y. GÜLSOY, Ergin GÜLCAN**	**69**
CEVHER ZENGİNLEŞTİRMEDE SON YILLARDA GELİŞTİRİLMİŞ GRAVİTE YÖNTEMLERİ **Mehmet TANRIVERDİ, Ceren UYGUN**	**117**
ENDÜSTRİYEL SİLİKATLAR, ÖZELLİKLERİ VE ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ; GENEL BAKIŞ **Cengiz KARAGÜZEL**	**153**
KÖMÜR HAZIRLAMADA KÖMÜR ÖZELLİKLERİNİN ÖNEMİ **Vedat ARSLAN**	**193**
AGREGA OCAKLARININ DOĞAYA KAZANDIRILMASI, ÖRNEK UYGULAMALAR **Tuğçe ÖNGEN, Doğan KARAKUŞ, Gürcan KONAK, Ahmet Hakan ONUR**	**211**
AYDIN İLİNİN MADEN VE ENERJİ KAYNAKLARI: İHRACATI BAKIMINDAN TÜRKİYE'DE Kİ ÖNEMİ **Avni GÜNEY, Elif AKGÜL**	**229**
MADENCİLİKTE MEVCUT MEVZUATLAR, KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ **Mesut KÖKEN**	**259**

ÖNSÖZ

Birleşmiş Milletler 1000 yıl kalkınma hedefleri raporunda sürdürülebilir kalkınma; gelecek nesillerin ihtiyaçlarını sağlayabilme yeterliliklerini tehlikeye atmadan, bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilmek olarak tanımlanmıştır. Madenlerin ülke ekonomisine kazandırılması ve toplum yararına değerlendirilmesi; sürdürülebilir kalkınma açısından ilk adımdır. Dolayısıyla yeraltı zenginlikleri yenilenebilir kaynaklar olmaması nedeniyle, madenlerin en az atık ve en fazla katma değer yaratacak şekilde değerlendirilmesinde mümkün olduğu ölçüde bilimsel yöntemlerden yararlanmak gerekir. Bu durum; ülkemizin diğer ülkelerle rekabetinde önemli bir sorun olan ucuz hammadde ihracatı konusunun çözümünde de önemlidir.

Aydın bölgesinin maden potansiyelinin değerlendirilmesi sürecinde yaşanan sorunların belirlenmesi, tartışılması ve çözüm önerileri ortaya konulması amacıyla TMMOB Maden Mühendisleri Odası İzmir Şube ve Aydın İl Temsilciliği'nce 28 Eylül 2019'da Aydın Maden Potansiyelinin Değerlendirilmesi Çalıştayı düzenlenmiştir.

Çalıştayın amacı:

- Aydın bölgesi jeolojik yapısı ile ilişkili olarak cevherleşmenin tartışılması, maden zenginliklerinin bölge ve Ülke ekonomisindeki yeri ve öneminin değerlendirilmesi,
- Aydın bölgesinde yakın geçmişteki madencilik uygulamalarının, halen işletilen ve terkedilerek unutulmuş ocakların durumunun jeolojik yapı ile ilişkilendirilerek tartışılması,
- Güncel madencilik uygulamaları ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi,
- Aydın bölgesi yeraltı zenginliklerinin güncel teknolojik gelişmeler ile katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi olanaklarının tartışılmasıdır.

Uzun vadede sektöre olumlu katkı sağlayabilmek amacıyla çalıştay kapsamına alınan sunumların ***detaylandırılarak sektör paydaşlarının kullanımına sunulması*** için bu kitap kapsamında birleştirilmesine karar verilmiştir. Bölgesel sürdürülebilir kalkınmanın yeraltı zenginliklerinin etkin değerlendirilmesi ile olası olduğu gerçeğinden hareketle geniş bir yelpazede bilgi içerecek şekilde hazırlanan bu kitabın bölgemiz madencilik sektörüne yararlı olmasını diliyoruz.

Eylül 2019 / Aydın

Prof. Dr. Taki GÜLER

Doç. Dr. Avni GÜNEY

Arş. Gör. Ercan POLAT

AYDIN MADEN POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÇALIŞTAYI - 2019

DÜZENLEME KURULU

Aykut AKDEMİR
TMMOB Maden Mühendisleri Odası
İzmir Şube Yönetim Kurulu Başkanı

Kurultay Ahmet HALVAŞİ
TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Aydın İl Temsilcisi

YÜRÜTME KURULU

BAŞKAN

Kurultay Ahmet HALVAŞİ
TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Aydın İl Temsilcisi

Prof. Dr. Taki GÜLER
TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Muğla İl Temsilcisi

ÜYE

Doç. Dr. Avni GÜNEY	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü
Arş. Gör. Ercan POLAT	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü
Önder ASLAN	TMMOB Maden Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği
Aydın ÇAKICI	TMMOB Maden Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği
Nusret ERDEN	TMMOB Maden Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği
Tunçer TUFAN	TMMOB Maden Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği
Muaadh M. A. MOHAMMED	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü

Memleketimiz baştan sona kadar hazinelerle doludur. Biz o hazineler üstünde aç kalmış insanlar gibiyiz. Hepimiz bütün bu hazineleri meydana çıkarmak, servet ve refahımızın kaynaklarını bulmak göreviyle yükümlüyüz.

Mustafa Kemal ATATÜRK

AYDIN ÇEVRESİ JEOLOJİSİ (GB TÜRKİYE)

Arş. Gör. Orkun TÜRE
Prof. Dr. Murat GÜL
Prof. Dr. Ergun KARACAN

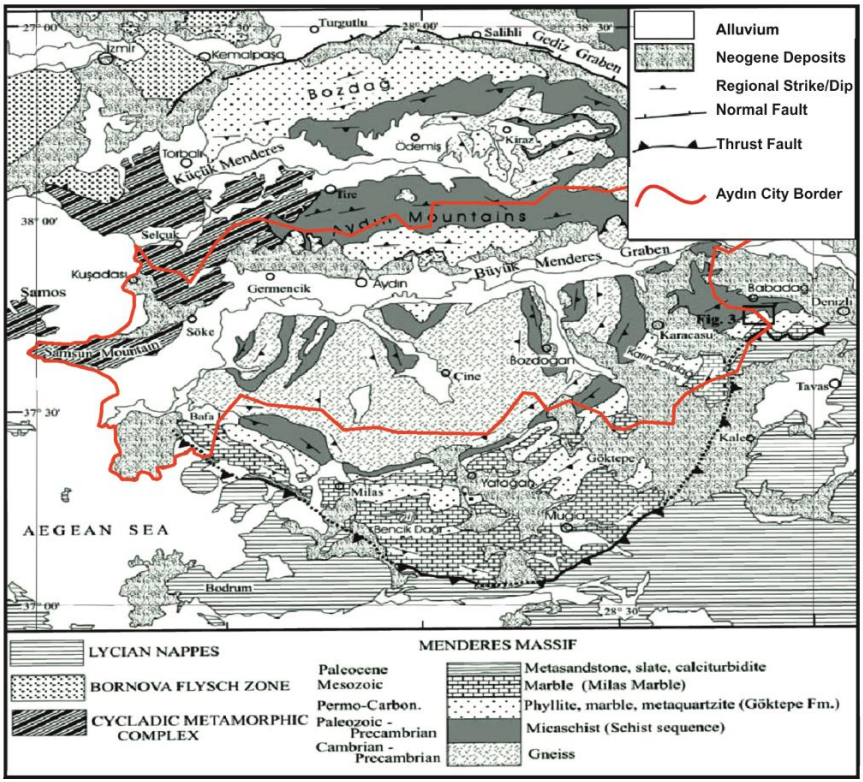
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

Aydın İli konum itibari ile Prekambriyen döneminden günümüze kadar farklı zamanlarda oluşmuş birçok kayaç içermektedir. Aydın İli, merkezde Büyük Menderes Grabeni güncel çökellerini, kuzeybatıda Kikladik Metamorfik kompleksi, kuzey ve güneyde Menderes Masifini ve Neojen yaşlı birimleri içermektedir (Şekil 1, 2).

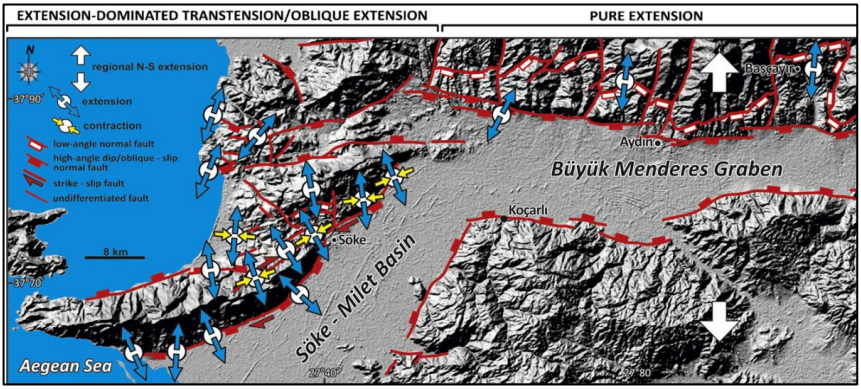
Menderes Masifinin güneyini Çine Asmasifi oluşturmaktadır. Çine Asmasifinin çekirdeği gözlü gnayslardan, Prekambriyen yaşlı gnayslardan oluşurken, örtü birimleri Alt Paleozoyik yaşlı mika şistlerden, Permo-Karbonifer yaşlı metakuvarsitlerden, fillatlardan, rekristalize kireçtaşlarından; Santoniyen-Kampaniyen yaşlı şistlerden, platform karbonatlarından; Kampaniyen-Geç Maastrihtiyen yaşlı marn-killi kireçtaşı ara katkılı pelajik mermerlerden, yukarı doğru kabalaşan moloz akıntısı çökellerinden ve Orta Paleosen yaşlı karbonat kayalı filiş çökellerinden oluşur (Konak ve diğ., 1987; Okay,

1989; Dora ve diğ., 1990; Özer ve diğ., 2001; Bozkurt, 2004; Gül, 2018).



Şekil 1. Aydın ili çevresinin temel birimlerini ve Menderes Masifinin örtü birimlerini gösteren jeoloji haritası, (Okay, 2007'den değiştirilerek alınmıştır).

Büyük Menderes Grabeninin batısında ve Söke havzasının kuzeybatısında Kikladik kompleks kristalin kayaçları yüzeylenmektedir. Kikladik kompleks Alpin öncesi temel, Permo-Mesozoyik yaşlı pasif kıta kenarı çökelleri ve ofiyolitik melanj olarak 3 bölümden oluşur (Okrusch ve Bröker, 1990; Çetinkaplan ve diğ., 2007).

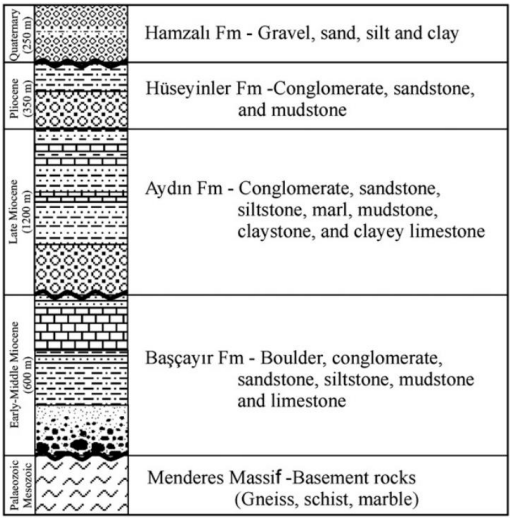


Şekil 2. Büyük Menderes Grabeni ve Söke Havzasının birbirlerine göre konumları ve oluşumlarına sebep olan tektonik olaylar, Sümer ve diğ. (2013).

Batı Anadolu genellikle K-G yönlü genişlemeli tektonizmanın etkisi altındadır. K-G Yönlü genişleme bu bölgede genel olarak D-B uzanımlı graben sistemlerinin ve havzaların oluşmasına sebep olmaktadır. Büyük Menderes Grabeni ve Söke havzası bunlardan bazılarıdır (Şekil 2). Doğu – Batı uzanımlı, 175 km uzunluğundaki, Neojen yaşlı, Büyük Menderes Grabeni bölgenin en uzun nehri olan Büyük Menderes nehri tarafından doldurulmaktadır. Menderes Masifi temelinin üzerine çökelen bu birimler sırasıyla Başçayır, Aydın, Hüseyinler ve Hamzalı formasyonlarıdır (Şekil 3), (Kazancı ve diğ., 2009).

Kuşadası kıyısının bulunduğu Söke havzası, Büyük Menderes Grabeninin güneybatı kesimini oluşturmaktadır. Söke havzasının stratigrafisi Nebert (1955) tarafından alt ve üst birimlere, açısal uyumsuzlukla ayrılan kırıntılı birimler olarak tanımlanmıştır. Alttan üstte kırıntılılardan, gölsel kömür içeren sedimanlara geçiş yapan bu seri Ercan ve diğ. (1986) tarafından Söke Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Sümer ve diğ. (2013) Söke havzasının stratigrafisini Alt-Orta Miyosen kırıntılıları ve karbonatları, Orta-Üst Miyosen

volkano-sedimanter ve volkanikler, Üst Pliyosen Pleyistosen irili ufaklı kırıntılılar ve karbonatlar ve Holosen modern Söke-Milet havza dolgusu sedimanları olarak 4 parçaya ayırmışlardır. Söke havzasının güncel çökelleri iri tanelerden oluşan alüvyal yelpazeleri, irili ufaklı akarsu çökellerini-alüvyal çökelleri ve Holosen delta çökellerini içermektedir (Sümer ve diğ., 2013). Aydın İli genel jeolojik özelliklerinin incelendiği bu çalışmada, Menderes Masifi – Çine Asmasifi, Kikladik kompleks ve Neojen birimleri temel birimler olarak ayırtlanmıştır.



Şekil 3. Büyük Menderes Grabeni temel kayasını ve onu üzerleyen dolgu çökellerinin basitleştirilmiş kolon kesiti (Kazancı ve diğ., 2009).

2. TEMEL BİRİMLER

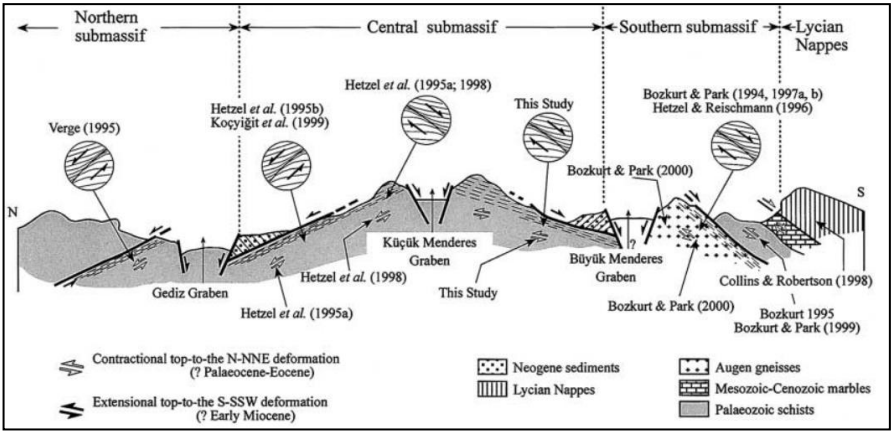
2.1. Menderes Masifi

Menderes Masifi çekirdek ve örtü birimleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Menderes masifinin çekirdek kısmı gözlü gnayslardan oluşurken, örtü birimleri Paleozoyik-Senozoyik yaşlı kayaçlardan oluşmaktadır

(Şengör ve diğ., 1984; Bozkurt, 2001; Whitney ve Bozkurt, 2002; Dora, 2007; Gül, 2018). Menderes Masifinin Muğla ilinin kuzeyinde yer alan bölümü Çine Asmasifi olarak adlandırılmaktadır (Candan ve diğ., 2001; Gül, 2018). Şengör ve diğ. (1984) ve Bozkurt (2001)'e göre gözlü gnayslar, granitik gnayslar, mika gnayslar ve metagabbrolar Masifin çekirdeğini oluştururken; örtü birimleri, Geç Devoniyen öncesi-Erken Eosen aralığındaki metamorfik kayaçları içermektedir (Gül, 2018).

Menderes Masifi Kuzey, Orta ve Güney (Çine) Asmasif olarak 3 parçaya ayrılmaktadır ve bu asmasiflerin sınırlarını Kuzeyde D-B uzanımlı Gediz Grabeni, Güneyde ise Büyük Menderes Grabeni oluşturmaktadır (Şekil 4; Bozkurt, 2001). Orta Menderes Masifi Kuzeyde Bozdağ, Güneyde ise Aydın bloğu olarak gruplandırılabilir. Gediz ve Büyük Menderes Grabenlerine ait normal faylar Neojen birimlerini Kuvaterner birimlerden ayırmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2010; Gessner ve diğ., 2013; Wölfler ve diğ., 2017). Menderes Masifinin iki aşamalı soğuma mekanizması vardır (Gessner ve diğ., 2001; Ring ve diğ., 2003; Işik ve diğ., 2004; Thomson ve Ring, 2006; Wölfler ve diğ., 2017). Ring ve diğ. (2003) ve Thomson ve Ring (2006)'ya göre ilk aşama Geç Oligosende ve Erken Miyosende gerçekleşmiştir. Kuzey ve Güney as masiflerinin kayaçları yüzey sıcaklığı değerlerine kadar soğumuştur. İkinci aşama ise Orta Menderes Masifinin Geç Miyosen – Pliyosen yüzeylenmesidir. Aydın bloğu bütün metamorfik napları temsil etmektedir. Orta Menderes Masifinde çekirdeğe ait birimler tektonik olarak örtü birimlerinin üzerinde bulunmaktadır (Dora ve diğ., 1995; Hetzel ve diğ., 1998). Orta Menderes Masifinde görülen temel birimler Metasedimanlar, Metagranitler (gözlü gnayslar), Neojen birimleri ve Kuvaterner çökellerdir (Bozkurt, 2001). Orta Menderes Masifinde bilinen en yaşlı olay geniş granit sokulumlarıdır (Reischmann ve diğ., 1991; Loos ve Reischmann, 1995; Hetzel ve Reischmann, 1996; Hetzel ve diğ.,

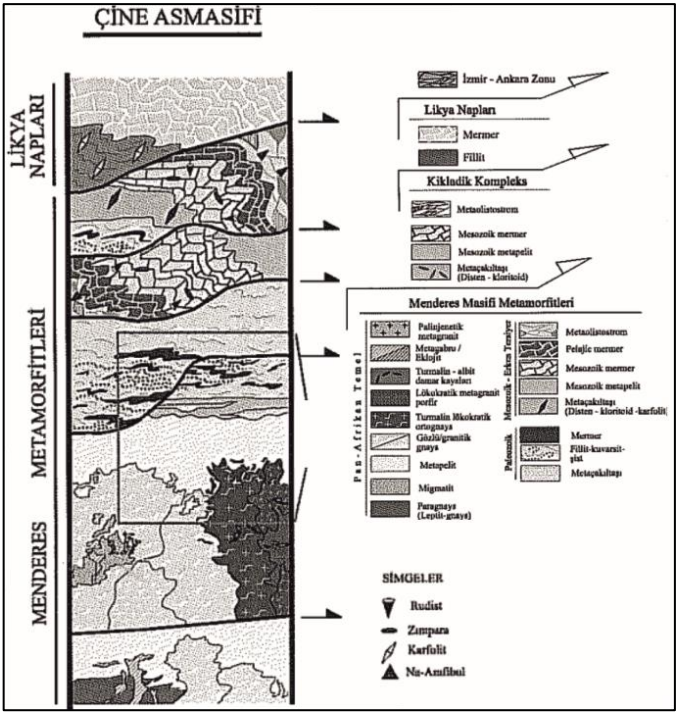
1998). Bu granitlerin çoğu gözlü gnayslara dönüşmüştür (Sengör ve diğ., 1984; Dora ve diğ., 1995; Hetzel ve diğ., 1998). Orta Menderes Masifinde gözlenen metakonglomeralar örtü birimlerinin alt ve üst kesimleri arasındaki uyumsuzluğun göstergesidir (Dora ve diğ., 1995; Hetzel ve diğ., 1998). Mika şistler kuvars, muskovit, biyotit, plajiyoklas ve granat porfiroblastlarından; grafitik fillitler kuvars, muskovit, klorit ve plajiyoklastan; metapsamitler genel olarak kuvars ve az miktarda muskovit ve kloritten; mermerler ise genel olarak rekristalize kireçtaşı ve az miktarda kuvars, muskovit ve kloritten oluşmaktadır. Bu birimler Barrowian serisine işaret etmektedir (Evirgen ve Ataman, 1982; Hetzel ve diğ., 1998; Yusufoğlu, 1998; Bozkurt, 2001).



Şekil 4. Menderes Masifinin asmasiflerinin birbirleri ile olan ilişkisini gösteren K-G yönlü kesiti (Bozkurt, 2001).

Özer ve diğ. (2001), Okay (2002) ve Gül (2018)'e göre çekirdek birimi olan Çine Asmasifinin tabanında Pan-Afrikan yaşlı metagranitlere, paragnayslar, metagabrolar eşlik etmektedir ve Selimiye Formasyonu, Göktepe Formasyonu, Milas Mermerleri, Kızılağaç Formasyonu ve Kazıklı Formasyonu bu birimleri üzerlemektedir.

Menderes Masifi Çine Asmasifinin genelleştirilmiş kolon kesiti Şekil 5'te verilmiştir. Çine Asmasifinin granat mika şist bakımından zengin olan en alt ünitesi Bozdoğanın doğu ve batı civarlarında yüzeylenmektedir. Metagabro ve çeşitli içeriklerde gnays sokulumlarını içeren bu ünite Pan-Afrikan yaşlı birbirini takip eden evrelerde oluşmuş farklı karakterlerdeki granitlerden oluşan orta ünite tarafından üzerlenmektedir (Dora ve diğ., 2005). Bu granitler boyutları 5-6 kilometreye varabilen paragnays ve şistler içermektedir. Bu parça uyumsuz olarak Paleozoik yaşlı istif tarafından üzerlenmektedir. Bu Paleozoyik istif Anatolid-Torid Platformu kökenli metamorfik kayaçlar tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir (Dora ve diğ., 2005).



Şekil 5. Menderes Masifi – Çine asmasifinin stratigrafisi. (Dora ve diğ., 2005)

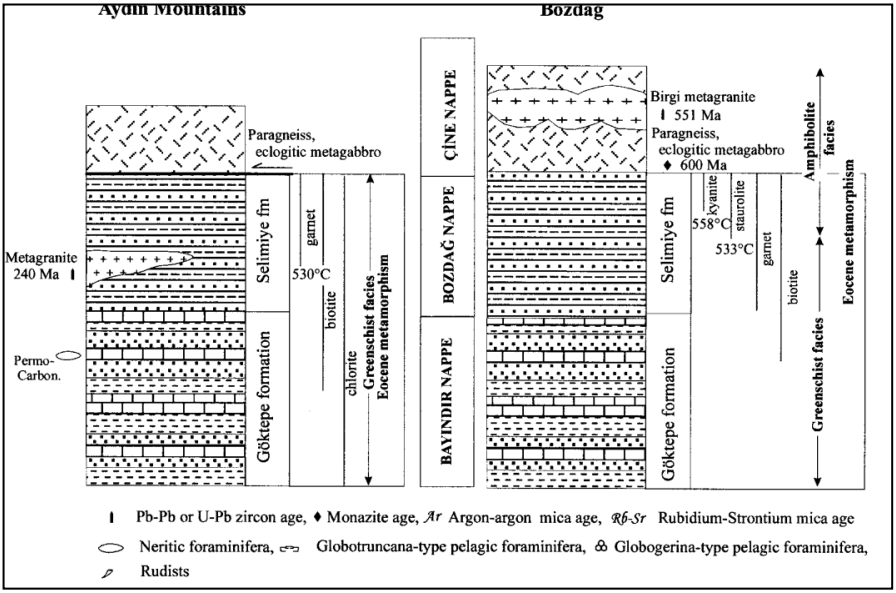
Çine Asmasifindeki önemli albit (feldispat) ve kuvars yatakları çekirdeğin özellikle güney kesimlerinde daha yaygındır ve KKD gidişli tektonik hatların içinde bulunan birincil pegmatitik oluşumlardır. Bölgedeki turmalinli K-Feldispat ve kuvars damarları hidrotermal kökenlidir (Uygun ve Gümüşçü, 2000; Gül, 2018).

Diyasporit-sultanit-zultanit ve metaboksit yatakları Çine asmasifinin süstaşı özelliğindeki diğer önemli ekonomik oluşumlarıdır (Hatipoğlu ve diğ., 2010a, 2010b; Hatipoğlu, 2011; Gül, 2018). Al-, Fe-, Si- ve Ti- elementlerince zengin suların, Kretase yaşlı kayaçların karstik boşluklarını doldurmasıyla metaboksit yatakları oluşmaktadır (Hatipoğlu ve diğ., 2010a; Gül, 2018) (Şekil 6).

Menderes Orta Masifi ve Kikladik Kompleks'e ait birimlerin kuvars, mermer vb. endüstriyel hammadde bileşenleri içerdikleri bilinmektedir. Ancak bunların ekonomik olup olmadıkları bilinmemektedir. Bu yüzden bu endüstriyel hammaddelerin ekonomik olup olmadıklarının araştırılması gerekmektedir.

2.2. Kikladik Kompleks

Alpin öncesi temel, Permo-Mesozoik pasif kıta kenarı çökelleri ve Ofiyolitik melanj olmak üzere üç bölümden oluşan Kikladik kompleks Ege denizindeki adalarda yüzlek veren kristalin kayaçlara ait bir tanımlamadır (Okrusch ve Bröker, 1990; Çetinkaplan ve diğ., 2007). Kikladik mavişist birimleri Dilek yarımadası – Selçuk bölgesi dışında Söke, Torbalı, Tire, Gölmarmara ve Simav civarlarında da gözlenmektedir (Çetinkaplan ve diğ., 2000; Çetinkaplan ve diğ., 2007)



Şekil 6. Aydın ve Bozdağ bloklarına ait stratigrafik, metamorfik ve izotopik bilgiler. (Stratigrafi: Dürr 1975; Çağlayan ve diğ., 1980; Okay, 2001; Özer ve diğ., 2001; metamorfizma: İzdar, 1971; Evirgen ve Ataman, 1982; Ashworth ve Evirgen, 1984, 1985; Evirgen ve Ashworth, 1984; Okay, 2001; izotopik veri: Satır ve Friedrichsen, 1986; Hetzel ve Reischmann, 1996; Hetzel ve diğ., 1998; Loos ve Reischmann, 1995; Koralay ve diğ., 2001).

Kikladik Kompleks Türkiye'de ana hatlarıyla, altta fillit, mikaşist, granat mika şist ve bunlarla ardalanma gösteren bazik metavolkanik ve metaçakıltaşlarını içeren metakırıntılar, üstte ise kalın metakarbonatları içeren Triyas - Üst Kretase yaşlı düzenli seri ve bu seriyi tektonik olarak üzerleyen olası Üst Kretase yaşlı metaolistostromlar olmak üzere iki tektonik birimden oluşur. Metaçakıltaşları karbonat metaçakıltaşı ve karbonat matriks içinde mermer çakılları olmak üzere iki çeşittir. Nadir de olsa bu çakıltaşları epidot ve kuvarist çakılları içerebilmektedir. Matrikste artan klorit ve amfibol miktarı çökelime etki eden volkanizmanın göstergesidir.

Kuvars metaçakıltaşının arasında alüminyumca zengin pelitik seviyeler bulunmaktadır. Platform türü kalın mermerler uyumlu ve sarı dolomit - kuvarsit – şist ardalanması ile tanımlı geçiş ile kırıntılı seviyeyi üzerlemektedir. Rudistli Mesozoik yaşlı mermerler metaolistostromlar ile tektonik olarak üzerlenmektedir. Bu metaolistostroların matriksi granat-fengit şist ve albit-fengit şist bileşenlidir. Eklojit, omfasit epidotit, yeşil şist-mavişist metabazit ve omfasit metagabbro metaolistostromların içerisindeki yüksek basınç bloklarıdır (Çetinkaplan ve diğ., 2007).

Kikladik kompleks Selçuk civarında olasılı üst Kretase yaşlı metaolistostromlar ve bunlar tarafından tektonik olarak üzerlenen Triyas - Üst Kretase yaşlı, pasif kıta kenarını karakterize eden düzenli seri ile karakterizedir (Çetinkaplan ve diğ., 2007).

3. TERSİYER BİRİMLERİ

Batı Anadoluda Neojen ve Kuvaterner genişleme rejimleri KB-GD, KD-GB ve D-B uzanımlı kalın ve fosil içeriğine sahip neojen çökellerini içeren graben sistemlerinin oluşumuna sebep olmuştur (Lutting ve Steffens, 1976; Bozkurt, 2003; Bozkurt ve Rojay, 2005; Açıkalın ve Ocakoğlu, 2006; Kazancı ve diğ. 2009). Kaya (1982)'ye göre Büyük Menderes Grabeni Geç Miyonsende yarı graben şeklinde tekrar çalışmaya başlayan Erken – Orta Miyosen yaşlı bir oluşumdur. Büyük Menderes Grabeni Neojen yaşlı kömür yataklarını içermesinden dolayı ekonomik olarak bütün bu grabenlerin en önemlisidir (Akgün ve Akyol, 1999).

Büyük Menderes Grabeni boyunca grabenin kuzeyinde daha fazla gözlenen Neojen yaşlı sedimanter birimler Menderes Masifinin kristalin kayaçlarını uyumsuz olarak üzerlemektedir. Gölsel ve fluviyal Neojen çökelleri Aydın-Söke arasında ve Sarayköy-Sazak arasında yüzlek vermektedir (Akgün ve Akyol, 1999). Sümer ve diğ.

(2013) Söke havzasının stratigrafisini Alt-Orta Miyosen kırıntılıları ve karbonatları, Orta-Üst Miyosen volkano-sedimanter ve volkanikler, Üst Pliyosen Pleyistosen irili ufaklı kırıntılılar ve karbonatlar ve Holosen modern Söke-Milet havza dolgusu sedimanları olarak 4 parçaya ayırmışlardır.

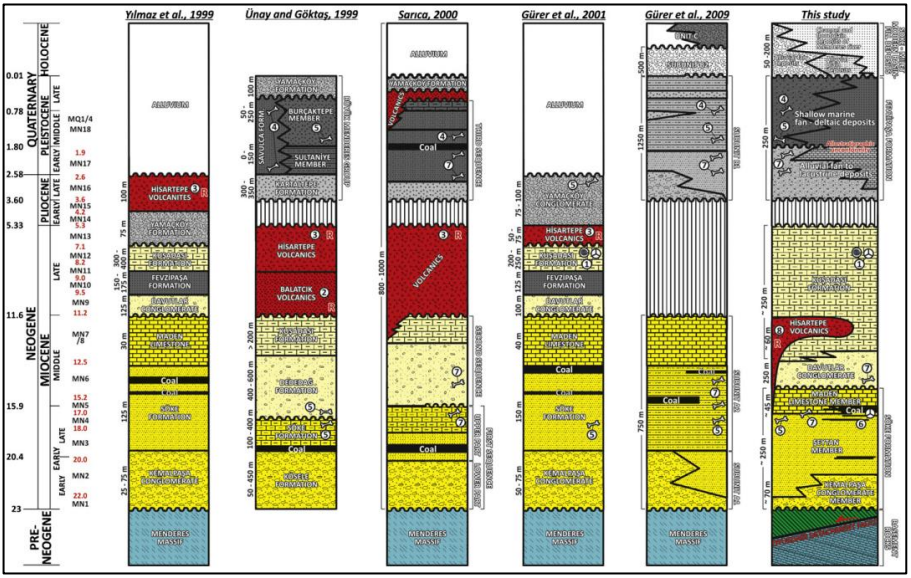
Toplam kalınlığı 40-50 m olan Kemalpaşa Konglomerası grimsi- kahverengimsi, masif, matriks destekli, kötü boylanmış pek ve irili ufaklıdır. Konglomeralar gnays, mermer, kuvarsit, şist, rekristalize kireçtaşı ve meta-ultramafik kayaç parçalarını içermektedir (Sümer ve diğ., 2013).

Davutlar Konglomerası üste doğru incelen konglomera, çakıllı kumtaşı ve kumtaşı serisini tanımlamaktadır. Bej renkli konglomeralar masif-geniş çapraz tabakalanmalı, tane destekli, iyi konsolide olmuş ve alt kesimlerde bloklar içermektedir (Sümer ve diğ., 2013).

Toplam kalınlığı 115m den fazla olan Kuşadası Formasyonu alt kesimlerinde kumtaşı, ince taneli konglomeralar bulunmaktadır ve çamurtaşı ardalanmalıdır. Gri-açık yeşil renkteki çamurtaşları masif, ince tabakalı ve laminalıdır. Genellikle kireçtaşları ile geçişlidir. Sarı renkli marnlar ince – kalın tabakalıdır ve kireçtaşı ve çamurtaşı ile ardalanmalıdır. Kuşadası formasyonuna ait kireçtaşları bej renklidir. İnce – kalın tabakalı kireçtaşları mikritik yapılıdır. Gri kumtaşları massif, kalın tabakalı, ince – kalın taneli, bazı seviyeler çakıllı ve küçük ölçekli çapraz laminalanmalıdır (Sümer ve diğ., 2013). Söke havzasının stratigrafisi Şekil 7'de verilmiştir.

Gürer ve diğ., (2001) Yamaçköy Konglomerasını Pliyosen yaşlı olarak ve Kartaltepe ve Savulca formasyonlarını Geç Miyosen olarak tanımlayıp Fevzipaşa Formasyonu olarak adlandırmıştır. Fevzipaşa Formasyonu, konglomera, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, gölsel kireçtaşı, çamurtaşı ardalanmasını tanımlamaktadır. Üst kesimlerinde

tüf seviyesi bulunan Fevzipaşa Formasyonu ait gri renkli konglomeralar kötü boylanmış ve orta sıkılıktadır. İrili – ufaklı olan taneler genellikle yarı-yuvarlaktır ve mermer, metakuvarsit, şist, metabazik, fillit ve eser miktarda ultramafik kayaç bileşenlidir. Gri – bej - kahverengimsi renkli, irili – ufaklı, mika içeren kumtaşları iyi boylanmış ve zayıf konsolidasyona sahiptir. Bu kumtaşlarında çapraz tabakalanmalar gözlenmektedir (Sümer ve diğ., 2013).



Şekil 7. Söke havzasının stratigrafisi (Sümer ve diğ., 2013).

Büyük Menderes Grabenininde alttan üste doğru erken Pliyosen yaşlı Kızılburun, Sazak ve Kolonkaya formasyonları ile Geç Pliyosen Yaşlı Tosunlar Formasyonu vardır. Kızılburun Formasyonu genellikle horstlarda yüzlek vermekte olup, konglomera, kumtaşı, kiltaşı ardalanması göstermektedir. Grabenin ortasından kuzeye gidildikçe birimin kalınlığı yaklaşık 400m'ye kadar çıkmaktadır ancak Doğu ve Batı kesimlerde kalınlık azalmaktadır (Şimşek, 1984; Şimşek ve diğ., 2005; Güleç ve diğ., 2010). Kızıldere Formasyonu, Sazak

Formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Formasyon kireçtaşı, silttaşı, marn ve kiltaşı ardalanması şeklindedir (Şimşek, 1984; Güleç ve diğ., 2010). Sazak Formasyonu 350–500m kalınlıktaki, Kolonkaya Formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Kolonkaya Formasyonu kumtaşı, marn, silttaşı ardalanması şeklindedir (Şimşek, 1984; Şimşek ve diğ., 2005; Güleç ve diğ., 2010). Pliyosen yaşlı sedimanter birimlerin en üst seviyesine açısal uyumsuzlukla yerleşen Tosunlar formasyonu yaklaşık 500m kalınlığındadır ve konglomera, kumtaşı, silttaşı ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şimşek, 1984; Güleç ve diğ., 2010).

Sümer ve diğ., (2013)'e ve bahsettiği çalışmalara göre Şekil 7'de gösterildiği gibi Söke Havzasının Neojen birimlerinde ince (1-90cm) kömür seviyeleri bulunmaktadır. Acun (1952)'ye göre bu söke havzasında 1915'li yıllarda 250.000 tonluk linyit üretimi olmuştur. MTA'nın 2010 yılına ait raporunda Ege Bölgesinin linyit yataklarının rezervleri verilmiştir (Çizelge 1, Erbilen ve Şahin, 2014). Bu çalışmaya göre Söke'nin yaklaşık 2,5 milyon tonluk rezervi bulunmaktadır. Söke havzasına ait Neojen birimlerinde bulunan kil içerikleri çimento fabrikaları tarafından hammadde olarak kullanılmaktadır (Gök, 1978).

Çizelge 1. Ege bölgesi linyit rezervleri (MTA, 2013)

İl	Linyit Sahası	Toplam Rezerv (Ton)	Su (%)	Kcal/kg.
Aydın	Dalama-Kuloğulları	2.939.000	20.00	3260
	Söke	2.455.000	16.00	3800
	Şahnalı	2.065.000	20.46	3120
	Nazilli-Gireniz	812.000	15.25	4020

4. JEOTEMAL ENERJİ

Jeotermal yataklar tektonizmanın, aktif ve volkanik aktivitelerin yoğun olduğu bölgelerde yoğunluk göstermektedir. Türkiye'de de jeotermal akışkanlar, tektonik ve volkanik aktivitelere bağlı olarak

geniş yayılımlar göstermektedir (Flóvenz ve diğ., 2012). Yüksek entalpili veya yüksek sıcaklıktaki jeotermal akışkanlar, genellikle tektonik genişlemeyle oluşmuş, Menderes Masifine ait rift zonlarında görülmektedir. Bu bölgedeki genleşme yer kabuğunun incelmesine ve çökmesine sebep olmaktadır. İncelen ve çöken kabuk ısı kaynağına yaklaşmış olur. Genişlemeli tektonizmanın ürünü olan normal faylar da kabukta jeotermal akışkanın sirkülasyonunu sağlayacak olan kırık ve çatlakların oluşmasını sağlamaktadır (Flóvenz ve diğ., 2012; Kasımoğlu ve diğ., 2017). Bütün bunlardan dolayı Büyük Menderes Grabeni Jeotermal Enerjji açısından büyük önem taşımaktadır. Büyük Menderes Grabeninde bulunan, Aydın ili de, Türkiye'nin jeotermal enerji üretimi açısından önde gelen illerinden biridir. Elektrik üretiminin yanı sıra jeotermal sıvılar sağlık turizmi açısından da büyük önem teşkil etmektedir. Çelik (2001) termal turizmi termal enerji kaynaklarından belirli bir süre yararlanmak için yapılan seyahatlerin ortaya çıkarmış olduğu aktivitelerin tamamı olarak tanımlamıştır.

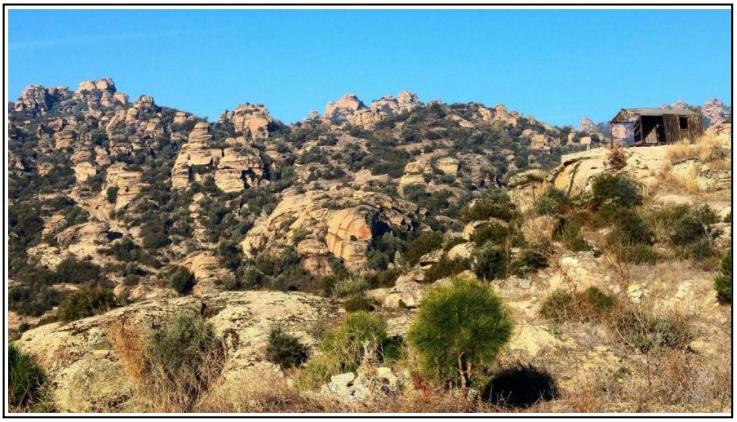
Yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin bu önemli faydalarının yanı sıra olumsuz tarafları da vardır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak gruplandırılabilecek olan bu etkiler çevreye ve insana zarar verebilmektedir. Sondajın yapımı, boru hatlarının döşenmesi, santralin işletilmesi gibi süreçlerde meydana gelebilecek olan yüzey çökmesi, gürültü, mikro depremler vb. fiziksel etkilerdir. Kimyasal etkilerin en önemlileri yeniden enjeksiyon yapılmamış olan karbondioksit, hidrojen sülfür, amonyak, azot, hidrojen, cıva, bor buharı, radon ve metan gibi hidrokarbonlardan oluşan jeotermal akışkanların çevreye vermiş olduğu zararlar ve sondaj kuyusundan atmosfere yayılan gazlardır. Bu gazlar hem tahriş edici hem de kötü kokuları sebebiyle rahatsızlık vericidir (Çakın ve diğ., 2005). Aydın ilinde de bu şikayetler azımsanmayacak derecede duyulmaktadır (https://www.evrensel.net/haber/377735/aydinda-

fotograflarla-jeotermal-santralinin-olum-yolculugu, son erişim tarihi 07.08.2019).

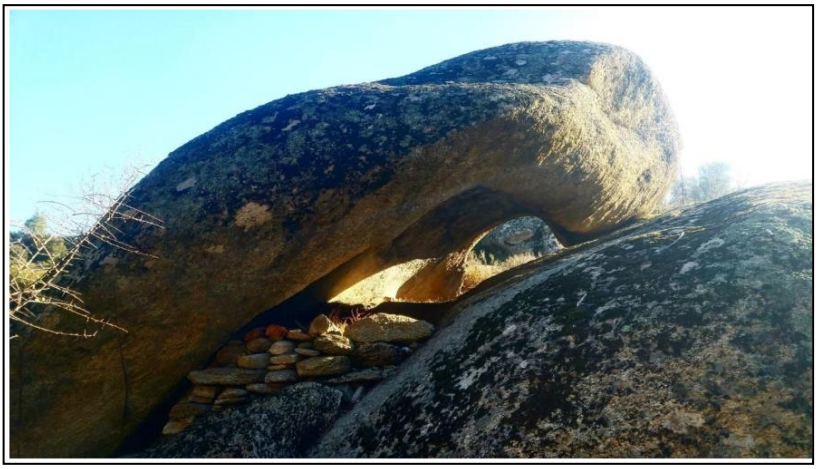
5. JEOTURİZM

Yerli ve yabancı turist sayısında çok önemli bir paya sahip olan jeoturizm açısından önemli alanların korunumu ile bu alanlarda yapılacak madencilik çalışmalarının getireceği kazanımlar çok iyi değerlendirilmelidir (Güngör, 2012). Aydın ilinin Çine ilçesi ile Muğla ilinin Yatağan ilçesi arasında bulunan Çine dağları, Muğla yetkilileri tarafından jeopark olarak değerlendirilmesi planlanan bir bölgedir. Bu alan tarihi MÖ 4000'li yıllara dayanan antik kentleri, Hristiyanlık dönemine ait kutsal freskleri, Selçuklu-Osmanlı dönemine ait yapılar ile, Kazan göleti, Pınarbaşı ve Çine Kül barajı gibi mesire alanlarını içermektedir. Bölgedeki belirlenebilen özel jeomorfolojik yapılar kubbemsi-keltepe-adatepe, sütun yapıları, yüzey oyulmaları, poligonal çatlaklar, taş oyukları, bal peteği bozunma yapıları, mantar kaya oluşumları, soğan kabuğu soyulmaları, küresel bozunma ürünleri ve kıvrımlı kenar oluşumlarıdır (Şekil 8-9-10). Bu oluşumların korunması ve gelecek nesillere bozulmadan aktarılması gerekmektedir (Karaarslan ve diğ., 2017).

Şekil 8. Keltepe bölgesindeki sütun yapıların genel görüntüsü (Karaarslan ve diğ., 2017).



Şekil 9. Çine Dağlarındaki Keltepe bölgesinin arazi görünümü. Düzlük ovalık alandan yüksekteki tepeliklerde daha küçük sütun yapıları ve diğer yapılar gözlenebilmektedir (Karaarslan ve diğ., 2017).



Şekil 9. Keltepe eteklerinde özel jeomorfolojik oluşumlar gözlenebilmektedir. Oluşumun üst yüzeyinde taş oyulmaları gözlenirken, alt bölümde taş oyuğu-tafoni oluşumları gözlenmektedir (Karaarslan ve diğ., 2017).

6. AYDIN İLİ DEPREMSELLİĞİ

Güneybatı Anadolu ve Aydın çevresi, Türkiye'nin tektonik açıdan en aktif bölgelerinden biridir (Kalafat ve diğ., 2005; Altunel ve diğ., 2009). Kandilli Rasathanesi tarihsel deprem kayıtlarına göre Aydın civarında MÖ 26, MÖ 17, 1653, 1873, 1895 ve 1899 yıllarında önemli depremlerin olduğu bilinmektedir. Depremlerin kaydedilmeye başlandığı tarihten sonra ise 4 Mayıs 1966 Koçarlı-Aydın (Mw=5.2), 7 Mayıs 1966 Koçarlı-Aydın (Mw=5.4), 23 Mart 1969 Germencik-Aydın (Mw=5.0), 27 Ekim 1977 Yılmazköy-Aydın (Mw=5.5) ve 11 Ekim 1986 Kuyucak-Aydın (Mw=5.5) önemli depremler olarak kaydedilmiştir. Bölgenin ana deprem kaynağı Büyük Menderes Grabeninin havza sınırı normal faylarıdır. 1899 yılında meydana gelmiş olan deprem yıkıcı bir deprem olarak karşımıza çıkmaktadır (Atar, 2013). Bölgede meydana gelen tarihsel depremlerin ilgili olduğu dönemlerde etkilediği şehirlerin hasar görmesine sebep oldukları bilinmektedir. Günümüzde meydana gelmiş olan ve/veya gelebilecek olan depremlerin de kaya kopma düşme riski, sarsıntının kendisinden kaynaklı risk, gevşek çökellerin şehirleşme alanlarında sıvılaşma riski oluşturduğu/oluşturabileceği bilinmelidir ve göz önüne alınması gereken faktörlerdir.

KAYNAKLAR

Acun, N., 1952. Yeraltı Ormanları ve Linyitlerimizin Yakılması", Yeni Matbaa Basım, s.240, Ankara.

Açıkalın, S., Ocakoğlu, F., 2006. Karacasu Çapraz Grabeni (Batı Anadolu) Pliyo-Kuvaterner Çökellerinin Sedimantolojisi. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı bildiriler kitabı, 68–69, Ankara.

Akgün, F., Akyol, E., 1999. Palynostratigraphy of the coal-bearing Neogene deposits in Büyük Menderes Graben, Western Anatolia. Geobios, 32, 3: 367-383.

Altunel, E., Akyüz, S., Meghraoui, M., Kıyak N. G., Karabacak, V., Yalçıner, Ç C., 2009. Büyük Menderes Fay Zonunun arkeosismolojisi ve paleosismolojisi. TUBITAK 105Y348 nolu proje.

Ashworth, J.R., Evirgen, M.M., 1984. Garnet and associated minerals in the southern margin of the Menderes Massif, southwest Turkey. Geol Mag 121:323–337.

Ashworth, J.R., Evirgen, M.M., 1985. Plagioclase relations in pelites, central Menderes Massif, Turkey. I. The peristerite gap with coexisting kyanite. J Metamorph Geol 3: 207–218

Atar, Z., 2013. Fotoğraflarla 1899 Aydın Depremi. J Modern Turkish History Studies.

Bozkurt, E., 2001. Late Alpine evolution of the central Menderes Massif, western Turkey. Int. J. Earth Sciences, 89: 728-744.

Bozkurt, E., 2003. Origin of the NE trending basins in western Turkey. Geodin. Acta 16, 61–81.

Bozkurt, E., 2004. Granitoid rocks of the southern Menderes Masif (southwestern Turkey): field evidence for Tertiary magmatism in an extensional shear zone, Int J Earth Sci (Geol Rundsch), 93:52–71.

Bozkurt, E., Rojay, B., 2005. Episodic, two-stage Neogene extension and short-term intervening compression in Western Turkey: field evidence from the Kiraz Basin and Bozdağ Horst. Geodin. Acta 18, 299–316

Candan, O., Dora, O.Ö., Oberhänsli, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J.H., Warkus, F.C. and Dürr, S., 2001. Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, western Anatolia, Turkey. Int. J. Earth Sci., 89(4): 793-811.

Çağlayan, A., Öztürk, E.M., Öztürk, S., Sav, H., Akat, U., 1980. Menderes Masifi Güneyine Ait Bulgular ve Yapısal Yorum. Jeoloji Mühendisliği 10:9–17

Çakın, A., Gökçen, G., Eroğlu, A., 2005. Jeotermal uygulamaların çevresel etkileri: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Örneği. Jeotermal Eneri Semineri. 13s.

Çelik, S., 2001. Termal Turizm İşletmelerinin Yapısı, İşleyişi ve Müşterilerin Rekreasyon Talebi “Sandıklı Hudai Kaplıcası Modeli, Dumlupınar Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim ve Organizasyon Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Çetinkaplan, M., Oberhansli, R., Candan, O., 2000. Menderes Masifinin Mesozoyik Örtü Serisindeki eklojit ve mavişist kalıntıları: Tersiyer yaşlı dalma-batmayla ilişkili yüksek basınç metamorfizması. 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Abstracts), Ankara, 311-313.

Çetinkaplan, M., Candan, O., Oberhänsli, R., 2007. Menderes Masifi'nin Batısında Yer Alan Kikladik Kompleksin Tersiyer Yaşlı Yüksek Basınç / Düşük Sıcaklık Metamorfizması-Türkiye. Menderes Masifi Kolokyumu.

Çiftçi, N.B., Bozkurt, E., 2010. Structural evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: temporal and spatial variation of the graben basin. Basin Res. 22, 846–873

Dora, O.Ö., Kun, N., Candan, O., 1990. Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. In Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions (eds. M.Y. Savaşçın and A.H. Eronat), c. II, s. 102-115.

Dora, O.Ö., Candan, O., Dürr, S., Oberhänsli, R., 1995. New evidence on the geotectonic evolution of the Menderes massif. Proc Int Earth Sci Coll Aegean Region, pp 53–72

Dora, O.Ö., 2007. Menderes Masifi'ndeki Jeolojik Araştırmaların Tarihsel Gelişimi. Menderes Masifi Kollukyumu. 1-7

Dora, O. Ö., Candan, O., Kaya, O., Koralay, O. E., Akal, C., 2005. Menderes Masifi Çine Asmasifi'ndeki Bafa-Yatağan-Karacasuu arasında uzanan gnays/şist dokanağının niteliği: Jeolojik, tektonik, petrolojik ve jeokronolojik bir yaklaşım. TUBITAK 101Y132 nolu proje.

Dürr, S., 1975. Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolien und seine Äequivalente in der mittleren Ägäis. Habilitation Thesis, University of Marburg/ Lahn

Ercan, T., Akat, U., Günay, E., Savaşçın, Y., 1986. Söke–Selçuk–Kuşadası dolaylarının jeolojisi ve volkanik kayaçların petrokimyasal özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi 105/106, 15–38

Erbilen, S.Ü., Şahin, G., 2014. Enerji Coğrafyası Kapsamında Türkiye'de Linyit. Doğu Coğrafya Dergisi, 33, 135-160.

Evirgen, M.M., Ashworth, J.R., 1984. Andalusitic and kyanitic facies series in the central Menderes Massif, Turkey. Neues Jahrbuch Miner Monatshefte 5:219–227

Evirgen, M.M., Ataman, G., 1982. Etude de metamorphisme de la zone centrale du Massif du Menderes. Isogrades, pressions et temperature (in French with English abstract) Soc Geol Fr Bull 2:309-319

Flovenz, O.G., Hersir, G.P., Sæmundsson, K., Fridriksson, 2012. Geothermal Energy Exploration Techniques. ISOR. Iceland.

Gessner, K., Gallardo, L.A., Markwitz, V., Ring, U., Thomson, S.N., 2013. What caused the denudation of the Menderes Massif: review of crustal evolution, lithosphere structure, and dynamic topography in southwest Turkey. Gondwana Res. 24, 243–274

Gessner, K., Ring, U., Johnson, C., Hetzel, R., Passchier, C.W., Güngör, T., 2001. An active bivergent rolling-hinge detachment system: Central Menderes metamorphic core complex in western Turkey. Geology 29, 611–614.

Gök, S., 1978. Türkiye Neojen formasyonlarının ekonomik jeoloisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.

Gül, M., 2018. Muğla Çevresi Genel Jeolojisi. In Güler, T., Güney, A. Ve Polat, E., (eds), Muğlada Madencilik: Potansiyeli ve Değerlendirilmesi. TMMOB Maden Mühendisleri odası. 1-47 s.

Güleç, N., Erzinger, J., Parlaktuna, M., Bozkurt, E., Pipke-Lippmann, J., Wiersberg, T., Süer, S., 2010. Büyük Menderes Grabeninin Doğu Kesiminde Sismik Etkinliklerin Jeokimyasal Olarak İzlenmesi Ve Jeotermal Sahaların Asal Gaz Karakterizasyonu. 106Y206 nolu TÜBİTAK projesi.

Güngör, Y., 2012. Turizmde Yükselen Eğilim: Jeoturizm. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, Sayı: 2012/2.

Gürer, Ö.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Yılmaz, Y., 2001. Neogene basin development around Söke–Kuşadası (western Anatolia) and its bearing on tectonic development of the Aegean region. Geodin. Acta 14, 57–69.

Hatipoğlu, M., 2011. Al (Fe,Ti,Si)-mobility and secondary mineralization implications: A case study of the karst unconformity diasporite-type bauxite horizons in Milas (Muğla), Turkey. Journal of African Earth Sciences 60 175–195.

Hatipoğlu, M., Türk, N., Chamberlain, S.C., Akgün, Z.M., 2010a. Metabauxite horizons containing remobilized-origin gem diaspore and related mineralization, Milas-Muğla province, SW Turkey. Journal of Asian Earth Sciences 39, 359–370.

Hatipoğlu, M., Helvacı, C., Chamberlain, S.C., Babalık, H., 2010b. Mineralogical characteristics of unusual ‘‘Anatolian” diaspore (zultanite) crystals from the İlbirdağı diasporite deposit, Turkey. Journal of African Earth Sciences 57, 525–541.

Hetzel, R., Romer, R. L., Candan, O., Passchier, C.W., 1998. Geology of the Bozdag area, central Menderes massif, SW Turkey: Pan-African basement and Alpine deformation. Geolo Rundsch. 87:394-406

Hetzel, R., Reischmann, T., 1996. Intrusion age of Pan-African augen gneisses in the southern Menderes massif and the age of cooling after Alpine ductile extensional deformation. Geol Mag 133: 565–572

Işik, V., Tekeli, O., Seyitoglu, G., 2004. The 40Ar/39Ar age of extensional ductile deformation and granitoid intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. J. Asian Earth Sci. 23, 555–566.

İzdar, E., 1971. Introduction to geology and metamorphism of the Menderes Massif of western Turkey. In: Campbell AS (ed) Geology and history of Turkey. Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, pp 495–500.

Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., 2005. Mavi Ağ Projesi ve Muğla Bölgesi’nin Depremselliğinin Eş-Zamanlı Takibi. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005. Kocaeli, 158-160.

Karaarslan, E., Demir, Ö. F., Gül, M., 2017. Madencilik bölgesindeki Çine Dağları için artırılmış gerçeklik tabanlı jeoturizm uygulaması. ISME 2017. http://geotourism.mu.edu.tr.

Kasımoğlu, M. O., Karamanderesi, H. İ., Özgür, N., Çalışkan, T. A., Abubakar, İ. İ., 2017. Modeling of the hydrothermal alteration at the exploration and production

well in Ömerbeyli, Germencik, Aydın, Turkey. 15th Water-Rock Interaction International Symposium, WRI-15

Kaya, O., 1982. Tersiyer sırt yitmesi; Dogu Ege bölgelerinin yapısı ve magmatiği için olası bir mekanizma: In Erol, O. ve Oygur V. (eds), Anadolunun Tektoniği ve Volkanizması Panali. Türkiye Jeoloji Kurumu Kongresi, 1982: 39-58.

Kazancı, N., Dündar, S., Alçiçek, C. M., Gündüz, A., 2009. Quaternary deposits of the Büyük Menderes Graben in western Anatolia, Turkey: Implications for river capture and the longest Holocene estuary in the Aegean Sea. Marine Geology. 264:165-176.

Konak, N., Akdeniz, N., Öztürk, E.M., 1987. Geology of the south of Menderes Massif. In Guide Book for the Field Excursion along Western Anatolia, for the IGCP Project No. 5: Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belt, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 42-53.

Koralay, O. E., Satır, M., Dora, O. Ö. 2001. Geochemical and geochronological evidence for Early Triassic calc alkaline magmatism in the Menderes Massif, western Turkey. Int J Earth Sci 89: 822–835

Loos, S., Reischmann, T. 1995. Geochronological data on the southern Menderes massif, SW Turkey, obtained by single zircon Pb evaporation. Terra Abstr 5: 353, EUG VIII

Lutting, G., Steffens, P., 1976. Explanatory notes for the paleogeographic atlas of Turkey from the Oligocene to the Pleistocene. Paleogeographic Atlas of Turkey 1:1.500.000 Explanatory Notes, p. 1–64 with 1 Figure 2 Tab. Hannover

MTA, 2010. Türkiye Linyit Envanteri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Envanter Serisi, 2010, Ankara

Nebert, K., 1955. Söke-Kuşadası linyit havzası. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Report No: 3021, Ankara (unpublished).

Okay, A.I., 2001, Stratigraphic and metamorphic inversions in the central Menderes Massif: a new structural model. International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), 89, 709-727.

Okay, A., 2007. Menderes Masifi – Nap Paketi mi, Yoksa Stratigrafik Bir İstif mi? Menderes Masifi Kollukyumu. 82-87

Okay, A., 2002. Stratigraphic and metamorphic inversions in the central Menderes massif. A new structural model. Int J Earth Sci (Geol Rundsch), 91:173–178

Okay, A. ,1989. Geology of the Menderes Massif and the Lycian Nappes south of Denizli, western Taurides. Bull Mineral Resour Explor 109:37-51

Okrusch, M., & Brocker, M., 1990. Eclogites association with high-grade blueschist in the Cyclades archipelago. Eur. J. Mineral., 2, 451-478.

Oberhänsli, R., Monie, P., Candan, O., Warkus, F., Partzsch, J.H., Dora, O.Ö., 1998, The age of blueschist metamorphism in the Mesozoic cover series of the Menderes Massif. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 78, 309-316.

Özer, S., Sözbilir, H, Özkar, I., Toker, V., Sarı, B., 2001. Stratigraphy of Upper Cretaceous–Palaeogene sequences in the southern and eastern Menderes Massif (western Turkey). Int J Earth Sci 89:852–866

Reischmann, T., Kröner, A., Todt, W., Dürr, S., Sengör, A.M.C., 1991. Episodes of crustal growth in the Menderes massif, W Turkey, inferred from zircon dating. Terra abstracts 3: 34, EUG VI.

Ring, U., Johnson, C., Hetzel, R., Gessner, K., 2003. Tectonic denudation of a Late Cretaceous-Tertiary collisional belt: regionally symmetric cooling patterns and their relation to extensional faults in the Anatolide belt of western Turkey. Geol. Mag. 140, 421–441.

Satır, M., Friedrichsen, H., 1986. The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: a rubidium/strontium and oxygen isotope study. Geol Rundsch 75:703–715

Sümer, Ö,. İnci, U., Sözbilir H., 2013. Tectonic evolution of the Söke Basin: Extension-dominated transtensional basin formation in western part of the Büyük Menderes Graben, Western Anatolia, Turkey. J of Geodynamics. 65:148-175.

Şengör, A.M.C., Satır, M., and Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey: Tectonics, 3, 693-707.

Şimşek, Ş., 1984. Denizli, Kizildere, Tekkehamam, Tosunlar, Buldan ve Yenice Alanları Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları. MTA Rapor No 7486, Ankara.

Şimşek, Ş., Yıldırım, N. ve Gülgör, A., 2005. Development and Environmental effects of the Kızıldere Geothermal Power project, Turkey, Geothermics, 34, 239-256.

Thomson, S.N., Ring, U., 2006. Thermochronologic evaluation of postcollision extension in the Anatolide orogen, western Turkey. Tectonics 25, TC3005. http://dx.doi.org/10. 1029/2005TC001833.

Uygun, A., Gümüşçü, A., 2000. Çine Asmasifi (GB-Anadolu) Albit Yataklarının Jeolojisi ve kökeni. MTA dergisi, 122, 25-32.

Whitney, D.L., Bozkurt, E., 2002, Metamorphic history of the southern Menderes massif, western Turkey. Geological Society of America Bulletin; 114; 829–838.

Wölfler, A., Glotzbach, C., Heineke, C., Nilius, N. P., Hetzel, R., Hampel, A., Akal, C., Dunkl, I.,. Christl, M., 2017. Late Cenozoic cooling history of the central Menderes Massif: Timing of the Büyük Menderes detachment and the relative contribution of normal faulting and erosion to rock exhumation. Tectonophysics. 717: 585-598.

Yusufoğlu, H., 1998. Paleo- and Neo-tectonic characteristics of the Gediz and Küçük Menderes Grabens in West Turkey. PhD Thesis. Middle East Technical University, Geological Engineering Department, Ankara.

XIX. YÜZYILIN SONLARI VE XX. YÜZYILIN BAŞLARINDA AYDIN SANCAĞINDA MADENCİLİK

Prof. Dr. Ahmet YİĞİT

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Tarih Bölümü

1. GİRİŞ

Osmanlı Devleti'nin son dönemlerinde Aydın vilayeti tabiri ile bugünkü İzmir, Manisa, Aydın, Muğla ve Denizli ilinin yüzey olarak geniş bir alanı içine alan idari birimden bahsedilmektedir. Dolayısıyla Aydın vilayetine ait maden kayıtlarını kendi içinde Aydın sancağına ait olanlar olarak ayırmak zorunda kalınmıştır. Bu iş oldukça zaman alan külfetli bir uğraş olmuştur.

Buna göre[1] Denizli sancağında Acıpayam, Aşiret-i Harbendelü, Çal, Buldan, Güney, Honaz, Sarayköy ve Tavas Kale (Tavas) kaza ve nahiyeleri mevcuttur.

Muğla yani Menteşe sancağında ise; Ağrıdos, Bodrum, Bozöyük, Milas, Datça, Dalaman, Köyceğiz, Menteşe, Döğer, Eskihisar, Eşen, Mekri / Fethiye, Yatağan, Marmaris, Mazon, Peçin,

[1] Bu tespitler için bkz. İbrahim Cavit, *Aydın Vilâyet Sâlnâmesi R.1307/ H.1308*, (hzr. M. Babuçoğlu, C. Eroğlu, A. Şahin), Ankara 2010.

Sarıulus, Mandalyat/Selimiye, Ula, Üzümlü, Vakıflar ve Yerkesik kaza ve nahiyelerinin isimleri kaydedilmiştir.

İzmir sancağında ise; Alaçatı, Ayazmend/Altunova, Tire, Ödemiş, Bergama, Selçuk, Birgi, Burunabad/Bornova, Çandarlı, Çeşme, Torbalı, Menderes, Dikili, Seferihisar, Foça, Gaziemir, Urla, Menemen, Karaburun, Nif/Kemalpaşa ve Balyanbolu/Kiraz kaza ve köyleri mevcuttur.

Manisa Sancağında; Ilıca/Ahmetli, Akhisar, Salihli, Saruhan, Gördes, Demirci, Kula, Turgutlu, Kırkağaç, Alaşehir, Selendi, Sarıgöl ve Soma kaza ve nahiyeleri kaydedilmiştir.

Aydın Vilayetine dahil Aydın merkez sancağında ise Çine, Söke, Koçarlı, Bozdoğan, Nazilli/Kestel, Kılavuzlar, Sultanhisar, Kuyucak, Baharkent/Burhaniye, Dalama, Kuşadası/İne, Didim, Germencik, Karacasu, İncirliova/Karapınar/İneabad, Karpuzlu, Kıran/Köşk, Sobuca/Sobica ve Yenipazar kaza ve nahiyeleri kayıtlarda geçmektedir.

Bu kazaların dışında Burdur Yeşilova ve Uşak Eşme kazaları da Aydın Vilayetine dahil olarak gözükmektedir. Yukarıda da görüldüğü gibi Aydın vilayeti çok geniş bir sahayı içine alan bir idari birimdir. Bu bölge içindeki bütün yazışmalar Aydın Vilayeti adı altında geçtiğinden binlerle ifade edilen maden kaydı mevcuttur. Bu kayıtların içinden Aydın sancağı sınırlarındaki madenler tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada madenler üzerine yorumdan çok durumun tespitine yönelik çalışma yapılmıştır. Bundan dolayı belgelerin varlığı ihale süreci, imtiyaz sahipleri, nakliye ve kullanımla ilgili kısımlar arşiv kaynaklarından gösterilmeye çalışılmıştır. Bu konu üzerine yapılan doktora çalışması mevcuttur[2].

---

[2] Şerife Yorulmaz, *Aydın Vilayetinde Madenler*, (1850-1908), İzmir 1994.

Aydın Vilayeti genelinde R.1307 / M.1891 yılında toplam 25 maden işletilmektedir. Bunlardan 14'ü çalışmakta ve 11'i ticari açıdan işletilmemektedir. Aydın sancağında Nazilli ve Söke'de Forbes'in işlettiği linyit madenleri mevcuttur. Alınan vergi miktarı Nazilli'den 5000 kuruş Söke'den 2400 kuruştur. Yıllık diğer işletmelerden ne kadar ton linyit çıkarıldığı kaydedilmişken bu iki işletmeden rakam verilmemiştir. Yüzde olarak alınan vergi miktarı ise Nazilli'de % 5 Söke'de % 10 olarak gösterilmiştir[3].

Osmanlı Devleti'nde bölgede ilk altın ve gümüş madeni araştırmalarına dair çalışma H-28-03-1303/ 30 Aralık 1885 tarihli yazı ile Topçu Miralayı Ahmed Faik Bey'in raporudur[4]. H-16-06-1305/29 Şubat 1888 tarihli yazı ile Bosnalı Halil'in Söke'ye bağlı Domaniçe köyü civarında altın madeni bulunduğunu bildirmesi üzerine konunun araştırılması Aydın Valiliği'nden istenmiş ve valilikçe konunun araştırılması için para ve mühendis talebinde bulunulmuştur[5]. Almanlar Osmanlı topraklarında jeolojik (tabakat-ı arz) araştırmalar yapmak üzere talepler de bulunmuşlardır. Bonn Darülfünun hocaları Doktor Philip[6] ve Doktor Alfred Wilson'a[7] Aydın vilayeti genelinde jeolojik ve maden araştırmaları yapacağından gerekli kolaylıkların sağlanması istenmiştir. H-03-08-1313/ 19 Ocak 1896 tarihli belgede maden mühendisi Wilhem Fişbak'ın Aydın Vilayeti genelinde bulunan altın madenlerine dair Kamil Paşa'ya rapor sunduğu görülmektedir[8]. Aynı şekilde H-27-10-1317/ 28 Şubat 1900 tarihli yazı ile Hazine-i Hassa tarafından Bursa ve Aydın'da maden

---

[3] İ. Cavit, a.g.e., s.709.
[4] BOA, Y..MTV. / 19 - 69
[5] BOA, DH.MKT. / 1490 - 41
[6] H-19-12-1321/ 7 Mart 1904 tarihli yazı ile Philip'in bu tarihten önce Aydın Vilayetini dolaştığı anlaşılmaktadır. Gezi sırasında emniyeti ve yardım için heyet mi yoksa jandarma mı görevlendirileceği sorulmaktadır. Bkz. BOA, DH.MKT. / 826 – 74; BOA, HR.TH.. / 257 – 113.
[7] H-03-12-1319/ 13 Mart 1902 tarihli belge için bkz. BOA, DH.MKT. / 2599 – 76.
[8] BOA, Y..EE..KP.. / 6 – 533.

araştırması için Edvar Carl Vais görevlendirilmiştir[9]. Maden bulan mühendislere ihbariye adı altında ödeme yapılmaktadır. H-18-06-1321/11 Eylül 1903 tarihinde Karacasu kazasındaki zımpara madeni hududu haricinden Mühendis Hasan Tahsin Efendi tarafından bulunan cevherden ilgili mühendise ihbariyenin ödenmesi talep edilmiştir[10].

Devlet kömürün enerji olarak kullanılması ve bütün dünyadaki önemini kavrayarak hem kontrol etmek hem de gelir elde etmek için H-11-08-1320/ 13 Kasım 1902 tarihli yazı ile Aydın'da ortaya çıkabilecek kömür madenlerinin imtiyazını Hazine-i Hassa'ya devretmiştir[11]. Osmanlı Devleti genelinde olduğu gibi Aydın vilayetinde de bir defaya mahsus olmak üzere % 6 olarak H-28-02-1322/ 14 Mayıs 1904 tarihli yazı ile maden işletmek üzere ihale almış olanların teçhizat-ı askeriye ödemelerine karar verilmiştir[12].

H-22-07-1319/ 4 Kasım 1901 tarihli belgede Aydın demiryolundan Isparta'ya kadar uzanan yol güzergahı üzerinde bulunan bazı bölgelerde özellikle krom madenlerinin imtiyazlarını İngiliz uyrukluların istediklerine dair özet bilgi gönderilmiştir. Bunlara imtiyaz verilip verilmediği konusu belli değildir[13]. Maden kömürleri önemli görüldüğünden dışarıya ihracı yasaklanmıştır[14]. Aynı hususta R-30-09-1330/13 Aralık 1914 tarihli telgraf ile İngilizlere ait maden kömürlerinin ne yapılması gerektiği merkeze sorulmuştur[15].

Osmanlı Devleti'nin son dönemlerinde H-08-10-1320/ 8 Ocak 1903 tarihli belge ile % 6'lık mali tahsilatın yapılması, ticaret

---

[9] Verdiği rapor hakkında bkz. BOA, HH.d... / 22947.
[10] BOA, ŞD. / 533 – 6.
[11] BOA, İ..HUS. / 100 – 134.
[12] BOA, MV. / 109 – 34.
[13] BOA, Y..PRK.EŞA. / 39 – 20.
[14] R-25-05-1330/ 7 Ağustos 1914 tarihli yazı ile dahile sevk edilip edilmemesi sorulmaktadır. Bkz. BOA, DH.ŞFR. / 435 – 106.
[15] BOA, DH.ŞFR. / 453 – 80.

anlaşmalarının yenilenmesi ve devlet açısından en önemli gelir kaynağı durumundaki maden ihalelerinin kolaylaştırılması komisyonca karar altına alınmıştır[16].

Aydın vilayeti genelinde madenlerde görevli olanlarla ilgili yazışmalar dikkat çekicidir. H-21-01-1337/ 27 Ekim 1918 tarihli belge ile Nazilli kömür madeni ocaklarında müstahdem Mardinli Abdülaziz'den tezkire-i Osmaniye yani kayıtlı olduğu Mardin nüfus müdürlüğünden nüfus bilgileri istenmiştir[17]. Aydın maden memurluğu oldukça önem kazanmıştır. Aydın vilayeti genelinde oldukça önemli kömür yatakları ve krom madenleri olması dolayısıyla maden memurları görevlendirilmiştir. H-10-11-1301/ 1 Eylül 1884 tarihinde görevli memur olarak Davud Efendi'nin tayin edildiği görülmektedir[18]. H-14-08-1302/29 Mayıs 1885 tarihinde maden memuru Hayrabet Efendi olarak görülmektedir[19]. Maden memurluğundan azledilen Kadri Efendi'nin maddi açıdan zor duruma düştüğü H-11-11-1311/16 Mayıs 1894 tarihli belgeden anlaşılmaktadır[20]. Devlet Kadri Efendi'ye H-02-12-1311/6 Haziran 1894 tarihli belge ile münasip bir memuriyete görevlendirilmesini kabul etmiştir[21]. Devlet H-18-05-1312/17 Kasım 1894 tarihli yazı ile orman ve maden işlemlerini gerçekleştirmek üzere gönderilen memurlar için maaş tahsisini uygun görmüştür[22]. H-09-01-1313/ 2 Temmuz 1895 tarihli yazıdan maden müdüriyetinin kaldırıldığını ve

---

[16] BOA, Y..PRK.A... / 13 – 25.
[17] BOA, DH.SN..THR. / 81 – 53.
[18] BOA, İ..ŞD.. / 70 – 4115.
[19] Hayrabet Efendiye devriye masrafı için tahsisat gönderilmiştir. Bkz. BOA, İ..DH.. / 953 – 75342.
[20] H-02-08-1311/8 Şubat 1894 tarihli yazı ile Kadri Bey kendisine mazuliyet maaşı bağlanmasını talep etmiştir. Bkz. BOA, ŞD. / 2963 – 25; BOA, BEO / 403 – 30222.
[21] BOA, BEO / 415 – 31097.
[22] BOA, İ..OM.. / 2 – 25.

“masarif-i devriye” ücretinin artık Orman Maadin Muamelat müdürlüğüne tahsis edileceği bildirilmiştir[23].

H-2-04-1316 / 20 Ağustos 1898 tarihli yazı ile maden mühendisliğinden tekaüde ayrılan Raşid Efendi'nin bu görevi yürüttüğü anlaşılmaktadır[24]. H-27-06-1317/2 Kasım 1899 tarihli yazı ile Aydın’da Aydın Orman ve Maadin Muamelat Müdürü Yusuf Bey'in maaşına zam yapılmıştır[25]. Yine aynı dönemde H-16-11-1317/ 18 Mart 1900 tarihli yazı ile Aydın maden mühendisi olan Vitalis Bey'in maaşında artış yapılarak tayini gerçekleştirilmiştir[26]. H-27-08-1322/6 Kasım 1904 tarihinde Vitalis Bey Maadin Heyet-i fenniye azalığına tayin olmuş[27] ve onun yerine H-13-11-1322/19 Ocak 1905 tarihli yazı ile Ergani maden mühendisi Barkef Efendi tayin olmuştur[28].

Aydın’da Tireli Halil Efendi’nin çiftliğinde çıkan zımpara madeni hususunda Alman vatandaşı Peçl ile aralarında yaşanan anlaşmazlık sonucunda Peçl’in zarar gördüğü anlaşılmıştır. H-06-01-1291/ 23 Şubat 1874 tarihli yazı ile yapılan incelemede hazinenin bu parayı ödemesinin söz konusu olmadığı İngiliz vatandaşı Madam Apod’dan 3500 lira alınıp verilmesi kararlaştırılmıştır[29].

Merkezden yapılan düzenlemelerin bazen mahallinde tepkilere sebebiyet verdiği görülmektedir. H-26-11-1319/ 6 Mart 1902 tarihli yazıda devletin Yeni Maden Nizamnamesi çıkardığı ve bu nizamnameye göre yapılacak işlemlerde hazinenin zarar edeceği Aydın vilayetinden gönderilen yazılarla merkez uyarılmıştır. Yazının

---

[23] BOA, İ..OM.. / 3 – 1.
[24] BOA, ŞD. / 966 – 52.
[25] BOA, BEO / 1394 – 104496.
[26] BOA, BEO / 1458 – 109310.
[27] BOA, BEO / 2443 – 183206; H-08-11-1322/14 Ocak 1905 tarihli yazı ile tayin olmuştur. Bkz. BOA, İ..OM.. / 10 – 20.
[28] BOA, BEO / 2487 – 186510.
[29] BOA, İ..MMS. / 48 – 2051.

devamında ise artık bu şartlarda kimsenin maden işleri ile uğraşmayacağı da belirtilmiştir[30]. İnsanın olduğu her yerde zaman zaman haksızlık ve suiistimaller olmuştur. H-05-05-1321/ 30 Temmuz 1903 tarihli yazı ile Aydın maden mühendisliğine getirilen Kosova vilayeti maden mühendisinin kendisine menfaat sağladığı tespit edildiği halde Aydın maden mühendisliğine tayin edilmesi terfi ettirildiği şeklinde değerlendirilmiştir[31].

Aydın Sancağı genelinde zımpara, linyit, arsenik ilk başlarda en çok tespit edilip işletilen madenler arasında görülmektedir. Aydın sancağında maden işletmeleri işletilen madenlere göre tasnif edilmeye çalışılmıştır. Belgelerde zaman zaman bazı madenlerin isimlerinin verilmemesi, bu günkü idari sınırların çizilmesinde madenlerin farklı kaza veya nahiyeler içinde kalması tasnifte problem yaratmıştır. Bu yüzden madenler olarak tasnif uygun görülmüştür. Tarihçi olarak madenlerin kullanılma ve özelliklerine bakılmadığından sadece belgeler olarak verilmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.

2. ZIMPARA MADENİ

Sultan Abdülmecid Hanın Medine ve Mekke'de yaptırdığı hastanelere akar getirmesi için Aydın'daki zımpara madenlerini vakfetmiştir. Vakıf madenlerinin işletilmesi zaman zaman sıkıntılara sebep olmuş suiistimaller olmuştur. H-12-06-1293/5 Temmuz 1876 tarihli yazı ile vakfın Aydın sancağında İneabad nahiyesi (İncirliova) dağlarında, Kula, Söke, Gümüşdere ve başka yerlerdeki zımpara madeni ve ihalelerine dair şikayet evrakı mevcuttur[32]. Şikayetlerin özü 35 yıllık bir sürede zımpara madenlerini işleten İngilizlerin vakfa % 1 dahi vermedikleri, hatta üretimi az gösterdikleri üzerinedir. Bu durum Evkaf-ı Hümayun Nazırı Mustafa Paşa tarafından tespit edilmiştir. Şikayet üzerine yapılan müzayede de ismi verilmeyen bir vakıf

[30] BOA, İ..HUS. / 94 – 104.
[31] BOA, BEO / 2128 – 159542.
[32] BOA, ŞD. / 93 – 7.

madeni % 25 pay ile İzmirli Yahya Hayati Paşa'ya işletilmek üzere ihale edilmiştir. H-08-10-1307 / 28 Mayıs 1890 tarihli belgede İngiliz Apode'nin daha önce yıllık 750 lira verdiği ve yeni ihale sonucu vakfa ödenilen payın dışında 15.000 lira elde edildiği, hazineye de 2000 lira verildiği belgede özellikle kaydedilmiştir[33]. Aynı konuda H-21-01-1308 / 6 Eylül 1890 tarihli belge ile İngiliz vatandaşı olan Apod'un 35 yıldan fazla imtiyaz belgesi olmaksızın işlettiği ve ölümünden sonra eşinin madenlerin yönetimini ele aldığı bildirilmiştir. İddiaya göre Apod'un imtiyaza aldığına dair vakıflarda ve diğer yerlerde hiçbir evrak bulunamamıştır. İngiliz Apod'un müdahalesi ile zımpara madeni Mehmet Tevfik Efendi'ye ihale olunduğunda ise % 25 vakfa pay verdiği halde ihale sonuçlandırılamamıştır. Yazıdan Apod adına 1283 yılı Martından 1286 Şubatına kadar senelik 1000'er lira, 1287 yılında ise 850 lira ödenmiştir. Hazine adına da % 20 pay ödenmesi gerektiği kaydedilmiştir. Olay Şura-yı Devlete intikal etmiştir[34]. Vakıf madenlerden çıkarılan madenlerin yüzdesinde hile yapıldığı düşünülmüştür. H-26-01-1320/ 5 Mayıs 1902 tarihli yazı ile daha önce tartışmalara sebep olan vakıf madenlerden çıkarılan madenleri kontrol için 500 kuruş maaşla bir memur görevlendirilmesi istenmiştir[35]. Nitekim H-28-06-1323/ 30 Ağustos 1905 tarihli yazı ile bazı madenlerin usule uygun olmayan şekilde iltizam ve ihale olunduğu haber alınmasına binaen bunlardan ne kadar cevher çıkarıldığına dair şüpheler üzerine Kosova, Aydın ve Adana vilayetlerine yazı gönderildiği anlaşılmaktadır[36].

---

[33] BOA, Y..PRK.OMZ. / 1 – 29.

[34] BOA, Y..MTV. / 45 – 41; H-08-05-1308/ 20 Aralık 1890 tarihli yazı ile zımpara madenlerini 35 sene evvel İngiliz vatandaşı Apod'un mukavelename gibi evrakı olmadığı halde zapt ettiğine dair mültezimlerden Mehmed Tevfik Efendi'nin şikayeti hakkında Teftiş-i Askeri Komisyonu'nun mazbatası için bkz. BOA, Y..MTV. / 47 – 38.

[35] BOA, BEO / 1841 – 138005.

[36] BOA, BEO / 2653 – 198969.

Aydın Bozdoğan kazası Yaykın ve Akseki köylerinde zımpara madeni aramak için 24.11.1912 tarihli belge ile Mehmet Salih, Osman Saip, Hafız Ethem ve Hacı Emin'e ruhsat verilmiştir[37]. İlk arama ruhsatında ismi olmayan ve kısa zamanda madeni bulup işlettikleri anlaşılan hissedarlardan Hacı Hüseyin Efendizâde Necib Efendi hissesini H-03-08-1331/ 8 Temmuz 1913 tarihli yazı ile Hacı Emin'e devretmiştir[38]. Cumhuriyet döneminde 06.04.1926 tarihli yazıdan anlaşıldığı şekli ile Karacasu'ya bağlı Yaykın ve Bozdoğan'a bağlı Akseki köylerinde ki zımpara madeninin 20'şer hissesinin Mehmed Salih, Osman Saib ve Hafız Edhem Efendilerin, 40 hissesinin de Hacı Emin Efendi varislerine verilmesi kararlaştırılmıştır[39]. Bir yıl sonra 04.05.1927 tarihli yazı ile Bozdoğan ilçesine bağlı Yaykın ve Akseki köylerindeki Hafız İbrahim ve Hacı Emin mirasçılarının işlettiği maden imtiyazı iptal edilmiştir[40].

H-29-12-1300/31 Ekim 1883 tarihli harita ile Buldanlı Hacı Emin ve oğullarına ait, İzmir, Manisa, Aydın, Denizli, Nazilli, Alaşehir, Milas ve sair maden mevkileri gösterilmiştir. Bu harita Fransızca ve el yapımı olarak 1/400000 ölçeğinde yapılmıştır[41]. Hacı Emin Efendi bölgede maden işleten oldukça önemli kişilerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aydın Söke kazası Gümüşdağı'ndaki zımpara madeni mültezimi İngiliz Ernest Apod H-30-12-1322/7 Mart 1905 tarihli yazı ile işletmeye almasına dair işlemler hakkında bilgi verilmiştir[42]. İngiliz vatandaşı Ernest Apod Aydın Vilayeti genelinde zımpara madenlerinin tamamında söz sahibi gibi görünmektedir. H-29-06-1324/20 Ağustos 1906 tarihli yazı ile İzmir'de ikamet eden İngiltere

---

[37] BCA, 310-10-0-9 / 341 - 463 – 1.
[38] BOA, MV. / 179 – 3.
[39] BCA, 30-18-1-1 / 18 - 24 – 12.
[40] BCA,30-18-1-1 / 24 - 28 – 6.
[41] BOA, HRT.h.. / 1847.
[42] BOA, Y..PRK.UM.. / 74 – 102.

vatandaşı Ernest Apod'a verilmiş olan maden ruhsatı iade edilmiştir[43]. Söke kazası Kemer çiftliğinde bulunan zımpara madeninin işletilmesi imtiyazı, H-15-06-1326/15 Temmuz 1908 tarihli yazı ile yine Ernest Apod'a verilmiştir[44]. H-24-01-1327/15 Şubat 1909 tarihli yazı ile Karacasu kazasındaki zımpara madeninin Kurtzade Akif Zihni Efendi'ye ihalesi hakkında yapılan şikayet üzerine bu gibi madenlerin müzayedesiz ihalesinin mugayir-i nizam olacağına ve adı geçen madenin geçici olarak Ernest Apod'a verilmesini de kabul olmadığına dair Şura-yı Devlet kararının tebliğ edilmiştir[45]. H-17-03-1327/8 Nisan 1909 tarihli yazı ile Evkaf Nezareti Evkaf-ı Hümayun'a ait olup Ernest Apod'a işletmesi devredilen Karacasu Kekre zımpara madeninden yalnız rüsum-ı nisbiyye alınarak rüsum-ı mukarrere alınmamasından dolayı vakıf hazinesinin uğradığı zararın mahkemeye müracaatla tazmin edilmesi istenmiştir[46]. Bu yazıdan Karacasu'da bulunan Kekre zımpara madeninin vakıf adına işletildiği anlaşılmaktadır. H-06-11-1332/26 Eylül 1914 tarihli ruhsat ile Karacasu Kekre mevkiindeki madenin işletme ruhsatı Ernest Apod'a verilmiştir[47]. Aydın, Karacasu kazasının Geyve mevkisindeki zımpara madeninin H-03-11-1332/ 23 Eylül 1914 tarihli yazı ile 60 yıl süreli İngiliz Ernest Apod'a verilmiştir[48]. Aynı yazının devamı olarak H-03-11-1332/ 23 Eylül 1914 tarihli yazı ile Söke kazasının Mavralı ve Kemer köylerindeki zımpara madeninin 60 yıl süre ile İngiliz Mösyö Ernest Apod'a ihalesi kararlaştırılmıştır[49]. Bu imtiyaz H-28-03-1333/13 Şubat 1915 tarihli yazı ile birinci dünya savaşının başlaması dolayısıyla İngiliz vatandaşı olan ruhsat sahibinin Osmanlı Devleti

---

[43] BOA, BEO / 2894 – 217047.
[44] BOA, Y..MTV. / 312 – 117.
[45] BOA, BEO / 3492 – 261886.
[46] BOA, BEO / 3532 – 264843.
[47] BOA, İ..DUİT / 22 – 32.
[48] BOA, MV. / 236 – 99.
[49] BOA, MV. / 236 – 116; H-06-11-1332/26 Eylül 1914 tarihli yazı için bkz. BOA, İ..DUİT / 22 – 31.

açısından hasım bir devlet vatandaşı olması dolayısıyla bu imtiyazı feshedilmiştir[50]. H-01-03-1340/2 Kasım 1921 -Aydın'ın Karacasu kazası ile Kekre ve Söke kazasının Maravlı ve Kemer mevkilerinde işletme hakkı Ernest Apod'a verilen iki zımpara madeni hakkındaki yazışmalar tamamlanmıştır[51].

Madenlerde patlayıcılar kullanılmıştır. H-11-08-1312/7 Şubat 1895 tarihli yazıda kontrol dışında Karacasu'daki madende bulunmuş olan 67 dinamit ve 91 adet kapsülün Topçu Kumandanlığı'na teslim edildiği görülmektedir[52]. Aynı maden daha sonra H-29-12-1315 / 11 Mayıs 1898 tarihinde Apod'a icar ile senelik 2000 lira karşılığı verilmiştir[53].

H-01-04-1320/8 Temmuz 1902 tarihinde Süvari Feriki Mehmed Paşa'ya işletmesi devredilen zımpara madeni hakkında buyruldu gönderilmiştir[54]. H-25-08-1322/4 Kasım 1904 tarihli yazı ile Aydın vilayetine tabi kısmen Söke, kısmen İneabad ve kısmen Kuşadası sınırları içinde kalan zımpara madeninin gelirlerinin hazine adına tahsil edilmesi düşünülmüştür. Bu zımpara madenin de vakıf adına işletilmekte veya gelirlerinin bir kısmı vakfa verilmektedir. Çünkü bu hususta Mustafa Fazıl tarafından evkaf nezaretine arzuhal gönderilmiştir[55]. Aynı maden hakkında H-20-12-1322/25 Şubat 1905 tarihli yazı ile Süvari Ferik Mehmed Paşa'ya işletmesi verilen madenden çıkarılacak cevherden %10 vergi alınması kararlaştırılmıştır[56]. Kuşadası kazasında H-15-04-1335/8 Şubat 1917 tarihli belge ile Yunan vatandaşı olan Sidri Kalfa tarafından işletilen

---

[50] BOA, MV. / 238 – 40; BOA, MV. / 238 – 37; H-30-03-1333/15 Şubat 1915 tarihli yazı için bkz. BOA, BEO / 4337 – 325250; H-01-04-1333/16 Şubat 1915 tarihli yazı için bkz. BOA, BEO / 4337 – 325256; BOA, BEO / 4392 – 329328.
[51] BOA, BEO / 4698 – 352301.
[52] BOA, Y..A...HUS. / 319 – 23.
[53] BOA, Y..PRK.OMZ. / 2 – 18.
[54] BOA, BEO / 1880 – 140942.
[55] BOA, BEO / 2442 – 183106.
[56] BOA, BEO / 2512 – 188349.

zımpara madeni imtiyazı feshedilmiştir[57]. Osmanlı Devleti madenlerin işletilmesinde Osmanlı vatandaşlarını tercih etmeye çalışmıştır. Söke kazası Serçin köyündeki zımpara madeni H-01-08-1336/12 Mayıs 1918 tarihli belge ile Osmanlı vatandaşı olan Alber Türeyk'a ihalesi kararlaştırılmıştır[58]. Söke'de Lütfullah E. Kitapçı Madencilik Ltd. Şti.ye 13.05.1918 tarihinde zımpara madeni işletme ruhsatı verilmiştir[59].

Aydında Gerenez/Gereniz köyünde zımpara madeni olduğu ve işletildiği anlaşılmaktadır. H-12-07-1334/ 15 Mayıs 1916 tarihli belge ile Gerenez mevkiinde 24 Rebi'ül-evvel 1331/ 3 Mart 1913 tarihli ferman-ı âlî ile Osmanlı Devleti vatandaşı Mehmet Mahir Bey'e işletme imtiyazı verilen zımpara madeni işletme ruhsatı iptal edilmiştir[60]. Bu madenin ihalesi H-23-04-1331/1 Nisan 1913 tarihli yazı ile gerçekleştirildiği anlaşılmaktadır[61]. H-14-07-1334/17 Mayıs 1916 tarihli imtiyaz iptal ve ortakları kaydedilmiştir. Bunlar Mehmed Mahir Bey, Mehmed Fikri Bey, Fatma Pakize Hanım, Luly Apostolidi, Corci Pololi, Azrail, Nature, İlya Zaranyale Rope, Alaaddin Efendi ve Manolaki Rope'dir[62].

Aydın Sancağı Körteke mevkiinde 28.01.1891 tarihli yazı ile Richard Apod, Amade Nuhter'e zımpara madeni işletme ruhsatı verilmiştir[63]. Körteke mevkiinde Ilıca diye tabir edilen bölgede

---

[57] BOA, MV. / 246 – 101.
[58] BOA, MV. / 249 – 91; H-11-08-1336/22 Mayıs 1918 tarihli yazı için bkz. BOA, BEO / 4516 – 338688.
[59] BCA, 310-10-0-9 / 358 - 526 – 1.
[60] BOA, MV. / 242 – 95.
[61] BOA, MV. / 231 – 37.
[62] BOA, İ..DUİT / 23 – 6; H-15-07-1334/18 Mayıs 1916 tarihli yazı için bkz. BOA, BEO / 4414 – 331031; H-05-07-1334/8 Mayıs 1916 tarihli yazı için bkz. BOA, ŞD. / 1255 – 26.
[63] BCA, 310-10-0-9 / 358 - 525 – 1.

15.05.1900 tarihinde Yoka Fiyorenti, Andon Petako ve Dimitri Yuvanoviç'e zımpara ve antimuan madeni işletme ruhsatı verilmiştir[64].

H-18-10-1308/27 Mayıs 1891 tarihli yazı ile Nazilli kazasına tabi Karasu nahiyesindeki zımpara madeni imtiyazının İzmir Hamidiye Şirketi Reisi Yahya Hayati Paşa ile tüccardan Eftim Efendi'ye verilmesi istenmiştir[65]. H-03-12-1314/5 Mayıs 1897 tarihli yazı ile Kekre köyünde bulunan zımpara madeninin maden mühendisliğince tahlilinin yapılması istenmiştir[66]. Kekre köyünde Yahya Hayati Paşa ve Bursalı Eftim Efendi'ye 26.05.1910 tarihinde zımpara madeni işletme ruhsatı verilmiştir[67].

Avrupa'da sanayinin gelişmesi ve madene olan aşırı ihtiyaç dolayısıyla krom ve zımpara madenleri büyük önem arzetmiştir. Avrupa devletleri vatandaşlarının Osmanlı Devleti sınırları içinde bu madenleri işletmeleri açısından teşvik etmişler ve onların karşılaştıkları zorlukları elçilikleri vasıtasıyla takip etmişlerdir. H-29-12-1322/ 6 Mart 1905 tarihli yazı ile Kosova, Denizli ve Aydın'daki krom, zımpara madenlerinin İngiliz ve Avusturya vatandaşlarına verilmesi hususunda bilgiler istenmiştir[68].

Aydın (Germencik) Dağyeni köyünde 25.06.1898 tarihli yazı ile Thomas Veled Tomoryan'a zımpara madeni işletme ruhsatı verilmiştir[69].

Karacasu kazasında H-01-11-1331/2 Ekim 1913 tarihli yazı ile Karataşalağı'nda bulunan zımpara madeninin İngiliz vatandaşı Edwar

---

[64] BCA, 310-10-0-9 / 322 - 421 – 1.
[65] BOA, MV. / 64 – 72.
[66] BOA, Y..PRK.OMZ. / 2 – 6; H-01-03-1321/28 Mayıs 1903 tarihli dilekçe ile Yahya Bey ve ortakları adına işletme talep edilmiştir. Bkz. BOA, ŞD. / 3014 – 48.
[67] BCA, 310-10-0-9 / 319 - 415 – 1.
[68] BOA, Y..PRK.OMZ. / 3 – 47.
[69] BCA, 310-10-0-9 / 331 - 439 – 1.

Hadkinson ile diğer taliplerine ihalesine uygun görülmüştür[70]. Karacasu ilçesi Yazırköy'de 08.02.1972 tarihli belge ile Yalın Kartallar'a zımpara madeni arama ruhsatı verilmiştir[71]. Aydın Karacasu Yazır köyünde 10.04.1975 tarihli belge ile M. Erhan Veral'a zımpara madeni işletme ruhsatı verilmiştir[72].

Kuşadası Burgas köyünde H. 12.11 1263/ 22 Ekim 1847 tarihli yazı ile zımpara madeni çıktığı ve merkeze numune gönderildiği bildirilmiştir[73]. Bu madenin İngiliz Ayot Danleb'in fazla cevher çıkardığı evkafa vermesi gereken vergiden kaçırdığı H. 8 – 4 – 1269 / 19 Ocak 1853 tarihli yazı ile hazine-i hassaya şikayet edilmiştir[74]. H-24-03-1317/ 2 Ağustos 1899 tarihli yazı ile madene en yüksek bedeli verene verilmesi için ihale edilmesi istenmiştir[75]. Madenin ihalesi ve imtiyazı hakkında başka yazışma mevcut değildir. Madenin H. 29- 12-1285/ 29 Nisan 1869 tarihli 1/ 5000 ölçekli Fransızca haritası mevcuttur[76].

Osmanlı Devleti'nde özellikle Fransız haritacılar tarafından maden bölgelerinin farklı ölçeklerde haritaları yapılmıştır. Genel olarak Aydın bölgesinde yapılmış olan haritaları vermeyi ilgilileri veya meraklıları açısından uygun gördük. Söke Gümüşdağı zımpara madeninin Fransızca el yapımı 1/20000 ölçekli H. 29 – 12 – 1341/12 Ağustos 1923 tarihli haritası mevcuttur[77]. Söke kazasına ait H-29-09-1289/30 Kasım 1872 tarihli Fransızca olarak 1/5000 ölçekli zımpara madeni haritası mevcuttur[78]. Yine H-30-07-1305/ 12 Nisan 1888 tarihli el yapımı Fransızca 1/1000 ölçekli zımpara madeni haritası

[70] BOA, MV. / 231 – 351.
[71] BCA, 310-10-0-9 / 383 - 563 – 1.
[72] BCA, 310-10-0-9 / 369 - 543 – 1.
[73] BOA, MVL / 17-22.
[74] BOA, C.DRB. / 48 – 2351.
[75] BOA, BEO / 1349 – 101114.
[76] BOA, HRT.h / 1283.
[77] BOA, HRT.h / 1372.
[78] BOA, HRT.h.. / 1965.

mevcuttur[79]. H-23-05-1336 / 6 Mart 1918 tarihli el yapımı Aydın vilayetinin kaza ve köylerinde zımpara madenlerini gösterir Fransızca 1/5000 ölçekli harita mevcuttur[80]. H-29-12-1341/12 Ağustos 1923 tarihli el yapımı Sahrana Tepesi, Balıkça Çay Deresi, Tekele Deresi zımpara madeni ve Bayındır ovasını gösterir el yapımı Fransızca 1/5000 ölçekli harita yapılmıştır[81]. H-17-12-1285/21 Mart 1869 tarihli İneabad ve Kuşadası kazalarının Balacık ve Kırkıncı nahiyelerinde bulunan zımpara madenlerini gösterir Fransızca el yapımı 1/5000 ölçekli harita mevcuttur[82]. H-3 -12-1304/23 Ağustos 1887 tarihli Nazilli kazasına bağlı Karasu nahiyesine bağlı Kekre köyünde çıkarılan 1/5000 ölçekli el yapımı Fransızca harita çizilmiştir[83]. H-29-12-1341/12 Ağustos 1923 tarihli Söke kazası, Kızılgedik zımpara madeni haritası Fransızca el yapımı olup 1/5000 ölçeklidir[84].

3. LİNYİT MADENİ

Aydın Sancağı Nazilli kazasına bağlı Kızıldere köyünde 26.11.1919 tarihli belge ile Buldanlı Madencilik Ltd. Şti.ye maden kömürü işletme ruhsatı verilmiştir[85]. Nazilli'de Kızıldere mevkiinde işletilen linyit madeninin hisselerinin bir kısmı 25.07.1926 tarihinde İzmir'de bulunan Mustafa Emin adına devredilmesine onay verilmiştir[86].

Nazilli'deki linyit ocaklarından biri de Gereniz veya kayıtlarda geçen şekli ile Gerenez köyündedir. H-04-05-1332/ 31 Mart 1914 tarihinde linyit madeninin Osmanlı vatandaşı olan Ahlif İkonomidi

---

[79] BOA, HRT.h.. / 196.
[80] BOA, HRT.h.. / 1291.
[81] BOA, HRT.h.. / 1359.
[82] BOA, HRT.h.. / 1601; H-11-10-1289/12 Aralık 1872 tarihli bir başka harita için bkz. BOA, HRT.h.. / 899.
[83] BOA, HRT.h.. / 2339; H-29-12-1341/12 Ağustos 1923 tarihli harita için bkz. BOA, HRT.h.. / 1063.
[84] BOA, HRT.h.. / 2382.
[85] BCA, 310-10-0-9 / 359 - 527 – 1.
[86] BCA, 30-18-1-1 / 20 - 47 – 17.

Efendi ihale edilmiştir[87]. H-11-02-1334/ 19 Aralık 1915 tarihli yazı ile Nazilli'nin Gereniz köyünde Ahlif İkonomidi üzerinden oğlu Niko'ya geçen 48/14 hisse linyit madeni haklarının, Buldanlı Hacı Emin Efendi'ye devrine izin verilmiştir[88]. H-10-07-1337/ 11 Nisan 1919 tarihli yazı ile linyit madeni hisselerinin devrine onay verilmiştir[89]. 03.11.1926 tarihli yazı ile de bir kısım hisse İzmir'de Tüccar Hacı Hasan oğlu Osman Saib'e devredilmiştir[90]. Hisselerin devri işlemi 15.04.1936 tarihinde 48/14 hissesinin devlete ait Sümerbank'a devri ile son bulmuştur[91].

H-30-01-1290/30 Mart 1873 tarihli yazı ile Söke kazasındaki Küp Dağı'nda bulunan linyit madeni işletmeye talip olan İngiliz vatandaşı Clark Corrir'in vekili Marad oğlu Ohannes'in dilekçesi mevcuttur[92]. Clark'ın işletme imtiyazının fes edildiği tarihe kadar 60 yıldan fazla madeni işlettiği anlaşılmaktadır. 15.12.1938 tarihli yazı ile Aydın'ın Küp dağı mevkiinde bulunan ve işletme imtiyazı İngiliz uyruklu Clark ve Forbes'e verilmiş olan linyit madeni imtiyazının feshi kararlaştırılmıştır[93].

29.11.1913 tarihli yazı ile Söke kazası Kızılkilise köyünde Marko Epsika'ya linyit madeni arama ruhsatı verilmiştir[94]. Kömür bulunup bulunamadığına dair bilgi mevcut değildir. İşletme imtiyaz talebi olmadığına göre kömür bulunamamış veya uygun/yeterli görülmemiştir.

---

[87] BOA, BEO / 4272 – 320388.
[88] BOA, MV. / 199 – 167.
[89] BOA, MV. / 215 – 48.
[90] BCA, 30-18-1-1 / 21 - 68 – 2.
[91] BCA, 30-18-1-2 / 63 - 29 – 16; 22.07.1937 tarihli yazı için bkz. BCA, 30-18-1-2 / 77 - 67 – 10.
[92] BOA, ŞD. / 2874 – 42.
[93] BCA, 30-18-1-2 / 85 - 105 – 4.
[94] BCA, 310-10-0-9 / 344 - 472 – 1.

H-29-12-1322/6 Mart 1905 tarihli yazı ile Aydın dahilinde Karahayıt nahiyesinin Şahinale köyü ve diğer köylerde linyit madeni bulunduğu bildirilmiştir[95]. Aydın vilâyeti Karahayıt nahiyesinde bulunan Şahinali köyündeki linyit madenlerinden izinsiz kömür çıkaranların araştırılması H-08-09-1323/ 6 Kasım 1905 tarihli yazı ile talep edilmiştir[96]. Vatandaşın veya bazı kişilerin kendi imkanlarıyla büyük ölçekli olmayan bazı kazılar yaparak kömür çıkardıkları anlaşılmaktadır. 20.02.1929 tarihli yazı ile Balcızade Abdülhamit Efendi mirasçılarına ait Aydın Karahayıt'daki linyit maden ocağı imtiyazının devamına karar verilmiştir[97]. 20.12.1948 tarihli yazı ile işletme imtiyazı Balcızade Abdülhamit'e verilmiş olan Aydın'ın Gölhisar-Şahinali köylerindeki linyit madeni imtiyazının hissedarlarından Lütfiye Atay'a devredilmesi onaylanmıştır[98]. Bölgede potansiyel olarak kömür madenlerin olabileceği ve araştırma yapılması kararlaştırılmıştır. Aydın Şahinali'de 23.12.1977 tarihli belge ile Aydın Linyit Ltd. Şti. ve Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne maden kömürü arama ruhsatı verilmiştir[99].

H-12-02-1304/10 Kasım 1886 Aydın vilayeti dahilinde Köşk nahiyesinde Köşkderesi adındaki yerde resmi izinle Avusturyalı Mariko Lambiki Hanım, Rahmi ve Kostandi tarafından aranılıp meydana çıkarılan linyit madeni imtiyazı ortaklara ihalesi kararlaştırılmıştır[100].

Aydın vilayetinde Köşkderesi (Köşk/Çanlı) nahiyesinin Kavga köyündeki linyit madeni işletme imtiyazının H-00-12-1329/Kasım

---

[95] BOA, ŞD. / 1420 – 22.
[96] BOA, MV. / 112 – 44.
[97] BCA, 30-18-1-2 / 2 - 16 – 8.
[98] BCA, 30-18-1-2 / 118 - 82 – 6.
[99] BCA, 310-10-0-9 / 374 - 548 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 375 - 549 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 376 - 550 – 1.
[100] BOA, Y..A...RES. / 35 – 17; H. 3.2.1304 / 1 Kasım 1886 tarihli yazı için bkz. BOA, MV / 13- 61; Ruhsatın tashihi için H.21- 7 -1317 tarihli25 Kasım 1899 tarihli belge için bkz. BOA, BEO / 1407 – 105461.

1911 tarihli yazı ile Giridli Rahmi Efendi'nin varislerine devri uygun görülmüştür[101]. Cumhuriyetin ilanıyla ruhsatlardaki yenileme işlemlerinde 29.06.1927 tarihli yazı ile madenin işletme ruhsatının feshine gerek görülmemiştir[102].

Aydın Köşk nahiyesi Kızılca köyünde Sökeli Manol oğlu Dimitri Kaçaron ve ortakları adına alınan linyit araştırma ruhsatı İtalya vatandaşı Etsel Yasalo Yani'ye H. 6- 9- 1332 / 26 Ekim 1914 tarihli yazı ile % 10'luk kısmı devredilmiştir[103]. Aydın Kızılca ve İkizdere'de 09.11.1916 tarihli belge ile Arif Efendi, Bekir Ağa ve Kekri Hanım'a linyit madeni arama ruhsatı verilmiştir[104]. H-6 -03-1337/10 Aralık 1918 tarihli yazı ile Mehmed Lütfü Bey ve ortaklarına ait linyit madeni hissesinin, Kadızade İbrahim Refik Bey ile İsmail Efendi-zade Muhyiddin Efendi'ye devri istenmektedir[105]. H-14-07-1337/15 Nisan 1919 tarihli belge ile Kızılca ve İkizdere karyelerindeki linyit madeni arama ruhsatnamelerinden bir kısmının devrine izin verilmiştir[106]. H-16-07-1337/ 17 Nisan 1919 tarihli yazı ile Kızılca ve İkizdere köylerinde kömür çıkarılması için Mehmed Lütfü ve ortaklarına verilen ruhsatın hukuken bazı hisselerin ortaklardan Basıcı-zade Eşref Efendi ile diğer şahıslara devredildiği görülmektedir[107].

Aydın Sancağı Kuşadası kazası İslam Çanlı'da Manuel Manoleplü, Andon Yakis ve Ayrıko Rokyan'a 21.03.1895 tarihli yazı ile köyde maden kömürü arama ruhsatı verilmiştir[108]. Madenin tespitinden sonra H-18-02-1318/ 17 Haziran 1900 tarihli yazıyla çıkarılan kömürün nakliye şartnamesi gelene kadar Kuşadası

---

[101] BOA, MV. / 226 – 30.
[102] BCA, 30-18-1-1/25-40-9.
[103] BOA, MV / 191 – 4.
[104] BCA, 310-10-0-9 / 350 - 496 – 1.
[105] BOA, ŞD. / 1265 – 4.
[106] BOA, MV. / 215 – 56.
[107] BOA, BEO / 4567 – 342472.
[108] BCA, 310-10-0-9 / 355 - 512 – 1.

iskelesinden ihraç etmesi gerekirken, işletmeci Palaka adı verilen mevkiide bir iskele yapmak istemiştir[109]. İşletmeci olan Manuel Manoleplü kömür naklinde kolaylık gösterilmesi için Aydın Valiliğine müracaatta bulunmuştur[110]. Vilayet H-20-04-1318/17 Ağustos 1900 tarihli yazı ile çıkarılan maden kömürü nakletmek için ayrıca iskele inşasının uygun görülmediğini işletmeciye bildirmiştir[111]. Aynı köyde 16.01.1913 tarihli yazı ile Henry Goldberg'e linyit madeni arama ruhsatı verilmiştir[112]. H. 25- 4 – 1335/ 18 Şubat 1917 tarihli yazıda Alman vatandaşı Henry Goldberg Linyit madeni hisselerinin % 15 ini Mehmet Refet Bey'e devretmiştir[113].

H-26-11-1337/23 Ağustos 1919 tarihli belgede Osman Saib Efendi'nin Ahmet Fikri Bey'le ortak Nazilli kazası Kuyucak nahiyesi Burhaniye köyündeki linyit kömürü işletme ruhsatındaki hisselerinin bir kısmını Yarangumelizade Osman Nuri Efendi'ye devri uygun görülmüştür[114]. Bu talep H-30-11-1337/27 Ağustos 1919 tarihli belge ile demir madenide işlettiği anlaşılan Osman Saib Efendi'nin bazı hisselerini Yarangumelizade Osman Nuri Efendi'ye devri uygun görülmüştür[115].

H-18-01-1338/13 Ekim 1919 tarihli belge ile Aydın'ın Nazilli kazasına bağlı Kuyucak nahiyesi dahilinde meadin-i mütenevvia araştırma ruhsatı hissedarlarından Buldanlı Emin Efendizade Mehmed

---

[109] BOA, BEO / 1503 – 112713; H-24-05-1318/19 Eylül 1900 tarihli yazıya bkz. BOA, BEO / 1552 – 116326.
[110] BOA, BEO / 1516 – 113698; Ayrıca H-27-05-1318/ 22 Eylül 1900 tarihli yazıya bkz. BOA, BEO / 1552 – 116391.
[111] BOA, BEO / 1535 – 115091.
[112] BCA, 310-10-0-9 / 346 - 477 – 1.
[113] BOA, MV / 206 – 18.; ayrıca bkz. BOA, ŞD. / 1257 – 16.
[114] BOA, MV. / 216 – 122.
[115] BOA, MV. / 216 – 132.

Rıfat, Abdülkadir ve Ahmed Fikri Beyler'e ait hisselerin kardeşleri Mustafa Lütfi Bey'e devri uygun görülmüştür[116].

Nazilli kazası İsabeyli'de 14.03.1915 tarihli yazı ile Ahmet Fikri, Ahmet Tevfik, Berber Ahmet ve Hancı Halil'e talepleri üzerine maden kömürü arama ruhsatı verilmiştir[117].

Maden kömürlerinin fabrikalarda kullanılması için izinsiz çıkarıldığı görülmektedir. H-21-03-1277/ 7 Ekim 1860 İngiltere ve Rusya tebealı Mister Andros ve Kurulis ve Atanas'ın Nazilli'de ruhsatsız meyanbalı fabrikası işlettiği ve maden kömürü ocağını gizlice işlettiği tespit edilmiştir[118]. Meyanbalı yapımı için kaynatma işleminde oldukça fazla kömüre ihtiyaç olduğundan kömürlerin kaçak yollarla temin edildiği anlaşılmaktadır.

Cumhuriyet döneminde 12.10.1926 tarihli yazı ile Yeniköy'de bulunan Mustafa Raşit ve Mustafa Ramiz tarafından işletilen linyit madeni imtiyazı feshedilmiştir[119].

Aydın Yazıbaşı ve Kaşar'da 14.09.1955 tarihinde Crıstin Wilson, Hüsamettin Coşkun ve Mehmet Demirağ'a demir ve linyit madeni arama ruhsatı verilmiştir[120].

---

[116] BOA, MV. / 217 – 50.
[117] BCA, 310-10-0-9 / 346 - 480 – 1.
[118] BOA, A.}MKT.MVL. / 120 – 78; H-20-02-1277/7 Eylül 1860 Nazilli, Aydın ve civarında ecnebi tebea vesaire tarafından meyanbalı imal etmek üzere ruhsatsız inşa edilen fabrikaların üsul üzere bedelata rabt ve imtiyazları icra edilerek, süre bitiminde imtiyazlarının Hazine'den idaresi ile miri arazide çıkan madenler Beytülmal'e ait olduğundan arazi mutasarrıfının maden çıkarsa zabtetmeye yetkisi olamayacağı hususlarının gerekli yerlere bildirilmesini içeren kayıt için bkz. BOA, MVL / 600 – 71.
[119] BCA, 30-18-1-1 / 21 - 64 – 3.
[120] BCA, 310-10-0-9 / 332 - 440 – 1.

18.10.1965 tarihinde Aydın Tırha köyünde Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü ve Mitaş Madencilik ve İnşaat Ticaret Ltd. Şti.ye maden kömürü işletme ruhsatı verilmiştir[121].

Aydın Hasköy'de 25.12.1967 tarihli belge ile Volkan Madencilik Tic. Ltd. Şti.ye maden kömürü işletme ruhsatı verilmiştir[122].

Aydın Koçarlı ilçesi Mersinbeleni'nde 30.04.1965 tarihli belge ile Emel Maden İşletmeciliği Ticaret ve Sanayi Ltd.Şti.ye maden kömürü işletme ruhsatı verilmiştir[123].

Aydın Körteke ve Güvenir'de 28.09.1972 tarihli yazı ile Fikret Kiremitçiler'e maden kömürü arama ruhsatı verilmiştir[124].

Aydın'ın Didim Balta Köyü'nde 09.10.1977 tarihli yazı ile maden kömürünün işletme imtiyazı verilmiştir[125].

Bölgede Linyit madeni haritası olarak bir adet gösterilmiştir. Sadene maden olarak verilen haritaların linyit olma ihtimali yüksektir. H. 2-12-1289/31 Ocak 1873 tarihli Köşk kazasına bağlı Beylik civarındaki kömür madenini gösterir Fransızca el yapımı 1/5000 ve 1/100000 ölçekli haritalar mevcuttur[126].

4. ALÜMİNYUM MADENİ

Aydın Sancağı Kuşadası kazası Hıristiyan Çanlı köyünde Mösyö Oktav Lavino ve Abacı Niyako oğlu Zeharya'ya 23.01.1913 tarihli

---

[121] BCA, 310-10-0-9 / 325 - 431 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 326 - 432 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 327 - 433 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 328 - 434 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 329 - 435 – 1.
[122] BCA, 310-10-0-9 / 366 - 540 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 367 - 541 – 1.
[123] BCA, 310-10-0-9 / 370 - 544 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 371 - 545 – 1; 28.12.1977 tarihli belge için bkz. BCA, 310-10-0-9 / 372 - 546 – 1.
[124] BCA, 310-10-0-9 / 382 - 558 – 1.
[125] BCA, 30-18-1-2 / 368 - 66 – 2.
[126] BOA, HRT.h.. / 1160.

yazı ile alüminyum madeni işletme ruhsatı verilmiştir[127]. Daha sonra 07.04.1919 tarihli yazı ile Hıristiyan Çanlı köyünde İzmir İthalat ve İhracat A. Ş.ne alüminyum madeni arama ruhsatı verilmiştir[128]. Bölgede verimli bir alüminyum çıkarıldığı düşünülmemektedir.

5. BAKIR MADENİ

Nazilli kazasında 18.09.1894 tarihli belge ile bakır madeni işletme ruhsatı verilmiştir[129]. Söke'de Kışlak mevkiinde 1910 yılında Madam Crıstin Wilson'a bakır ve kükürt madeni arama ruhsatı verilmiştir[130]. İşletme ruhsatı talebi olmadığından yeterli maden bulunamadığı kanaati oluşmuştur. Aydın Gereniz ve Bozalan'da 24.12.1971 tarihinde Frans Koops, Andon Veled-i Manoel Saura, Yakobro ve Hayım Leon'a bakır madeni arama ruhsatı verilmiştir[131].

6. DEMİR MADENİ

Aydın vilayeti Söke kazasının Çavdar köyünde demir madenin işletilmektedir. H-03-07-1335/26 Nisan 1917 tarihli yazı ile madenin hisse şeklinde 5 kişiye işletilmesi için ihalesi kararlaştırılmıştır[132]. Madenin ilk imtiyaz sahipleri ve ruhsatı H-10-07-1335/2 Mayıs 1917 tarihli yazıyla anlaşılmaktadır. Hissedarlar, İfejini Hanım, Terzizade Mehmed Ali Bey, Heci İspirooğlu İstelyo, Ahmed Tevfik Bey'in hanımı Seher Hanım ve Emanuel Andonyadi'dir[133]. Terzizade Mehmed Ali Efendi hisselerini H-27-06-1338/18 Mart 1920 tarihli yazı ile Fransız vatandaşı Alfred Dermond'a devretmiştir[134]. Aynı

---

[127] BCA, 310-10-0-9 / 345 - 476 – 1.
[128] BCA, 310-10-0-9 / 356 - 514 – 1.
[129] BCA, 310-10-0-9 / 363 - 535 – 1.
[130] BCA, 310-10-0-9 / 320 - 418 – 1.
[131] BCA, 310-10-0-9 / 318 - 413 – 1.
[132] BOA, MV. / 247 – 36.
[133] BOA, İ..DUİT / 24 – 19.
[134] Devir ile ilgili ilk kayıt H. 16. 06. 1338/ 7 Mart 1920 tarihli kayıttır. Bkz. BOA, ŞD. 1270 – 12; BOA, MV. / 254 – 50; H-01-07-1338/21 Mart 1920 tarihli yazı için bkz. BOA, İ..DUİT / 29 – 6.

işlem daha sonra yine 15 hissesi devri şeklinde devam etmiş, 13.07.1926 ve 13.10.1927 tarihli yazılar ile bu sefer Avusturya uyruklu gösterilen Alfred Dermond'a devretmiştir[135]. Cumhuriyetin ilanı ile beraber devir işlemleri yeni kurulan devlet tarafından tekrar gerçekleştirilmiştir. Bu madenin ne kadar süre ile işletildiğine dair bilgi yoktur. Çavdar'da 08.07.1977 tarihli belge ile Eren Madencilik ve Ticaret Ltd. Şti.ye demir madeni işletme ruhsatı verilmiştir[136].

7. ARSENİK MADENİ

İlk arsenik madeni ruhsatı yazısı 22.04.1898 tarihli Ören köyünde Hacı Ali Paşazade Şükrü Bey'e verilen ruhsattır[137]. H-13-08-1325/ 2 Ekim 1907 tarihli imtiyaz ile İngiliz vatandaşı Edwar Hadkenson, Hacı Ali Paşazade Sadık Bey'in mirasçıları Fatma Feriye Hanım, Subhiye Hanım, Sami Bey, Hacı Ali Paşazade Sadık Bey, Fransız vatandaşı Fransuva Korosi, eşi Sayko, kızı Edva, oğlu Rene işletme hakkına sahip olmuşlardır[138]. Bu işletmenin imtiyazının 99 yıllığına yapıldığı H-24-10-1325/30 Kasım 1907 tarihli kayıttan anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen arsenik gelirinin bir miktarının Darülaceze'ye verilmesi de kararlaştırılmıştır[139]. H-7-12-1326/31

---

[135] BCA, 30-18-1-1 / 19 - 44 – 9; BCA, 30-18-1-1 / 26 - 55 – 18.

[136] BCA, 310-10-0-9 / 373 - 547 – 1.

[137] BCA, 310-10-0-9 / 317 - 410 -1.

[138] BOA, İ..DUİT / 23 - 5 – 0; H-04-02-1327/25 Şubat 1909 tarihli imtiyaz için bkz. BOA, İ..DUİT / 23 – 3; H-24-02-1327/17 Mart 1909 tarihli imtiyaz için bkz. BOA, İ..DUİT / 23 – 4; H-11-05-1327/31 Mayıs 1909 tarihli imtiyaz için bkz. BOA, İ..DUİT / 23 – 2; H-26-05-1327/15 Haziran 1909 tarihli ruhsatname için bkz. BOA, BOE / 3576 – 268167; Ayrıca ihale hakkında H. 24- 7- 1325/2 Eylül 1907 tarihli belgeler için bkz. BOA, ŞD. / 536 – 13; BOA, ŞD. 536 – 21; BOA, ŞD / 536 – 23; H. 20 – 6 – 1327 / 9 Temmuz 1909 tarihli ihale ile ilgili yazışmalar için bkz. BOA, BOE / 3594 – 269532.

[139] BOA, DH.MKT. / 1214 – 5; Ayrıca H-27-04-1327/ 18 Mayıs 1909 tarihli yazıyla madenden iskan-ı muhacirin payı alındığı anlaşılmaktadır. Bkz. BOA, DH.MKT. / 2815 – 75; H 2- 7- 1327/ 20 Temmuz 1909 tarihli yazı ile şartname gereği alınan iskan-ı muhacirin payının 100 adet Osmanlı altını olduğu anlaşılmaktadır. Bkz. BOA, DH.MKT / 2881 – 69; H. 19 – 10 – 1325/ 25 Kasım 1907 tarihli yazıyla sadık Bey ve ortaklarına ihalesi istenmiştir. Bkz. BOA, BEO / 3192 – 239335.

Aralık 1908 yazı ile Sadık Bey ve ortaklarına ihale edilen madenin evraklarının gönderilmesi istenmiştir[140]. H-12-03-1327/3 Nisan 1909 tarihli yazı ile maden işletmecisi olarak Hacı Ali Paşazade Sadık Bey ve İngiltere vatandaşı Hadkinson ve Fransa vatandaşı olup vefat eden Fransuva Korosi'nin varislerine işletme ruhsatı verilmiştir[141]. Çine kazasında bulunan H-27-10-1331/ 29 Eylül 1913 tarihli yazı ile arsenik madenin 1/3 itibariyle taliplerine işletme ruhsatı verilmesi uygun görülmüştür[142]. H-28-10-1331/30 Eylül 1913 tarihli yazıda işletme ruhsatına sahip olanlar İngiliz vatandaşı Edwar Hadkinson, Hacı Ali Paşazade Sadık Bey'in mirasçıları Sami Bey, Fatma Feriye Hanım ve Subhiye Hanım; Fransuva Korosi'nin eşi Sayko, kızı Edva ve oğlu Rene olarak kaydedilmiştir[143]. H-13-01-1333/1 Aralık 1914 tarihli yazı ile Ören köyündeki madenin imtiyaz belgeleri dört adet olarak gönderilmiştir[144]. H. 26-1-1333/ 14 Aralık 1914 tarihli yazı ile işletme ruhsatı iptal edilmiştir[145]. Aydın vilayeti Çine kazasında H-10-04-1333/25 Şubat 1915 tarihli yazı ile daha önce ihale edilmiş dört parça arsenik madeninden Edvar Hadkinson, Fransuva Korosi'nin eşi oğlu ve kızının üzerlerinde bulunan hisseler anlaşmazlıklar dolayısıyla iptal edildiği belirtilmiştir[146]. H-26-01-1334/4 Aralık 1915 tarihli yazı

---

[140] BOA, ŞD. / 541 – 22; H-3-01-1327/25 Ocak 1909 tarihli yazı ile Sadık Bey ve ortakları için ihale olunacak arsenik madeni evrakları gönderilmiştir. Bkz. BOA, ŞD. / 541 – 38; H-13-05-1327/ 2 Haziran 1909 tarihli yazı ile Sadık Bey ile ortaklarının adına vekilleri Karpil Efendi'nin dilekçesi ve yazışmalar için bkz. BOA, ŞD. / 3056 – 7.

[141] BOA, BEO / 3527 – 264509; H-13-03-1327/4 Nisan 1909 tarihli yazı için bkz. BOA, BEO / 3528 – 264587; Vereselere madenin ihale edilmesi hakkında H. 5-11-1328 / 8 Kasım 1910 tarihli belge için bkz. BOA, ŞD. / 548 – 7; H-29-03-1327/20 Nisan 1909 tarihli yazı için bkz. BOA, ŞD. / 540 – 22.

[142] H. 15- 10- 1331/ 17 Eylül 1913 tarihli yazı ile Sadık Bey ve ortaklarına ihalesi için yazı gönderilmiştir. Bkz. BOA, ŞD / 1245 – 412; BOA, MV. / 231 – 325.

[143] BOA, İ..DUİT / 23 – 1.

[144] BOA, ŞD. / 2828 – 13.

[145] BOA, ŞD / 1244 – 23.

[146] Osmanlı Devleti'nin dünya savaşında hasım olduğu devlet vatandaşlarına ait maden işletme hakları tekrar gözden geçirilmiştir. Bu çerçevede hisseler H. 6- 4-

ile dört parça arsenik madeni hakkındaki irade-i seniyye ve mazbata gönderilmiştir[147]. Maden hakkında H-08-12-1335/ 25 Eylül 1917 tarihinde gönderilen yazıdan dosyaların oluşturulduğu ve üzerinde çalışmaların devam ettiği anlaşılmaktadır[148]. Aydın Kızılcayer ve Sobuca'da 14.11.1917 tarihli yazı ile Kadızade İbrahim Refik ve Cemalbeyzade Mahir Bey'e arsenik ve maden kömürü arama izni verilmiştir[149]. H-19-01-1341/11 Eylül 1922 tarihli yazı ile Mehmed Mahir Bey'e ait 1/3 hissenin mirasçılarına intikali kabul edilmiştir[150]. Yapılan itirazlar sonucu ülke genelinde işletme imtiyazının feshinin durdurulmasına karar verilen 43 yerden biri de 05.06.1927 tarihli yazı ile Sobuca bucağında bulunan kükürtlü arsenik madenidir[151]. 18.04.1934 tarihli yazı ile Sobuca nahiyesinde Mehmet Fikri ve ortaklarına ait arsenik madeni işletme imtiyazının iptaline karar verilmiştir[152].

Aydın Gökköy ve Çamur Hamamı'nda Yanko Simonidi ve Serko Kesikbaşyan'a 22.12.1909 tarihinde arsenik ve altın madeni arama ruhsatı verilmiştir[153]. İşletme imtiyaz talebinin olmaması bölgede altın ve arsenik madeni tespit edilemediği anlamına gelmektedir.

1333/21 Şubat 1915 tarihli yazı ile iptal edilmiştir. Bkz. BOA, MV. / 238 – 59; H 12 – 4 1333/27 Şubat 1915 tarihli yazı ile Edwart Hadkenson'un hisseleri iptal edilmiştir. Bkz. BOA, İ.MMS. 194- 14.

[147] BOA, BEO / 4392 – 329328.

[148] BOA, ŞD. / 2835 – 36.

[149] BCA, 310-10-0-9 / 338 - 452 – 1.

[150] BCA, BEO / 4720 – 353946.

[151] BCA, 30-18-1-1 / 25 - 38 – 11.

[152] BCA, 30-18-1-2 / 44 - 23 – 6.

[153] Aydın Mustafa Bey ve (Germencik Çamköy) Çamur Hamamı'nda Yanko Simonidi ve Serko Kesikbaşyan'a 12.09.1909 tarihinde arsenik ve altın madeni arama ruhsatı verilmiştir. Bkz. BCA, 310-10-0-9 / 323 - 426 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 323 - 425 – 1; 15.12.1909 tarihinde verilen ruhsat için bkz. BCA, 310-10-0-9 / 324 - 427 – 1; 15.12.1909 tarihinde verilen ruhsat için bkz. BCA, 310-10-0-9 / 324 - 428 – 1.

8. ANTİMUAN MADENİ

04.05.1909 tarihinde Örenli köyünde Yorgaki Sarutdidi, Taşçı Hacı Latif ve Süleyman oğlu Latif'e talepleri üzerine simli kurşun ve antimuan madeni işletme ruhsatı verilmiştir[154]. Bu yere veya müracaat eden kişilere ait imtiyaz işletme talebi gelmemiştir.

H-06-08-1337/ 7 Mayıs 1919 tarihli yazı ile altın, pirit dofer, arsenik, antimon maden işletme hakkı Nazilli Hasköy ve Hamaylı'da oluşturulmuştur. İşletme sahipleri olarak Hüseyin Hulusi Efendi, Hacı Ali Nuri Efendi, Haşim Enver Efendi, İlya Efteryadi Efendi geçmektedir[155]. Aydın vilayetin Nazilli kazasına bağlı Hasköy ve Hamayli köylerinde ortaya çıkarılan altın, pirit dofer ve arsenik içerikli antimon madeninin H-00-08-1337/Mayıs 1919 tarihli belge ile hükümet namına ve Hüseyin Hulusi Efendi ile ortaklarına ihalesi kararlaştırılmıştır[156]. 26.07.1924 tarihli yazı ile Aydın'ın Hasköy ve Hamayli köylerindeki antimuan madenine ait ihale evraklarının İstanbul Maden Mühendisliği'ne gönderilmesi kararlaştırılmıştır[157].

9. MİKA MADENİ

01.05.1907 tarihli yazı ile Aydın Sancağı Bayrampaşa'da Madam Crıstin Wilson'a mika madeni arama ruhsatı verilmiştir[158]. Aynı şahsa 1908 yılında Söke'de 1916 yılında da Deliler köyünde mika madeni arama ruhsatı verilmiştir[159]. Bölgede yapılan çalışmalar sonucunda işletme imtiyaz talebinde bulunulmamıştır.

---

[154] BCA, 310-10-0-9 / 323 - 423 – 1.
[155] BOA, İ..DUİT / 29 – 3.
[156] BOA, MV. / 250 – 152.
[157] BCA, 30-10-0-0 / 176 - 216 – 1.
[158] BCA, 310-10-0-9 / 314 - 404 – 1.
[159] BCA, 310-10-0-9 / 315 - 405 – 1; BCA, 310-10-0-9 / 315 - 406 – 1.

10. SİMLİ KURŞUN MADENİ

Nazilli Kavacık'ta 01.05.1907 tarihinde Hıfzı Paşa ve Hristaki Atnasole'ye simli kurşun madeni arama ruhsatı verilmiştir[160]. Hıfzı Paşa ve Haydar Aryal'a altın ve karışık simli kurşun madeni ruhsatı 05.03.1931 tarihinde verilmiştir[161].

11. AMYANT MADENİ

Aydın Dedekurt, Kızılkaya ve Karakurt'ta Haydar İndelen'e 01.03.1950 tarihinde verilen amyant madeni arama ruhsatı verilmiştir[162]. Bölgede işletmey açılmasına dair müracaat olmamıştır.

12. DİATOMİT MADENİ

Cumhuriyet döneminde açılan işletmelerdendir. Aydın Küçükyenice'de 05.05.1975 tarihli belge ile H. Hüsnü Gülgün'e diatomit madeni işletme ruhsatı verilmiştir[163].

13. ALPİT MADENİ

Cumhuriyet devri işletmelerindendir. Aydın Karpuzlu'da Hatipkışla'da 1982 yılında Mehmet Tuncer'e albit madeni işletme ruhsatı verilmiştir[164].

14. KUVARSİT MADENİ

Cumhuriyet döneminde bölgede araştırılan madenlerden biridir. Söke Karakaya köyünde 27.01.1964 tarihinde Ak İş

---

[160] BCA, 310-10-0-9 / 317 - 408 – 1.
[161] BCA, 310-10-0-9 / 363 - 537 – 1.
[162] BCA, 310-10-0-9 / 324 - 429 – 1.
[163] BCA, 310-10-0-9 / 379 - 553 – 1.
[164] BCA, 310-10-0-9 / 380 - 555 – 1.

Madencilik ve Tic. Ltd. Şti.ye kuvarsit madeni arama ruhsatı verilmiştir[165].

15. FELDİSPAT MADENİ

Cumhuriyet döneminde keşf edilen madenlerdendir. Aydın Çine ilçesi Seferler'de 01.09.1983 tarihinde Raşit Kalkan'a potasyum feldispat madeni işletme ruhsatı verilmiştir[166].

Osmanlı Devleti döneminde maden çıkarılan bölgelerin haritaları yaptırılmıştır. Haritaların bir kısmında ne tür madene ait olduğu yazılırken bazılarında sadece maden olarak kaydedilmiştir. Bu tür haritalardan bazıları aşağıya verilmiştir. H-29-12-1341/12 Ağustos 1923 tarihli Elmalı-Kuytu tepeleriyle Söğüdcük Dağı üçgeninde ihale olunan maden hudutlarını gösterir harita hazırlanmıştır. Fakat ölçek verilmediği gibi madenin ne olduğu da belirtilmemiştir[167]. H-29-12-1341/12 Ağustos 1923 tarihli Aydın, Sazlıpınar, Söğüdcük Dağı üçgenindeki ne madeni olduğu belirtilmeksizin ölçeği de verilmeden maden hudutlarını gösterir harita yapılmıştır[168]. H-13-07-1283/21 Kasım 1866 tarihli Kuşadası'nda Branca çiftliğini ve maden durumunu gösteren harita Fransızca olup 1/5000 ölçekli olarak çizilmiş harita mevcuttur[169].

SONUÇ

XIX. yüzyılın sonları ve XX. Yüzyılın başlarında bütün dünyada artan maden ihtiyacını karşılamak için dünyanın her tarafında maden aranmıştır. Osmanlı Devleti toprakları da Avrupalı maden mühendisleri ve jeologlar tarafından incelenmiştir. Aydın vilayeti

---

165 BCA, 310-10-0-9 / 382 - 559 – 1.
166 BCA, 310-10-0-9 / 383 - 560 – 1.
167 BOA, HRT.h.. / 1128.
168 BOA, HRT.h.. / 1130.
169 BOA, HRT.h.. / 2422.

birçok farklı madeni topraklarında barındıran bir bölgedir. Değerli madenler olan altın ve gümüş üzerine başlayan aramalar daha çok Manisa ve İzmir bölgelerinde yapılmıştır. Aydın sancağı özellikle zımpara ve linyit madeni açısından oldukça zengin bir bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu madenler vakıflara akar getirmesi için işletmeye verilmektedir. Alman, Avusturya ve İngiliz vatandaşları madenleri işletmektedirler. Yabancılar ilginç bir şekilde ne kadar cevher çıkarıldığı hakkında bilgi vermekten kaçınmakta böylece vergi ödememektedirler. Osmanlı vatandaşları da madenciliğe büyük önem vermektedirler. Devlet tarafından Osmanlı vatandaşlarının maden ihalelerini almaları teşvik edilmiştir. Birinci dünya savaşında Osmanlı Devleti ile hasım olan devletlerin vatandaşlarının işletmiş oldukları madenleri işletme ruhsatları iptal edilmiştir. Aynı şekilde Milli Mücadele sonrasında da bazı madenlerin işletme ruhsatları iptal edilmiş veya yenilenmiştir. XX. Yüzyılla beraber Aydın vilayetinde madenler çeşitlenmiştir. Maden biliminin gelişmesine paralel Aydın bölgesi incelendikçe madenlerden yararlanma oranı ve çeşidi artmaktadır.

MADENSEL HAMMADDELERİN DOĞRU DEĞERLENDİRİLMESİ: ENDÜSTRİYEL MİNERAL MADENCİLİĞİMİZDE KATMA DEĞER VE AR-GE EKSİKLİĞİ

Prof. Dr. İrfan BAYRAKTAR
Kemal Can YILMAZ

1. GİRİŞ

Klasik iktisat kitapları, 19. Yüzyılda bir ülkenin zengin doğal kaynaklara sahip olmasını o ülkenin kalkınıp, zenginleşmesi için bir "lütuf" olarak belirtiyordu (1).

20 ve 21. Yüzyılda bu hipotezi doğrulamayan pek çok örnek görüyoruz. Eğer zengin doğal kaynaklara sahip ülke kaynakları gelecek için yatırım olarak kullanmaz ise zengin kaynaklar, "lütuf" yerine "lanet"e dönüşerek, kalkınmayı, gelişmeyi engelleyebiliyor.

Lütfu, lanete dönüştüren pek çok neden olmakla birlikte, öne çıkanlar şöyle sıralanabilir:

- Kaynaklardan oluşan fonların toplumun geleceğine yansıtılmaması yani insana yatırım yapılmaması,

- Şeffaflık ve hesap verilebilirliğin olmaması. Kaynakların kontrolünün toplum tarafından değil fakat siyasetle iç-içe geçmiş

yandaş veya mafya, dikta, cunta gibi demokratik olmayan unsurlar tarafından yapılması,

- Kurumlarda, bürokraside liyakat bazlı olmayan kadrolar ve çürüme, yozlaşma, kayırma, rüşvet.

Yukarıdaki açıklamalara göre doğal kaynaklara sahip ülke ya sadece bu kaynaklara bağımlı, savurgan, oligarkların egemen olduğu bir ekonomik düzen ya da kaynakların akıllıca kullanıldığı, toplum tarafından kontrol edildiği, demokratik, yozlaşmamış kurum ve liyakat bazlı bürokrasiye sahip, gelecek için insana yatırım yapan ve toplumun her bireyine fırsatları eşit sunan kapsayıcı bir ekonomik düzen içinde olacaktır (2).

Özetle, sadece doğal kaynağın üretimine bağlı bir ekonomik düzen sürdürülebilir kalkınma için yeterli değildir. Çünkü doğal kaynakların çoğu, örneğin, madenler, petrol, doğal gaz yenilenemez kaynaklardır. Geçici bir zenginliğin yarattığı rehavet, lütuf sanılan bir doğal kaynağın uzun vadede lanete dönüşmesine de neden olmaktadır (3, 4).

Yukardaki makroekonomik değerlendirmelerin, görüşlerin, şirketlerde uygulanabilmesi için olumlu değerlerin (liyakat, fırsat eşitliği, özgür iletişim, vb.) şirketlerde kurumsallaşması sağlanmalı ve geleceğe yatırımı ihmal etmeden büyüme stratejisi oluşturulmalıdır.

İstikrarlı bir büyüme, rekabetçi bir kurumsal yapı ve geleceğe güçlü bir şekilde hazır olmak için bugün elimizde olan tek yol, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) ile katma değeri artırılmış ürünler üretmektir.

2. KATMA DEĞER NEDİR?

Katma değer, bir hammaddeyi satılabilir duruma getirmek için harcanan emeğe ödenen ücretler, kredi alındıysa faiz, vergiler ve elde edilen kârın toplamıdır. Katma değeri oluşturan bileşenler içinde somut olan asal değer emektir. Zira ister basit kas gücü isterse yüksek nitelikli olsun emek olmadan diğer soyut bileşenler oluşmaz. Emeğin niteliği artıkça ürünün pahası da artar. Örneğin, silikon yongaların hammaddesi kuvars nitelikli emekle pahasını binlerce kez artırmaktadır.

Katma değeri yüksek ürün denilince akla hammaddenin işlenerek daha yüksek bir fiyata satılan bir ürün gelir. Ancak bunun için yani hammaddeyi uç ürünlere doğru işlemek, sermaye ve fiziksel imkânlarla birlikte mutlaka bilgi, know-how gerektirir.

Katma değeri yüksek ürünler, şirketlerin rekabet gücünü gösterir. Ancak bu ürünleri şirket, lisans altında değil kendi Ar-Ge'sinin bulguları ile üretilmelidir.

3. ARAŞTIRMA-GELİŞTİRME (AR-GE) NEDİR, NE İÇİN YAPILIR?

Araştırma, ya meraktan doğan bir soruya cevap üretmek (bilgi) ya da bir bilgiyi üretim sürecinde kullanmaktır. Salt bilgi üretimi için yapılan araştırmaya "temel", mal ve hizmet üretimi için yapılan araştırmaya "uygulamalı" araştırma denir. Adı üstünde, "temel" araştırmalar, Temel Bilimler 'in, uygulamalı araştırmalar da daha çok mühendislerin uğraşı alanıdır.

Geliştirme, mevcut bir üretim süreci veya hizmeti, uygulamalı araştırma ile laboratuvar veya pilot denemeden sonra daha verimli

duruma getirmektir. Geliştirmenin de merkezinde bilgi olduğundan, endüstrilerde bu uğraşlara kısaca Ar-Ge denmiştir.

Ar-Ge yoğunluğu, harcamaları, endüstri dallarına göre çok değişkenlik gösterir. Genel olarak, rekabetin yoğun olduğu tüketim malları üreten endüstrilerde Ar-Ge harcamaları şirketlerin bütçelerinde önemli bir harcama kalemidir. Madencilikte daha çok borsada işlem gören kalemlerin üretimi, satış fiyatı üzerinden rekabete kapalı olduğundan, sadece üretim maliyetleri, ürün niteliği ve güvenlik üzerine Ar-Ge yapılmakta, dolayısıyla diğer endüstri dallarına göre Ar-Ge yoğunluğu düşük kalmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 1'de A.B.D.'de madencilik ve diğer bazı sektörlerde Ar-Ge harcamaları verilmektedir.

Çizelge 1. A.B.D.'de Madencilik ve Diğer Sektörlerde Ar-Ge Harcamaları (5)

Sektör 1976-2010	**Satış Gelirlerinin %si olarak Ar-Ge Harcamaları**
Metal Madenciliği	0,8
Kömür Madenciliği	0,2
Petrol ve Doğal Gaz Üretimi	0,6
Endüstriyel Mineral Madenciliği	1,2
Makine İmalat ve Bilgisayar	4,3
Elektronik	5,3
Taşıma/Ulaşım	3,2

Ar-Ge de en önemli, iki unsurdan birincisi, üst yönetimin Ar-Ge kültürü, inancı ve güveni, ikincisi ise Ar-Ge konusunun, probleminin, çok iyi tanımlanarak yetkin araştırmacılara verilmesidir. Zira Ar-Ge sürecinin sonuçsuz kalması şirketin zaman ve para kaybına neden olur.

OECD “Directorate for Science, Technology and Industry”e göre endüstriyel minerallerin üretimi düşük-orta teknoloji sınıfındadır. Bu mineraller boya, yapı kimyasalları, aşındırıcılar, tarımsal girdiler, vb. dönüştürülürse orta-yüksek teknoloji sınıfına geçerler. Örneğin Bayer, Basf, Lafarge, Akzo Nobel’in Ar-Ge uğraşıları böyledir. Bu sınıflamadan hareketle madencilik şirketlerinin yüksek teknoloji ürünleri (uçak, uzay araçları, ilaçlar, bilgisayarlar, iletişim araçları, hassas tıbbi cihazlar, optik ürünler, vb.) üretimini hedeflemeleri ciddi kaynak israfına yol açtığından doğru değildir. Örneğin, lityum konsantresi üreten bir madencilik şirketinin elektrikli araç üretmeye soyunması, kuvars üreten bir madencilik şirketinin silikon yonga üretmeye çalışması zaman ve para kaybına yol açan yanlış seçilmiş hedeflerdir.

Madencilik şirketlerinin Ar-Ge harcamaları daha çok riski azaltmak ve işletme aşamasında maliyetleri düşürmek için yapılan çalışmaları kapsar. Örneğin, zenginleştirme prosesi seçiminin cevher mineralojisine uyması zorunlu olduğundan bilinen konvansiyonel bir proses seçilse bile mineralojik ve petrografik ayrıntılar iyi araştırılmalıdır. Giderek daha karmaşık yapılı ve düşük tenörlü cevherlerin işletilmesine paralel olarak, proses uyumu ve işletme maliyetlerinin azaltılması zorunluluğu, Ar-Ge harcamalarını cevherin karmaşıklığı oranında artırmaktadır. Madencilik sektöründe, uzun zaman alması ve para harcanması nedeniyle karmaşık cevherlerde Ar-Ge’ye gereken önemi vermeden yapılan başarısız yatırım örnekleri çoktur. Örneğin, Kef Dağı kromitlerinin, kuru manyetik ayırma ile zenginleştirilmesi için 1970’lerdeki mevcut teknolojiye göre yapılan milyonlarca dolarlık yatırım tamamen boşa gitmiş ve konvansiyonel gravimetrik ayırıma (sallantılı masalara) geri dönülmüştür.

Diğer sektörlerde olduğu gibi madencilik sektöründe de mikro ölçekte, şirketler bazında Ar-Ge ile katma değer artışı arasında somut sayısal karşılaştırma yoktur. Bunun için aynı sektörde, aynı

büyüklükte, benzeri faaliyetler içinde olan şirketler bulmak gereklidir ki bu da imkânsıza yakın bir durumdur. Maliyetleri düşürmek için yapılan başarılı Ar-Ge çalışmalarının katma değeri artırdığı açıktır. Zira maliyet düşüşü kârın artışına yol açacaktır. Kâr da katma değer kapsamındaki unsurlardan biri olduğundan, Ar-Ge ile katma değer artışı arasındaki olumlu ilişki çok açıktır.

Ar-Ge katma değer ilişkisine makro düzeyde, ülkeler bazında bakıldığında, Ar-Ge harcamalarının katma değeri artırdığı görülmektedir. Aşağıdaki Çizelge 2, bu ilişkiyi açık olarak göstermektedir.

Çizelge 2. Bazı Ülkelerin Ar-Ge harcamaları ile 2015 yılı İhracat Ürünlerinin Değeri

Ülke	**Ar-Ge Harcamaları GSYH'nın %si**	**İhracat Değeri $/kg**
Almanya	4,2	4,1
G. Kore	3,0	3,0
Türkiye	0,9	1,4

Ar-Ge harcamalarına şirket ölçeğinde bakıldığında, endüstriyel minerallerle doğrudan ya da dolaylı olarak ilgili dünya çapındaki halka açık bazı şirketlerin, 2013 yılı net satış gelirleri ve Ar-Ge harcamaları Çizelge 3'te görülmektedir.

Büyük şirketler, pazar payını korumak, rekabet gücünü artırmak, işletme maliyetlerini düşürmek ve yeni ürünler üretmek için Ar-Ge'ye büyük fonlar ayırıp, büyümelerini sürdürmektedir. Sadece Bayer şirketinin Ar-Ge harcamalarının, Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının yaklaşık yarısı kadar olması Ar-Ge ye verilen önemin çok tipik, çarpıcı bir göstergesidir.

Çizelge 3. Endüstriyel Minerallerle Doğrudan ya da Dolaylı İlgili Bazı Dünya Şirketlerinin 2013 Yılı Ar-Ge Harcamaları*

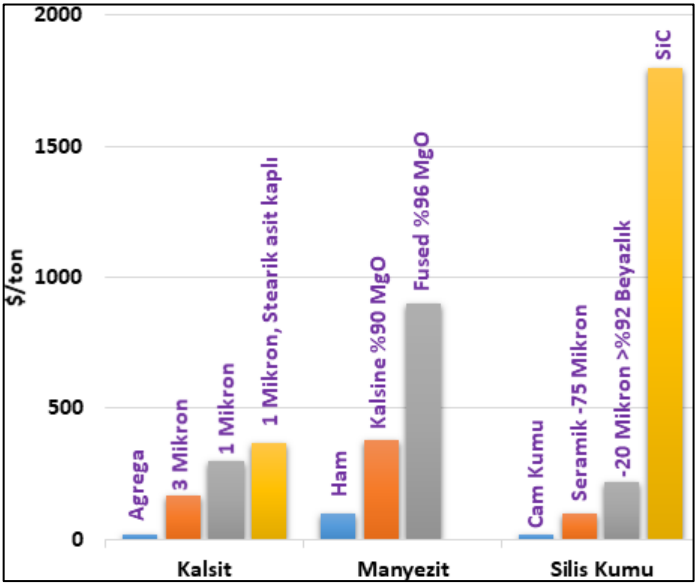
Şirket	Net Satışlar (Milyon $)	Ar-Ge Harcamaları (Milyon $)	Ar-Ge Harcamaları (%)
BASF	103.343	2.533	2,50
SAINTGOBAIN	57.574	548	0,95
BAYER	55.015	4.370	7,94
LAFARGE	20.821	167	0,80
AKZONOBEL	19.586	497	2,54
SOLVAY	14.385	325	2,26
IMERYS	3.700	82	2,22
CLARIANT	1.733	57	3,30
BRAAS	1.683	19	1,14

*ilgili şirketlerin web sayfalarındaki finansal tablolarından alınmıştır.
(€/$: 1,37; CHF/$: 1,11; 31 Aralık 2013)

4. ENDÜSTRİYEL MİNERALLERDE KATMA DEĞER FİYAT İLİŞKİSİ

Katma değer, bir üründeki en somut unsur olduğundan emeğin niteliği artıkça ürünün fiyatı dolayısıyla katma değeri de artmaktadır.

Madensel hammaddeler yenilenemez kaynaklar olduğundan mümkün olan en yüksek katma değerde işlenmesi gereklidir. Dünya ölçeğinde seramik, cam ve çimento endüstrilerine sahip olmamızın başlıca nedeni bu sektörlerin girdisi olan mineral zenginliğimizdir. Mineral zenginliğini bir lütfa yani sürdürülebilir toplumsal refaha dönüştürmek için mutlaka katma değer yaratılmalıdır. Aşağıdaki Şekil 1. de zengin olduğumuz üç mineral üzerinde katma değer yaratmanın ne derece önemli olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Endüstriyel minerallerde katma değerin ürün satış fiyatına etkisi (*Grafikteki ürün fiyatları, Industrial Minerals, Sept. 2012 sayısından alınmıştır*)

Şekil 1 ve Çizelge 4'ten görüleceği üzere bir mineralin ham, işlenmemiş satış fiyatı, ileri teknoloji kullanarak uç ürünlere gidilmesi durumda 100'lerce kata varan satış fiyatı oluşmaktadır. Örneğin, 20-30 $/ton olan silis kumundan veya kuvarstan üretildiğinde fiyatı $2000/ton yüksek kalite kuvarsa (>%99,99 SiO_2) üretildiğinde fiyatı $5000/ton üzerine çıkmaktadır. Yaklaşık $10/ton dolaylarında olan ham kalsitin mikronize edilip, stearik asitle, vb. kaplanması halinde fiyatı $400/ton seviyelerine yükselmektedir.

Çizelge 4'te kuvars için geçerli olan fiyat farklılıkları pek çok endüstriyel mineral, örneğin, kaolin, halloysit, bentonit, kromit, kalsit, florit, vb. için de verilebilir. Aynı mineralin değerinin genelde safsızlığına bağlı olması nedeniyle bir endüstriyel mineral yatağının toptancı bir yaklaşımla işletilmesinden ve özellikle kaliteli ile kalitesizi paçallamadan uzak durulması gerekir.

Çizelge 4. Silis Kumu ve Kuvars Saflığına Bağlı olarak Pazar Fiyatları (6)

Kalite	%SiO_2	Maks. Safsızlık	Dünya Pazarı Mt.	Tipik Fiyat $/ton
Cam	99,5	5.000	>70	30
LCD ve Optik	99,8	2.000	2	150
Düşük Kalite Kuvars	99,95	500	0,75	300
Orta Kalite Kuvars	99,99	100	0,25	500
Yüksek Kalite	99,997	30	<0,1	>5000

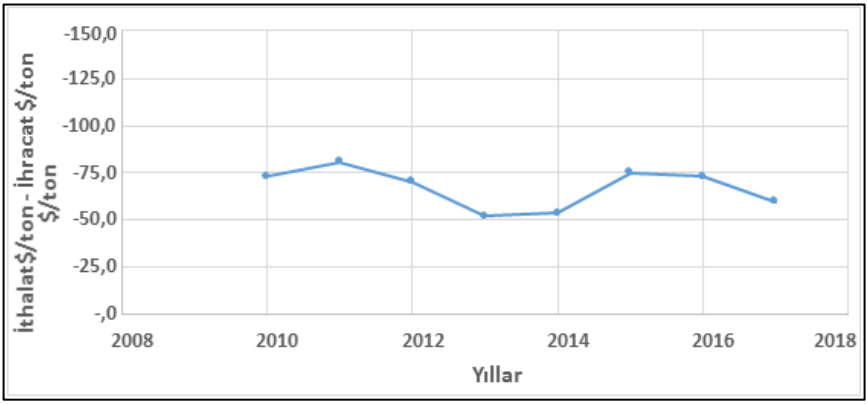
Endüstriyel mineral zenginliğimize yeteri kadar katma değer yaratamamamız, bu minerallerin dış ticaretinde Çizelge 5'te açıkça görülmektedir. İhracat ve ithalat tonajları dikkate alınmadığında çok lehimize görünen endüstriyel mineraller dış ticareti, ton başına fiyat karşılaştırmasında yıllardır, yaklaşık $70/ton açık vermektedir. Bu durumun düşündürücü yanı verileri incelenen sekiz yıllık bir sürede ciddi bir olumlu gelişme olmadığı Şekil 2'de görülmektedir.

Çizelge 5: Türkiye'nin Endüstriyel Mineraller Dış Ticareti* (7)

	İhracat			İthalat			Fark
Yıllar	**Ton**	**$1000**	**$/ton**	**Ton**	**$1000**	**$/ton**	**$/ton**
2010	7.429.305	444.743	59,86	2.437.794	323.706	132,79	-72,92
2011	8.069.955	530.086	65,69	3.132.407	458.492	146,37	-80,68
2012	8.457.623	703.088	83,13	2.824.895	433.107	153,32	-70,19
2013	9.415.942	846.625	89,91	2.779.996	394.537	141,92	-52,01
2014	10.426.470	898.245	86,15	3.141.261	439.064	139,77	-53,62
2015	12.434.949	811.533	65,26	3.074.035	431.189	140,27	-75,01
2016	13.873.366	807.960	58,24	3.395.985	446.551	131,49	-73,26
2017	14.566.305	925.633	63,55	3.942.766	486.025	123,27	-59,72

Kaynak: MTA Ticaret İstatistikleri Maden Dış

*Doğal Taş Hariç



Şekil 2. Türkiye'nin Endüstriyel Mineraller Dış Ticaretinde Ton Başına İthalat İhracat Farkı

5. KATMA DEĞER ARTIRIMI

Endüstriyel mineral üretimi yapan şirketlerin katma değer artışı için aşağıda kısaca özetlenen iki önemli hususu uygulaması gerekir.

5.1. Jeometalurji

Maden yatağının nitelik ve niceliklerini, baştan sona üretim sürecini (işletme, zenginleştirme, çevresel önlemler, pazarlama) ve üretilecek ürünün pazar kriterlerini (fiziksel ve kimyasal özellikler) esas alarak ayrıntıları ile tanımlamak olmazsa olmaz ilk aşamadır. Günümüzdeki modern maden işletmeleri açılmadan önce bu aşama, jeolog, mineralog, maden ve cevher zenginleştirme mühendislerinden oluşan deneyimli bir takım tarafından yürütülmektedir. Bir disiplin haline gelen bu aşamaya "Jeometalurji" denilmektedir. Jeometalurjinin birincil amacı, işletilecek yenilenemez doğal kaynaktan en yüksek faydanın sağlanarak çevreye olabilecek en az zararın verilmesidir (7).

Jeometalurjinin gerekliliği maden yataklarının homojen olmamasından kaynaklanır. Yatay ve düşey doğrultularda en kötü ve en iyi değişimlerin belirlenmesi halinde çok önemli fırsatları yakalamak mümkündür. Örneğin, bir silis kumu sahası geneli itibariyle cam kumu kalitesinde olabilir. Böyle bir sahaya jeometalurji uygulandığında, sahanın bazı bölgelerinde safsızlıkları çok düşük olan zonlar tespit edilebilir. Bu zonlardan üretilen çok temiz kumun, Çizelge-4'ten görüleceği üzere satış fiyatı, cam kumundan en az 10 kat daha fazla olmaktadır. Daha çarpıcı sonuçlar, halloysit sahalarında elde edilebilir (8). Belirli tüp yapısına sahip halloysit ton fiyatı $4400-7000 olarak pek çok metalden daha değerlidir (9).

5.2. Ar-Ge

Ar-Ge faaliyetleriyle işletme maliyetleri düşürülebilir ve/veya ürün nitelikleri zenginleştirme yöntemleriyle geliştirilerek Şekil 1 de görüldüğü üzere daha değerli, ya da örneğin, yüksek teknoloji seramikleri, nano ürünler gibi türevler üretebilir.

Kuşkusuz Ar-Ge faaliyetleri ek bir gider kalemidir. Ayrıca, olumlu sonuçlar vermesi orta (1-5yıl) veya uzun (>5yıl) vadede olabilir. Ancak üretim maliyetlerini düşürmenin, ürün niteliğini arttırmanın veya pahalı bir ürün üretiminin yani katma değer artırımının başka bir yolu yoktur.

6. SONUÇLAR

- Doğal zenginlikler iyi değerlendirilmediğinde bir ülkenin kalkınmasına katkı koymadığı gibi engelleyici bir unsur da olabilmektedir. Bu durum şirketler için de geçerlidir. Üretimini bilgi ve ileri teknoloji ile yapmayan, nitelikli emeği ortaya koyacak insan sermayesinden yoksun şirketler, sahip olduğu doğal kaynağı tükettikten sonra yok olurlar.

- Madensel hammaddeler yenilenemez doğal kaynaklar olduğundan üretimlerden azami faydayı sağlamak, katma değeri yüksek ürünleri üretmek için Ar-Ge faaliyetlerine önem verilmelidir.

- Ülkemiz endüstriyel minerallerde zengin olmasına karşın katma değeri yüksek ürünler üretemediğinden bu minerallerin dış ticaretinde ton fiyatı karşılaştırmasında yıllardır yaklaşık $70'lık aleyhte bir fark devam etmektedir.

- Çözüm, öncelikle rezervlerin çağdaş yöntemlerle nitelik ve nicelik olarak iyi tanımlanmasından sonra üretim yapılmasıyla ve mutlaka satış gelirlerinin en az %2'sinin Ar-Ge'ye ayrılmasıyla mümkündür.

KAYNAKLAR

1. Smith, A., 2006 ,Milletlerin Zenginliği, İş Bankası Yayınları

2. Acemoğlu, D. ve Robinson, J. A, 2012 Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty, Crown Business, USA.

3. van der Ploeg, F., 2009, Volatility and the Natural Resource Curse, Oxford Economics Papers

4. Badeeb, R. A., ve diğerleri, 2017, The Evolution of the Natural Resource Curse Thesis: A Critical Literature Survey, Resources Policy, pp. 123-134

5. Hirschey, M. ve diğerleri, 2012, The Size, concentration, and evolution of corporate R&D spending in US firms from 1976 to 2010. J. Corp. Finance pp. 496-518. (SME Min. Proc. & Extractive Met. Handbook, 2019, Vol. 1, ch. 2,8, p. 325)

6. Hughes, E., 2013 High Purity Quartz: A Cut Above, Industrial Minerals, Dec., 22-25

7. http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-dis-ticaret

8.a. Saklar, S. ve diğerleri, 2012 Kuzeybatı Anadaolu Halloysit/Kaolinitlerinini Karakterizasyon çalışmaları, MTA Dergisi 145,48-61

8.b. Saklar, S. ve Yörükoğlu, A., 2015 Effects of Acid Leaching on Halloysite, Physicochem. Probl. Miner. Proccess. 51(1) pp.83-94

9. www.thefreelibary.com (non-metal+ industrial+ minerals+ nanotechnology)

ENDÜSTRİYEL HAMMADDE HAZIRLAMADA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN DURUMLAR

Prof. Dr. Özcan Y. GÜLSOY
Arş. Gör. Dr. Ergin GÜLCAN

Hacettepe Üniversitesi Mühendisliği Bölümü Maden Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden günümüze metalik olmayan mineraller, metallerden daha düşük fiyat dalgalanmalarına maruz kalmıştır. Emtia borsalarında işlem görmeyen bu tip endüstriyel mineraller nadiren spekülatörlerin hedefi olmaktadırlar. Ayrıca, metalik olmayan minerallerin tüketim talebi metallerden farklı olarak daha az durma eğilimindedir ve kısa vadeli döngüsel ekonomik eğilimlere daha az maruz kalırlar. Birçoğu toplu olarak düşük fiyatlarla satıldığı için rekabetçi malzemelerin ikame tehdidi daha azdır. Nitekim, endüstriyel minerallerin çoğunun üretim ve tüketim trendleri; dünya tüketim düzeyi, nüfus eğilimleri ve genel endüstriyel faaliyetlere paralel olarak istikrarlıdır, ancak ciddi kazançlar sağlamamaktadırlar (Hartman, 1992). Dolayısıyla metalik olmayan mineral fiyat tahminleri, metallerde olduğundan daha büyük bir güvenle yapılabilmektedir. Ayrıca, kükürt, potas, feldispat, fosfat, barit, alçıtaşı, tuz, fluorspar, talk ve asbest gibi başlıca endüstriyel hammaddeler, nispeten düşük birim değerinde malzemeler olma eğilimindedir. Kullanıcıya yansıyan

maliyetlerinin önemli bir kısmı, madenden pazara taşıma maliyetleridir.

Endüstriyel mineraller hayatımızın birçok alanında kullanılmalarına rağmen, bunları kullanarak üretim yapan firmalar yukarda belirtilen gerekçelerle yeni minerallerin kullanılması konusunda tutucu davranmaktadırlar (Harvey ve Lagaly, 2013). Örneğin kağıt endüstrisi karmaşık bir teknolojiye sahip olup, kağıt üretiminde kullanılan kaolin, kağıdın karmaşık kimyasal formülü içinde yalnızca tek bir bileşendir. Bu endüstride kaolin; pürüzsüzlük, opaklık, çekme kuvveti, mürekkep tutma ve parlaklık açısından performansı ile hem dolgu maddesi hem de kaplama olarak kullanılabilmektedir (Conceição vd., 2005). Bunun yerine önerilecek yeni bir mineral kesinlikle bu karmaşık formülasyonda kaolinin işlevini yerine getirecek özellikte olmalıdır. Bu alana yönelik olarak kaolinin yerini tutmak üzere sunulan yeni bir endüstriyel mineralin, kullanıcı tarafından sürekli kullanılmakta olan kaolinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini karşılayacak niteliklerde olması gerekmektedir. Ancak, kaolin gibi bir endüstriyel hammaddeyi kullanan nihai üretici, talep ettiği özellikleri tam olarak karşılayacak nitelikte yeni bir ürün önüne geldiğinde ikna olabilmekte, hatta yeni ürün gerekli ihtiyaçları karşılasa bile nihai kullanıcı eski hammaddeyi ekonomik gerekçelerle kullanmayı tercih edebilmektedir. Bu durumda da yeni endüstriyel hammaddelerin pazara girebilmesi son derece zor olmaktadır. Bu nedenle yeni üretilen bir endüstriyel hammaddenin üreticiye kabul ettirilebilmesi, üreticinin ikna edilmesine bağlı olmaktadır. Böyle zor bir pazarda endüstriyel hammaddelerin pazarlanabilir ürünler haline dönüştürülmesi onların özellikle fiziksel özelliklerinin geliştirilmesine ve iyileştirilmesine bağlıdır (Orzechowski vd., 2006; Tsunematsu ve Tateyama, 1999; Letaief vd., 2006). İşte pazarın bu tutucu yapısından dolayı çok eski dönemlerde endüstriyel hammadde olarak kullanılan bir mineralin teknolojideki gelişmelere rağmen, günümüzde de hemen

hemen aynı şekilde kullanımına devam edilmektedir. (Christidis, G.E. 2009).

Endüstriyel hammadde temel olarak metalik olmayan mineraller için kullanılan bir tabir olarak günümüze ulaşmış ve bu şekilde kullanılmaktadır (Hartman, 1992). Birçok sentetik maddenin de endüstriyel mineraller tanımı kapsamında değerlendirildiği günümüzde bu yaklaşım sektörü tanımlamakta yetersiz kalmaktadır (Ciullo, 1996). Ayrıca enerji amaçlı kullanılan minerallerin de bu grubun dışında olduğu belirtilmektedir. Fakat, bu tanımlama içinde bazı minerallerin hem endüstriyel hammadde hem de metalürjik amaçlar için kullanılması söz konusudur. Örneğin; boksit, ilmenit, kromit, bazı demir mineralleri metal olarak kullanılabildikleri gibi çimento üretimi, refrakter veya aşındırıcı üretiminde de kullanılan endüstriyel hammadde mineralleridir (Ng vd., 2018; Prasad ve Shih, 2016; Gambhire vd., 2016).

Kimyasal özelliklerinden çok fiziksel özelliklerine bağlı olarak kullanıma sevk edilen endüstriyel hammaddeler bazı durumlarda yer kabuğundan üretildikleri şekilde, çoğunlukla da yer kabuğundan üretildikten sonra bir hazırlama sürecine tabi tutulmak kaydıyla nihai üreticiye ulaştırılmaktadırlar (Hartman, 1992). Hazırlama işlemlerinin içinde de cevher hazırlama işlemleri önemli rol oynamaktadır. Özellikle hazırlama işlemlerine tabi tutularak ilgili hammaddenin talep edilen fiziksel özellikleri iyileştirilmekte veya ön plana çıkartılmaktadır (Gupta ve Yan, 2006). Endüstriyel hammaddeyi oluşturan maden yatakları birden çok metalik olmayan ve/veya metalik mineralle birlikte bulunmaktadır. Bu nedenle yer kabuğundan çıkartıldıkları şekliyle kullanıma arz edilememektedirler. Pazarın gereksinimlerine bağlı olarak minerallerin birbirinden ayrılması ile elde edilen oldukça saf (tek mineral içeren) hale getirilmiş ürünler endüstriyel hammadde olarak kullanıma sunulabilmektedir. Hazırlama işlemi sadece fiziksel ayırmayı değil aynı zamanda ısıl

işlemleri de gerektirebilmektedir (Zheng, 2007). Örneğin; manyezit, dolomit gibi endüstriyel mineraller refrakter amaçlı kullanımdan önce kalsinasyon işlemine tabi tutularak bir endüstriyel hammadde özelliği olan ısıl dayanımları artırılıp, ön plana çıkartılmaktadır (Birchal vd., 2000; Demir vd., 2003; Zhang vd., 2017; Sasaki vd., 2013; Herce vd., 2015). Benzer şekilde, yüksek sıcaklıkta ısı yalıtımı veya fırın astarlarında kullanmak için kiyenit kullanılarak üretilen mullit seramikler, kiyenit grubu minerallerin kavrularak mullit fazına döndürülmesi ile mümkün olmaktadır (Guo vd., 2015). Diğer taraftan, örneğin bir endüstriyel hammadde özelliği olan emme kapasitesini artırmak amacıyla bentonit organik asitlerle işleme tabi tutulmaktadır (Horri vd., 2019). Perlit veya vermikülit gibi endüstriyel mineraller genleştirme veya tabakalandırma işlemine tabi tutularak ısıl iletkenlikleri düşürülmektedir (Abidi vd., 2015). Bu ve benzeri örneklerde görüldüğü gibi minerallerin endüstriyel hammaddeye dönüştürülmeleri temel olarak talep edilen fiziksel özelliklerini iyileştirmek yönünde hazırlıklar gerektirmektedir. Çoğunlukla da bu hazırlıklar, öncelikli olarak minerallerin birbirinden ayrılması işlemini içermektedir. Bu noktada cevher hazırlama devreye girmekte ve endüstriyel hammaddelerin hazırlanmasında hayati önem taşımaktadır.

Cevher hazırlama, maden niteliği olan her mineralin yer kabuğundan çıkartıldıktan sonra işlenmesi ve bir sonraki aşama için uygun niteliklerde ara ürünler haline getirilmesi amacıyla önemli rol oynamaktadır. Yer kabuğundan üretilen mineraller; metalik mineraller, endüstriyel mineraller, yakıt ve enerji kaynakları ile taş olarak kullanılanlar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında her bir grup için uygulanan cevher hazırlama süreçleri benzer birim işlemler içermekle birlikte, bu birim işlemlerin uygulanması için gerek makine, ekipman ve süreçler farklılıklar gösterebilmektedir (Gupta ve Yan, 2006). Bu makalede endüstriyel

hammaddeler için uygulanan cevher hazırlama yöntemlerinin diğer minerallere uygulanan yöntemlerle olan farklılıkları ve kullanılan temel ekipmanlar tartışılmıştır. Bu kapsamda endüstriyel minerallerin metalik cevherlerden farklılıklarına değinilmiş, bazı endüstriyel minerallerin tanımlarına ve bunlara ilişkin cevher hazırlama/zenginleştirme süreçlerinin kapsamına ilişkin önemli hususlar değerlendirilmiştir.

2. ENDÜSTRİYEL MİNERAL VE ENDÜSTRİYEL HAMMADDE

Endüstriyel hammadde tabiri doğrudan yerkabuğundan üretildikleri şekilde mineral karışımları (kayaçlar) ve görece saf minerallerden oluşan malzemeler için kullanılmakta olan genel bir tabirdir. Endüstriyel mineraller ve mineral kaynakları ise, ticari değerleri için yer kabuğundan çıkarılmış, yakıt mineralleri, mineral yakıtları veya metalik mineraller sınıflarına girmeyen, fakat endüstride fiziksel ve/veya kimyasal özelliklerine dayalı bir kullanım alanı bulunan minerallerdir (Kogel vd., 2006). Ülkemiz ölçeğinde dünyadakine benzer şekilde büyük miktarlarda üretimleri söz konusu olup, fiyatları görece düşük ürünlerdir (MTA, 2018). Endüstriyel hammadde ve endüstriyel mineral terimleri zaman zaman birbirinin yerine kullanılmakla birlikte, genel tanımında endüstriyel minerallerden oluşan ürünlere endüstriyel hammadde denilmektedir. Endüstriyel kayaçlar olarak tanımlanan ve genel olarak birden çok mineralden oluşan malzemelerin yanında endüstriyel hammadde oluşturan yaygın mineraller Çizelge 1’de listelenmektedir (Ciullo, 1996; Kogel vd., 2006).

Çizelge 1. Endüstriyel Hammadde olan mineraller ve Kayaçlar

Endüstriyel Hammadde olan Mineraller		**Endüstriyel Hammadde olan Kayaçlar**
Alçı Taşı (Jips)	Tuz mineralleri	Granit
Alunit	Kuvars	Bazalt
Asbest	Kükürt	Diyabaz
Barit	Manyezit	Pomza
Bentonit	Mika mineralleri	Pumis
Bor mineralleri	Olivin	Perlit
Diatomit	Profillit	Tüm mermerler
Dolomit	Sepiyolit	Huntit
Feldispat mineralleri	Sölestin	Kalsit
Florit	Talk	Kaolin
Fosfat	Rutil	Zeolit
Grafit	Trona	Zirkon
Kil mineralleri	Vermikülit	Elmas

Endüstriyel mineralleri kullanmakla sorumlu teknoloji uzmanları ve mühendisler, tipik olarak uzmanlıklarını mineraloji dışındaki disiplinlerden alırlar. Kuşkusuz ki bir mineralin adı ve kimyasal formülü, nadiren aydınlatıcıdır. Sektörün de yansıması olan bu bakış açısı, genellikle ürün özellikleri ve maliyet üzerindeki belirgin etkilerin ötesinde, endüstriyel mineralleri mineralojik olarak anlamak açısından yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple Çizelge 1'de verilen genel sınıflandırmanın yanında kimyasal içerikleri açısından aynı olarak tanımlanmış bazı mineraller, kristal yapıları ve kimyasal bileşimlerindeki farklılıklar nedeniyle farklı mineral isimleriyle tanımlanmaktadırlar (Ciullo, 1996). En basit ifadeyle, silikat mineralleri tetrahedron ve oktahedron olarak isimlendirilen iki temel "monomer" yapısına dayanan inorganik polimerlerdir. Silikatların çoğu, bu tetrahedra ve oktahedranın kendileri ve birbirleri ile üç boyutlu olarak farklı konfigürasyonlar şeklinde birleşmesinden ortaya çıkan yapılardır. Örneğin feldispatlar, her dört Si^{4+}'den birinin genellikle Al^{3+} ile ikame edildiği bir yapıya sahiptirler. Sonuçta meydana gelen yük dengesizliği sodyum ve/veya potasyum iyonları ile dengelenir. Dolayısıyla feldispat denildiğinde kimyasal bileşimi

nedeniyle albit, ortaklaz, mikroklin veya anortit öncelikle akla gelir ve bunların her biri ayrı endüstriyel hammaddeler olarak tanımlanmalı ve sınıflandırılmalılardır (Anderson ve Anderson, 2010). Benzer şekilde, perlit SiO_2 73.6%, Al_2O_3 12.4%, Fe_2O_3 1.25%, MgO 0.15%, Na_2O 2.99%, K_2O 4.18%, HO+ 3.17%, H_2O-0.2% şeklinde bir kimyasal içeriğe sahip olmakla birlikte; %90 amorf olan bu içeriğin yanında feldispat, biyotit, kuvars gibi kristalin yapıda birden fazla mineral bulunmaktadır. Bir endüstriyel mineral olarak geliştirilmesi ve kullanım alanlarının yaygınlaşması, perlitin bu yapısının anlaşılır olması ile mümkündür (de Oliveira vd., 2019; Pachta vd., 2019). Feldispatları endüstriyel hammadde olarak değerlendirme aşamasında birlikte bulunan albit, ortoklaz gibi mineralleri pazarın isteğine göre birbirinden ayırmak gerekirken, bu süreçte endüstriyel hammadde olarak kullanılan perlitin yapısından, içerdiği kristalin minerallerin ayrılması da gerekmektedir.

Yukarıda yapılan gruplandırmanın arkasındaki ana dayanak; endüstriyel hammaddelerin literatürde genelde endüstriyel mineraller ve kayaçlar olarak tanımlanması yatmaktadır (Kuzvart, 1984; Kucera, 1984; Lehtinen, 2015). Farklı endüstriyel mineraller ve kayaçlar benzer fiziksel, hatta bazen de benzer kimyasal özelliklere sahip olabilmektedir. Bu nedenle birbirlerinin yerine kullanılabilmektedirler. Dolgu malzemesi olarak plastik ve boya endüstrilerinde kaolin yerine kalsit ya da talk kullanımı, seramik endüstrisinde feldispatların yerine nefelin-siyet kullanılması bunun en göze batan örneklerini teşkil etmektedirler. Bu tercihler genelde hammaddenin temin edilebilirliği, bölgesel kaynaklar, fiyat ve teknik gereksinimleri karşılayabilirlik gibi parametrelere bağlı olmaktadır (Christidis, 2009; Ciullo, 1996).

2.1. Ticari Önemi olan Endüstriyel Hammaddeler ve Kullanım Alanları

Endüstriyel minerallerin bu yaygın kullanım yelpazesinin bir sonucu olarak, günlük yaşamımızda çoğunlukla sabah uyanıp akşam yatana kadar farkına dahi varmadığımız 100'ün üzerinde endüstriyel hammadde ile üretilmiş ürünle karşı karşıya kalırız. Endüstriyel hammaddelerin en genel haliyle kullanım alanları Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Endüstriye Hammaddelerin Kullanım Alanları

Kullanım Alanları	
Aşındırıcılar	Alev önleyiciler
Absorbentler	Döküm
Zirai ürünler	Cam
Çimento	Metalurji
Seramik	Boya
Kimyasallar	Pigment
Yapı elemanları	Plastik, Kauçuk
Sondaj Çamuru	Kağıt
Elektronik	Refrakterler
Filtre	Sentetik fiber

Bazı durumlarda bir kullanım alanında birden çok endüstriyel hammaddenin de kullanıldığı uygulamalar da söz konusudur. Bu uygulamalara örnekler ise Çizelge 3'de verilmektedir.

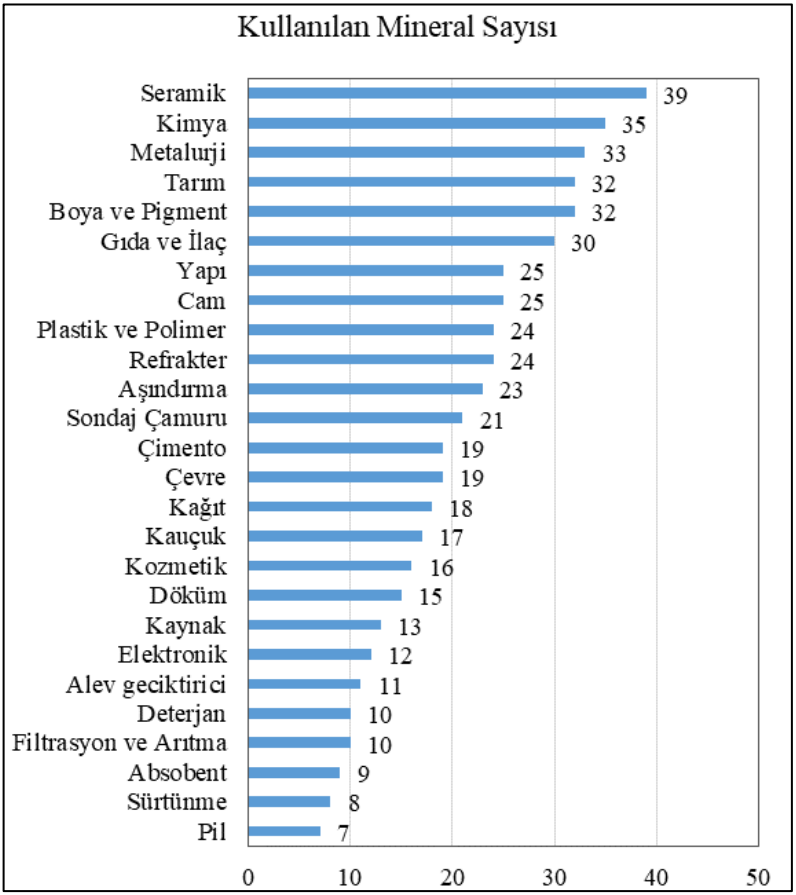
Aynı endüstriyel hammadde birden çok alanda kullanıldığı gibi birden çok endüstriyel mineral de aynı alanda kullanılabilmektedir (Şekil 1., O'Driscoll M., (2015)'den düzenlenerek alıntılanmıştır).

Çizelge 3. Birden Çok Endüstriyel Hammadde Kullanılan Alanlar

Kullanıldığı Alan	Kullanılan Endüstriyel Hammaddeler
Cam	Kireçtaşı, sodakülü, borlar, feldispat, lityum
Seramik	Kaolin, feldspat, talk, wollastonit, borlar, alumina, zircon
Boya	Rutil , kaolin, mika, talk, wollastonit, silika
Plastik "beyaz eşya"	Talk, kaolin, mika, wollastonit, alev geçiktiriciler
Ahşap yer döşeme	Boratlar, kromit
İçme suyu	Kireç taşı, zeolit
Şarap/bira üretimi	Diyatomit, perlit
Şeker	Kireç, diyatomit
Deterjan ve soda	Borlar, soda külü, fosfatlar
Döşeme	Mermer, granit, farklı taşlar
Kağıt	Kaolin, talk, kireç taşı, rutil
Fırın camı	Petalite, borat
Isıtma elemanları	Manyezit, kuvars
Duvar panelleri ve alçı	Jips, alev geçiktiriciler

Çizelge 3 ve Şekil 1'de görüldüğü üzere endüstriyel mineraller oldukça geniş bir yelpazede birbirinden oldukça farklı endüstrilerde kullanılabilmektedirler. Bu mineraller içerisinde aynı mineral gruplarının farklı türevleri mevcut olduğu gibi, nadir ve ağır elemenler içeren mineral grupları da mevcuttur. Üretim, talep, yaygınlık ve cevher hazırlamanın önemi açısından öne çıkan bazı endüstriyel mineral türleri ve kullanım alanları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (SGU, 2019; Ciullo, 2006)

- ***Dolomit*** ($CaCO_3.MgCO_3$) rezervleri, magnezyumlu kireçtaşının çözelti içerisinde belirli bir oranda kalsiyum ile değişimi sonucunda oluşurlar. Bu çözeltinin derişimi ile orantılı şekilde dolomitin içeriği değişebilir. Bu oran, dolomitin kullanılabileceği endüstriyel son kullanımı etkilemektedir. Birçok endüstride endüstriyel mineral olarak önem arz eden dolomit; çelik endüstrisinde, çimento fırınlarını saran refrakterlerin üretiminde, cam ve cam elyafın üretilmesinde ve bir yapı malzemesi olarak kullanılabilmektedir.



Şekil 1. Farklı Alanlarda Kullanılan Endüstriyel Mineral Sayılarına Örnekler

- ***Feldispatlar değişen miktarlarda potasyum, sodyum ve*** kalsiyum içeren alüminosilikat minerallerdir. Yer kabuğunun %60'dan fazlasını oluşturan ve en bol bulunan mineral grubudur. Başlıca feldispat türleri potasyum feldspat ($KAlSi_3O_8$), Sodyum feldispat ($NaAlSi_3O_8$) ve Oligoklazdır ((Na, Ca) $AlSi_3O_8$). Feldispat, cam yapımında önemli bir bileşen olmasının yanında, seramikte vitröz parlaklığı kazandıran bileşen görevi görür. Ayrıca boya, plastik ve yapıştırıcılarda önemli bir mineral dolgu maddesidir.

- Ticari olarak "fluorspar" olarak da bilinen ***florit*** (CaF_2), başlıca flor ve flor kimyasallarının kaynağıdır (hidrojen florür, endüstriyel solventler (CFC'ler, HFC'ler ve HCFC'ler), soğutucular, aerosol iticiler, plastik köpükler vb.). Bununla birlikte dekoratif cam eşyalarda ve emayelerde seramik dereceli flüoresan, çelik endüstrisinde ise akıcı madde olarak metalürjik flüoresan kullanılmaktadır. Florit ayrıca, soğutma, böcek ilacı vb. pek çok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Karbonun altıgen kristalin formu olan ***grafit***, doğal olarak yüksek dereceli metamorfik kayaçlarda ve damarlar halinde "amorf" yapıda kristal pulları olarak oluşur. Grafit için ana pazar, "refrakter" astarların üretimidir. Diğer pazarlar arasında kaplama döküm kalıpları, fren balataları, bataryalar, karbon fırçaları ve yağlayıcılar bulunur.

- ***Jips*** (alçıtaşı), doğal olarak oluşan, hidratlanmış kalsiyum sülfatlara verilen isimdir ($CaSO_42H_2O$). Duvar ve tavan levhaları, kalıplar ve inşaatlarda kullanılan bloklar, heykel sıvaları, tıbbi ve dental kullanımlar ve seramik gibi ürünlerinin imalatında kullanılmaktadır. Alçı üretiminde kullanılan jips, genellikle en az % 90 $CaSO_42H_20$, en fazla % 0.02 NaCl (tuz) ve yaklaşık % 2 asit çözünmezi içerir.

- Ticari açıdan ilgi çeken ve endüstriyel mineral kategorisine giren başlıca ağır mineraller ise ***rutil*** (TiO_2), ***ilmenit*** ($FeTiO_3$), ***lökoksen*** ve ***zirkondur*** ($ZrSiO_4$). Rutil teorik olarak %100 TiO_2 içeriğine sahip, doğal olarak oluşan bir titanyum dioksittir, ancak Fe_2O_3 ve Cr_2O_2 gibi safsızlıklar ile içeriği %94 seviyelerine kadar inebilir. Rutil; toksik olmadığı için kozmetiklerde ve eczacılıkta, boya endüstrisinde, plastik, kağıt ve lateks kauçukta bir pigment olarak, uzay aracı ve tıbbi protezlerde hafif, güçlü, korozyona dayanıklı bir metal olan titanyum metalini üretmek için ve kumlama, su filtrasyonu gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. İlmenit, içeriğindeki demir sebebiyle, % 45-65

arasında TiO_2 içeren bir titanyum mineralidir. Lökoksen ise $Ti0_2$ içeriği %68'lere çıkarılmış modifiye ilmenite verilen addır. Zirkon, 2430ºC'nin üzerindeki erime noktası ile döküm kum kalıplarında, erimiş metal kalıplarında, ince öğütülerek seramik sırlarda, elektrikli porselen gibi özel seramiklerde ve refrakter olarak kullanılmaktadır.

- ***Hematit*** (Fe_2O_3), ***manyetit*** (Fe_3O_4), götit ($FeOOH.xH_2O$) ve lepidokrozit ($FeOOH.xH_2O$) gibi doğal demir oksitler, yüksek tonaj potansiyeli bakımından sentetik oksitlere göre daha avantajlıdır. Bu pigmentler boya, beton ürünleri, yapı malzemeleri, seramik ve kağıtta renklendirici madde olarak kullanılmaktadırlar.

- ***Kaolin*** ($Al_2Si_2O_5$ $(OH)_4$), endüstriyel killerin hem tüketim hem de değer açısından en önemlisidir. Tane boyu inceliği, şekli, inertliği, toksik olmayan yapısı, yüksek parlaklık ve beyazlık özellikleri kaolini çok çeşitli endüstrilerde kullanıma uygun çok yönlü bir mineral haline getirmektedir. Kâğıt endüstrisinde kaolin selüloz elyafları arasındaki boşlukları doldurmak amacıyla ve yüksek parlaklıkta kâğıt üretmek için bir kaplama maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kil bazlı seramik ve refrakterler, beyaz çimento, cam elyafı ve kauçuk, boya, plastik ve yapıştırıcılarda dolgu maddesi olarak da değerlendirilir.

- ***Kireçtaşı*** kalsiyum karbonattan ($CaCO_3$) oluşan tortul bir kayaçtır. Kireçtaşı temel olarak denizlerdeki fosil kalıntılarının birikmesi ve katılaşması sonucunda oluşur. Ancak tatlı su kireçtaşı yataklarının varlığı da bilinmektedir. Kireçtaşı, endüstriyel mineraller içerisinde kullanım alanı çok yönlü olanlardan birisidir. En yaygın ve eski ürünlerinden birisi de kireçtir (kalsiyum oksit, CaO). Kireçtaşı bir fırında yaklaşık 1000ºC'ye ısıtıldığında, karbondioksit salınımı ile "sönmüş" olarak tabir edilen inşaat kireci elde edilir. Islandığında veya atmosfere maruz kaldığında sönmüş kireç, tekrar karbondioksit alarak çimentolaşma sürecine girer.

- ***Manyezit***, bileşiği magnezyum karbonat ($MgCO_3$) olan önemli bir endüstriyel mineraldir. Saf manyezit teorik olarak %47,8 magnezi (MgO) ve %52,2 karbondioksit (CO_2) 'dir. Dünyadaki magnezinin (MgO) üçte ikisinin manyezitten üretilir. Plastiklerde ve boyalarda dolgu maddesi, tarımsal gübre, magnezya çimentoları, yapı malzemeleri, alev geciktiriciler ve ilaç endüstrisi manyezitin kullanım alanlarından bazılarıdır.

- ***Mika***, plakalar şeklinde kristalleşen kompleks sulu alüminosilikat mineraline verilen genel bir isimdir. Muskovit (potasyum mika), flogopit (magnezyum mika) ve vermikülit (sulu magnezyum ve demirli mika) ticari olarak en önemli çeşitleridir. Bunlardan muskovit ve flogopit, yüksek ısıl direnç ve düşük elektrik iletkenliğine sahiptirler. Bu sebeple kendilerine ısıtma ve elektrikli cihazlarda geleneksel uygulamalar bulmuşlardır. Kuru ve yaş öğütülmüş mika, alçıpan, çimento, boya ve plastikteki dolgularda kullanılırlar. Vermikülit ise nispeten hafif bir üründür. Yaygın kullanım alanları akustik yalıtım, dolgu, ısı yalıtımı, paketleme malzemesi ve bitki yetiştirme ortamlarıdır.

- ***Fosfat*** kayaçları, genel olarak Ca_5 (PO_4CO_3) 3(F, OH, Cl) formülü olan apatit familyasına aittir. Fosfatların %90'a yakın kısmı kimyasal gübreler üretmek için kullanılmaktadır. Fosfor, bitkilerin ihtiyaç duyduğu, hücresel düzeyde enerjinin transferini ve depolanmasını kontrol eden ve metabolik süreçlerde önemli bir rol oynayan üç ana besinden biridir. Fosfat ürünleri ayrıca hayvan yemlerinde, kabartma tozunda ve unda mayalayıcı bir madde olarak, içeceklerde ve farmasötiklerde ise bir katkı maddesi olarak kullanılır. Su yumuşatma, pas önleme, yangına dayanıklılık, böcek ilaçları ve element fosfor imalatı kapsamında endüstriyel kullanım alanları da mevcuttur.

- ***Tuz*** (kaya tuzu) (NaCl), kullanımı dünya üzerinde en yaygın ve eskilere dayanan mineraldir. En bilinen kullanım alanları gıda

koruyucu ve katkı maddesi olarak kullanımdır. Potasyum iyodür formunda çok iyi bir iyot taşıyıcısıdır ve gelişmekte olan ülkelerde, yaklaşık bir milyar insanın risk altında olduğu iyot eksikliği bozukluklarının önlenmesi için ideal bir kaynak sağlamaktadır. Diğer yaygın kullanım alanları ticari boya imalatı, kağıt hamuru ve kağıt endüstrileridir.

- ***Silika*** (SiO_2), magmatik ve tortul kayaçların ana bileşenlerinden en önemlisidir ve kumtaşı içerisinde kuvars minerali formatında bulunur. Silika tabiri, resif kuvars, kuvars çakıl taşı, kumtaşı, kuvarsit gibi kuvarsın pek çok formunu ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Silisin ana kullanımı cam üretim endüstrisidir. Silika kumu, metal dökümü için kalıp yapmak üzere sentetik reçinelerle birleştirilir. Yine petrol sondajında geçirgenliği artırmak için yuvarlaklaştırılmış kuvars kumu kullanılır. Metalurji endüstrilerinde topak kuvarsit ferrosilikon üretimi için bir hammadde olarak kullanılmaktadır. Silika ayrıca çeşitli seramik, özel camlar ve yarı iletken silikonlarında da kullanılmaktadır.

- ***Kükürt***, geçmişten günümüze tıbbi ve endüstriyel amaçlarla kullanılan doğal bir elementtir. Elemental kükürt, doğal tuz yatakları olarak, volkanların çevresinde ve tortul yatakların içinde bulunur. Sülfürün temel türevi olan sülfürik asit, kimya ve gübre endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan en önemli inorganik kimyasaldır.

- En çok yönlü ve kullanışlı endüstriyel minerallerden birisi olan ***talk***, sabuntaşı olarak da bilinen sulu bir magnezyum silikattır ($Mg_3Si_4O_{10}$ $(OH)_2$). Yumuşaktır. aşındırıcı olmayan, inert ve kolay öğütülebilir olmasıyla pek çok farklı endüstride kendisine kullanım alanı bulabilmektedir. Bunlardan bazıları boya imalat endüstrisi, kağıt endüstrisi, kağıt hamurundaki ziftin kontrolü, kağıttan mürekkep ayırma, plastik endüstrisi, plastiklerin dayanıklılık ve ısı direncinin

geliştirilmesi, seramiklerin imalatı ile farmasötik ve kozmetik uygulamalardır.

- ***Asbest***; dünyanın asbest üretiminin yaklaşık % 98'ini oluşturan krisotil ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$; beyaz asbest), amfibol mineralleri ($Na_2(Fe,Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$; mavi asbest) ve lifli tremolitleri ($Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$) içeren silikat mineralinin genel bir ismidir. Bu mineral elyafları; esnekliği ve gerilme dayanımı, yalıtım özellikleri ve yüksek derecede ısı ve kimyasal saldırılara karşı dayanıklılığı sebebiyle fren balataları, debriyaj balataları, contalar, yangına dayanıklı ürünler ve çimento ürünlerinde takviye malzemesi olarak kullanılmaktadırlar.

- ***Barit*** ($BaSO_4$), baryum ve baryum bileşiklerinin tek ticari kaynağıdır. 4'den yüksek yoğunluğu ile nispeten yumuşak, inert bir mineraldir. Barit yaygın olarak darbeleri önlemeye yardımcı olduğu için petrol ve gaz kuyuları için çamur sondajlarında sabitleme malzemesi olarak kullanılır. Bununla birlikte kağıt, kauçuk, boya ve plastik uygulamalarında dolgu maddesi, radyasyon emici özelliği sebebiyle özel yapı malzemesi, seramik sırlar ve optik camlarda parlaklık ve netliğin artırılmasına yönelik katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır.

- ***Selestin*** (stronsiyum sülfat, $SrSO_4$) stronsiyum karbonat ve diğer stronsiyum bileşiklerinin üretiminde kullanılan tek kaynak mineraldir. Temel kullanım alanları X-ışınlarını absorbe etmek ve camın parlaklığını arttırmak için renkli televizyon tüpleri ve bilgisayar monitörleridir. Ayrıca havai fişek ve izleme/takip mühimmatlarında da kullanılmaktadır.

- ***Korindon***, elmastan sonra en sert ikinci mineral olan doğal alüminyum oksittir (Al_2O_3). Taşlama benzeri uygulamalarda aşındırıcı olarak kullanılır.

3. ENDÜSTRİYEL HAMMADDE PAZARLAMA İLE İLGİLİ GENEL ÖZELLİKLER

Oldukça fazla ve yaygın kullanım alanlarına sahip olan endüstriyel hammaddelerin temini ve ekonomik değerleri göz önüne alınarak yapılan değerlendirmede aşağıdaki özellikler öne çıkmaktadır:

- Yüksek hacim, düşük değer,
- Çok geniş endüstriyel ve bölgesel kullanıma bağlı olarak geniş hacimli ve dağılmış market,
- Ekonomi, bazen stratejiklik, modern yaşamın gereksinimleri,
- Bazı endüstriyel hammaddelerin metal pazarından etkilenen doğası,
- Genel olarak pazara göre yapılan sınıflandırmalar, bazıları farklı gereksinimleri karşılamak amacıyla birden çok alanda kullanılırlık,
- Temin durumu, lojistik koşullar ve pazar talebine hassas endüstriyel mineral ekonomisi,
- Farklı pazarlarca talep edilen özelliklerin farklılığına bağlı olarak geliştirilmesi gereken uygun hazırlama yöntemleri gereksinimleri,
- Fiyatlandırması çoğunlukla üretici-pazar ilişkisine bağlı olması (O'Driscoll, 2015).

Avrupa Birliğinin 2008 yılında yaptığı değerlendirmeye göre bentonit, perlit, feldispatlar, talk, silis kumu, kireç taşı gibi endüstriyel hammaddeler, orta dereceli ekonomik öneme sahip fakat temin zorluğu olmayan mineraller olarak tanımlanmaktadırlar (EU, 2008). Bu tanımlamada birçok endüstriyel mineralin düşük ekonomik değerleri ve teminlerinin kolaylığı vurgulanmıştır. Bu da yukarıda

tanımlanan niteliklerle uyum sağlamaktadır. Burada önemli olan nokta bazı endüstriyel minerallere uygulanacak özel hazırlama yöntemleri ile son derece yüksek fiyatlara sahip özel ürünler üretilebileceğinin gözden kaçırılmamasıdır (Hartman, 1992).

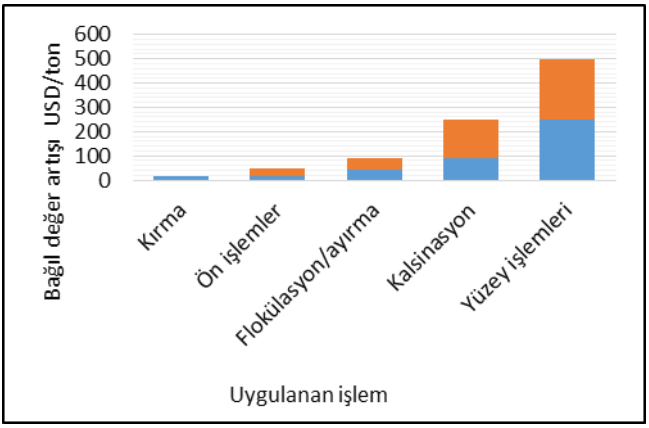
4. ENDÜSTRİYEL HAMMADDE HAZIRLAMAYA İLİŞKİN YÖNTEM VE EKİPMANLAR

Yer kabuğundan üretilen endüstriyel hammaddelere uygulanan hazırlama işlemleri, onlara hem pazarın istediği özellikleri sağlarken diğer taraftan da kazandırılan veya iyileştirilen fiziksel özellikler sayesinde önemli değer artışları sağlar. Örneğin R.J.Robbins'in (2014) sunumundan alınarak yeniden düzenlenen Çizelge 4 incelendiğinde bir endüstriyel mineral üzerinde yapılan işlemlerden sonra değerindeki artışın ne oranlarda olabileceği özetlenmiştir. Bu da bir endüstriyel mineral üzerinde yapılacak zenginleştirme işlemlerinin önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Çizelge 4. Endüstriyel Hammadde Özelliğine Göre Değer Artışı (kuvars örneği)

Uygulama alanı	**SiO_2 min.**	**Diğer elementler max. (ppm)**	**Kullanımı Birim/yıl**	**Fiyatı Birim/ton**
Cam kalitesi	99,50	5000	700	1
Yarı iletken	99,80	2000	20	5
Düşük kaliteli	99,95	500	7,5	10
Orta kaliteli	99,99	100	2,5	17
Yüksek kaliteli	99,997	30	1	>170

Bir endüstriyel hammaddeye ocaktan çıkartıldıktan sonra uygulanacak olan her hazırlama işlemi ona ilave bir değer kazandırmaktadır. Basit boyutlandırmadan (kırma, sınıflandırma), kalsinasyon ve liç işlemlerine kadar farklı aşamalarda gerçekleşen bu işlemlerin endüstriyel hammaddeye sağlamış olduğu değer artışı Şekil 2'de şematize edilmiştir.



Şekil 2. Uygulanan Hazırlama İşleminin Endüstriye Hammadde Üzerindeki Değer Artışı

Endüstriyel hammaddenin değerini artıran faktörlerin, hammaddenin yer kabuğundan üretildikten sonra uygulanan hazırlama işlemleri ile birebir ilişkili olmasının yanında, metalik minerallerden faklı olarak, bu hammaddelerin kütlece çoğunluğunun nihai ürüne dönüştürülebilmesidir. Cevher hazırlama, ileriki adımlarda uygulanacak olan çoğunlukla ısıl işlemlerde istenen fiziksel ve kimyasal özelliklerin kazanımı amacıyla safsızlığın artırılmasını veya istenen sınırlar içerisinde tutulmasını amaçlamaktadır. Örneğin feldispatların cevher hazırlama süreçlerinde, cevher içinde bulunan mika ve demir oksitler gibi safsızlık (impürite) olarak tanımlanan minerallerin ayrılması işlemleri uygulanmaktır (Silva vd., 2019; Bulatovic, 2015). Bununla birlikte, ilgili safsızlıkların da satılabilir birer ürün olarak zenginleştirilebildiği durumlarda, feldispat zenginleştirmenin yan ürünlerinin de kazanımına ilişkin süreçlerin değerlendirildiği durumlar söz konusu olabilmektedir (Chen vd., 2019; Maneta ve Baker, 2019).

Fosfat cevherlerinin (apatit) kullanılabilir tenörlere yükseltilmesinde en baskın yöntem flotasyondur (Abouzeid, 2008;

Oliveira vd., 2019; Cao vd., 2015). Apatit, oda sıcaklığında verimli bir şekilde yüzebilen apatit flotasyonunda dünya çapında kullanılan çoğu toplayıcılar, bitkisel türlerden elde edilen yağ asitleridir. Bununla birlikte, apatitin diğer kalsiyum taşıyan minerallerden ayrılması çoğu cevherde bir sorun oluşturmaktadır. Bu noktada en tipik apatit yantaşı, dolomittir (Cao vd., 2019). Böyle durumlarda ise dolomit apatitten ters flotasyon yöntemiyle tipik olarak ayrılabilmektedir. Bu yüzdürme şemasında, sülfürik ve fosforik asitler apatit baskılayıcı olarak kullanılırlar ve dolomit yağ asidi türü bir toplayıcı ile yüzdürülür. Fakat yüksek miktarda aşırı bastırıcı tüketimi nedeniyle, fosfat flotasyonu için daha seçici toplayıcılar denenmesine yönelik çalışmalar da mevcuttur. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda, bir veya iki karboksil grubuna sahip amino asit bazlı toplayıcıların, kalsiyum minerallerine karşı geleneksel yağ asitlerinden önemli ölçüde daha seçici olduğunu bildirmiştir (Caoa vd., 2019). Kireçtaşı da dolomite benzer yöntemlerle cevher hazırlama ve zenginleştirme süreçlerine tabi tutulmaktadır.

Feldispat flotasyonu yaygın olarak dünya çapında başarıyla uygulanmaktadır. Na ve K-Feldispatların mika ve metal oksitler ile beraber silikatlardan ayrılması süreci, cevherin yapısına bağlı olarak pek çok cevher hazırlama disiplinini bünyesinde barındırmaktadır ve pek çok çalışmaya konu olmuştur (Starikova, L., 1968; Demir vd., 2001; Gülgönül ve Çelik, 2018; Bayraktar vd., 1997). Feldispat zenginleştirme akım şemalarında cevherin kimyasal bileşimine bağlı olarak şlam atma, amin ve oleat tipi toplayıcılarla mika ve metal oksit safsızlıkları ile feldispat minerallerinin flotasyonu, ve gerekli durumlarda manyetik ayırma ile metal oksitlerin uzaklaştırılması gibi pek çok zenginleştirme yöntemi bir arada kullanılmaktadır. Bu gruptaki silikatlar da ince tane boylarında benzer yöntemlerle zenginleştirilebilmektedir. İri boyda serbest kuvars rezervlerinin cevher hazırlama ve işlemesi ise, optik ayırma yoluyla oldukça temiz

nihai ürünler elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır (Gülcan ve Gülsoy, 2017).

Halen, birçok gelişmiş ülkede önemli bir stratejik rezerv kaynağı olarak görülen florit, genellikle kalsit ve bazen de barit ile bir arada bulunur. Uygulamada, floritin yan minerallerinden ayrılması için yaygın olarak kullanılan yöntem flotasyondur. Florit flotasyonunda yaygın olarak kullanılan toplayıcılar ise yağ asitleri veya yağ asidi türevleridir. Bununla birlikte, bu toplayıcılar ayrıca barit minerali yüzeyindeki Ba bölgeleriyle de etkileşime girer. Dolayısıyla, floritin baritten ayrılması, yağ asidi bir toplayıcı olarak kullanıldığında, bastırıcı olmadan mümkün olmamaktadır (Liu vd., 2019; Huang vd., 2018). Florit flotasyonunda barit başta olmak üzere beraber bulunduğu kalsit, silikat gibi safsızlıkların uzaklaştırılmasında tannik asit, dekstrin (nişasta) ve sodyum silikat kullanımı gerekmektedir. Cevher hazırlama ile %99'u aşan nihai florit içeriğine sahip ürünler alınabilmektedir.

Ham alçıtaşının piyasadaki mevcudiyeti göreceli olarak farklılık göstermektedir. Alçıtaşının ana kaynaklar doğal alçı taşları ve bazı endüstriyel faaliyetlerin yan ürünleridir. Madencilik kısmında alçıtaşı üretimi, taş ocağında malzemenin çıkarılması ile başlar ve jips-hemihidrat (gypsum hemihydrate) üretimine kadar devam eder. Alçıtaşı çıkarma yöntemleri, delme ve kaya patlatma gibi prosedürlerin kullanılmasına dayanır. Sonuç olarak, çıkarılan malzemeler kamyonlara yüklenir ve diğer istenmeyen içerikleri gidermek için elemenin ilk aşamasına aktarılır. Devamında çıkarılan malzeme öğütülür ve doğal olarak kuruması için stoğa yerleştirilir (Fořt ve Černý, 2018).

Endüstriyel ölçekte rutil cevherin kazanımı geleneksel olarak, yerçekimi ile zenginleştirme, manyetik ve elektrostatik ayırma tekniklerinin bir kombinasyonu olan akım şemaları ile mümkün

olabilmektedir (Muhammady vd., 2019; Cui vd., 2002). Fakat bu fiziksel ayrım yöntemleri, mineraloji daha karmaşık hale geldikçe ve serbest tanelerin boyutu küçüldükçe daha az verimli hale gelmektedir. Küçülen serbestleşme tane boyları ile birlikte, rutil kazanımında flotasyon yüksek verimli bir ayrım için öne çıkmaktadır (Cao vd., 2019). Rutin cevherlerinin seçici flotasyonunda kullanılan geleneksel toplaycılar doymamış yağ asitleri, suda çözünür sülfonatlar, benzil arsenik asit ve stiril fosforik asittir.

Oksitli demir cevherlerinin kazanımı, cevherin tipi (hematit, manyetit vb.) ve mineralojik özelliklerine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Yüksek ve düşük alan şiddetli yaş ve kuru manyetik ayırma yaygın olarak oldukça iri tane boylarında kullanılsa da, yüksek tenörlü demir cevheri rezervlerinin gittikçe azalması sebebiyle daha ince tane boylarında flotasyon, seçimli flokülasyon veya aglomerasyon gibi fiziko-kimyasal zenginleştirme süreçlerine de ilgi artmaktadır (Li vd., 2019).

Bir alümina-silikat olan kaolin kili, doğadan çıkarıldığı haliyle kullanıldığı durumlar haricinde flotasyon ile zenginleştirilir. Gerekli durumlarda fizikokimyasal özellikleri asit banyosu ile değiştirildikten sonra flotasyona veya flotasyon-flokülasyona tabi tutulmaktadır (Zhang vd., 2018).

Doğada çoğunlukla serbest ve iri taneler halinde bulunan manyezit geçmişten günümüze el ile ayıklama veya optik ayırma ile zenginleştirilebilmektedir (Gülcan ve Gülsoy, 2017). Bununla birlikte düşük tenörlü cevherlerin flotasyon ile zenginleştirildiği örnekler de mevcuttur (Teng vd., 2018).

Yukarıda açıklanan temel bazı endüstriyel hammaddelere özgü cevher hazırlama ve zenginleştirme süreçlerinde de görüldüğü üzere, endüstriyel hammadde hazırlamaya ilişkin yöntemler malzeme tipi,

malzemenin mineralojik ve fiziksel özellikleri, zenginleştirileceği veya endüstride kullanılacağı tane boyu ve nihai ürün kalitesine göre farklılıklar göstermektedir. Bu kapsamda cevher hazırlamaya ilişkin yöntemler ve yaklaşımlar büyük önem arz etmektedir.

Ülkemiz özelinde göze alındığında endüstriyel hammaddeler zenginleştirilmesinde elde edilen ürünlerin bileşimine bağlı; renk verici mineral içeriği, kil içeriği, kuvars içeriği ile ilgili sorunlar ön plana çıkmaktadır. Genelde de cevher hazırlama bu sorunları giderici yönde devreye girmektedir. Diğer taraftan, bazı durumlarda bir hammaddeden birden çok ürün üretilmesi söz konusudur. Bu durumda da cevher hazırlama en ön plana çıkmaktadır. Endüstriyel hammaddelerin hazırlanmasında cevher hazırlama ve zenginleştirmeye ilişkin birim işlemlerin birisi veya bunları birçoğunu içeren süreçler kullanılmaktadır (Wills and Munn, 2006). Bu birim işlemler;

- Boyut küçültme, sınıflandırma
- Yıkama, dağıtma, filtrasyon
- Santrifüz,
- Manyetik ayırma,
- Flotasyon,
- Ağır ortam
- Optik ayırma
- Elektrostatik ayırma ya da bunların kombinasyonlarını içeren ayırma yöntemleri gerektirmektedir.

Alçıtaşı örneğinde olduğu gibi bazen yalnızca kırma ve eleme yeterli olurken, kalsinasyon ve/veya liç uygulamalarına kadar detaylı birim işlemleri içeren süreçler endüstriyel hammaddelerin nitelikleri gereği diğer cevher hazırlamaya tabi tutulan minerallere uygulanan süreçlerden farklılık göstermektedir.

4.1. Kırma, Öğütme Sınıflandırma

Endüstriyel hammaddelerin boyut küçültme işlemlerinde diğer cevherlerin boyut küçültmesinde kullanılan ekipmanlar kullanılmakla birlikte, ekipmanlardan kaynaklanabilecek kontaminasyonların önlenebilmesi için seramik veya kauçuk astar kullanımı, öğütücü ortam olarak sileks ya da seramik bazlı bilyeler kullanımı gerekmektedir (Şekil 3). Oysaki birçok metalik mineralde bu gereksinim söz konusu değildir.

Şekil 3. Endüstriye Hammadde Öğütmede Kullanılan Öğütücü Ortam (Sileks, alumina bilya)

Dolgu malzemesi olarak kullanılan endüstriyel hammaddelerin en önemli özelliklerinden biriside çok ince boylara öğütülmüş olmalarıdır (Orumwense ve Forssberg, 1992). Özellikle valsli ve öğütücü ortamla öğütme yapan ekipmanların erişebilecekleri öğütme incelikleri nihai ürünün pazarlanmasında en önemli kısıtlayıcı parametrelerden birisidir. Ayrıca bu ekipmanlarda her ne kadar özel

öğütme ortamları kullanılsa dahi, kontaminasyon sorun yaratabilmektedir. Bu nedenle bu alana hitap eden endüstriyel hammaddelerin öğütülmesinde jetmill önemli bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır (Koeninger vd., 2019; Omura vd., 2007). Genel olarak tanelerin yüksek hızlarda birbirlerine çarpması ile öğütmenin gerçekleştiği bu ekipmalarda bu sayede malzemeyi daha ince boylara indirme imkânı elde edilirken, kontaminasyonun da minimum düzeyde kalması mümkün olmaktadır. Bu tür ekipmanlarda üretilen ürün 3 mikronun altında olmakta ve çok dar tane boyu dağılımlı ürün elde edilebilmektedir. Bu da pazarda en çok istenilen özelliklerden birisidir. Diğer taraftan mika gibi tabakalı malzemelerin öğütülmesinde de son derece etkili olmaktadırlar (Barabaszová ve Valášková, 2013). Pazarın bu özel talebi endüstriyel hammaddelerin konvansiyonel öğütme sistemlerinde değil, bu tür sistemlerde öğütülmesi gereksinimini ortaya çıkartmaktadır.

4.2. Yıkama, Dağıtma, Çöktürme

Endüstriyel hammaddeler çoğunlukla içerdikleri kil minerallerinin etkili bir şekilde dağıtılması ve daha sonra bu minerallerin birbirinden veya diğer minerallerden ayrılması işlemlerini gerektirmektedir. Kil içeren endüstriyel hammaddeler ise içerdikleri kil mineralleri ile birlikte bulunan diğer silikat minerallerinden olumsuz etkilenmektedirler. Dolayısı ile bu minerallerin ayrılması, örneğin endüstriyel hammadde olarak feldispat üretiliyorsa içindeki kil minerallerinin ayrılarak uzaklaştırılmasını; eğer endüstriyel hammadde kil minerallerinden oluşan bir ürün olacak ise de silikatların ayrılarak uzaklaştırılmasını gerektirir. Bu aşamada cevher hazırlamanın önemli birim işlemlerinden birisi olan yıkama, dağıtma ve çöktürme işlemleri devreye girmektedir. Bu işlem hammaddenin su içinde dağıtılması ve ayrılmasına dayanmaktadır (Johnston, 2018). Bu aşamada en önemli nokta kil minerallerinin dağıtılmasını sağlamaktır. Suyun kil mineralleri ile etkileşimi, malzeme bilimi ve

mühendisliğinden madencilik ve jeoteknik mühendisliğine kadar uzanan çok çeşitli disiplinlerde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yüklü veya nötr kil minerallerinin yüzeylerindeki bu etkileşimler, hidrojen bağları, iyon-dipol etkileşimleri, dipol-dipol etkileşimleri ve van der Waals etkileşimleridir. Endüstriyel hammaddeler açısından bakıldığında cevher hazırlamanın en can alıcı noktalarından birisi bu noktadır. Dağıtma işlemi birçok tesiste öğütme işlemi kadar önem taşımaktadır. Hammaddenin kil içeriği, kilin hangi katı yoğunluğunda ve hangi sürede dağıldığı gibi konular bu alandaki iddialı araştırma konularını oluşturmaktadır. Örneğin bor minerallerinin içerdiği kilin dağıtılması için cevherin uzun süre ıslatma havuzlarında bekletilmesi gerekmektedir (Şahbaz vd., 2017). Ya da kaolin içeren bir hammaddenin pazara arz edilebilecek özelliklere getirilmesi amacıyla yüksek enerji gerektiren bir seri açıcı kullanarak dağıtılması gerekmektedir (Andreola, 2007). Metalik cevherlerde çoğunlukla karşılaşılmayan bu açıcıların tasarımı ve işletme koşullarının belirlenmesi, üretim veriminin en önemli aşamalarından birini oluşturabilmektedir.

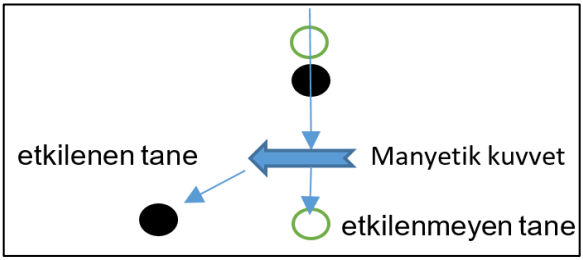
Genel olarak yıkama, dağıtma ve çöktürme işlemler sulu ortamlarda gerçekleşmektedir. Endüstriyel hammaddelerin çok ince boylarda istenmesi ve birden çok mineral içermesi gibi nedenlerle hazırlama süreçleri çok karmaşık olabilmektedir. Bu durumda kil minerallerinin diğerlerinden ayrılması ve ayrıldıktan sonra kullanılan suyun uzaklaştırılması, çok ince boylarda çalışıldığından metalik madenlere göre farklı dinamikler taşımaktadır. Malzemenin sulu ortamlardaki davranımı, flokülant ve koagülantlar ile etkileşimi ve kimyasalların seçimi endüstriyel hammaddeler için farklılık gösterebilmektedir. Çalışmalarda boron minerallerinin (kolemanit, uleksit, vb.) flotasyonunda % 1 oranında bile kil ilavesinin, bor verimini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür (Çelik vd., 2002). Bir kaç mikron boyutuna sahip tanelerden oluşan kil minerallerinin

ayrılması için kullanılacak siklonların boyutları ve tasarımları dahi metalik madenlerde kullanılanlara göre farklılıklar taşımaktadır (Mognon vd., 2015). İnce boylarda daha küçük çaplı siklonların gerekliliği, bunların siklonların seçilmesi, ayrım için gerekli siklon sayısının belirlenmesi ve çok küçük çaplı olmaları nedeniyle istenen kapasitelerde çalıştırılmaları, metalik cevherlere kıyasla önemli zorluklar içermektedir (Gupta ve Yan, 2006). Ayrıca gerekli hacimsel akışı işleyebilecek, yüksek performansla ayrım yapabilecek çok sayıda küçük çaplı siklon bataryaları kullanılmalıdır. Konvansiyonel devrelerde görece kolay işletim, düşük yatırım gibi nedenlerle daha büyük çaplı siklonlar kullanılabilmekte, bu da ayrım performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ek olarak, metalik cevherlere göre daha detaylı filtre ve kurutma işlemleri birçok durumda kaçınılmaz olarak gerekmektedir.

4.3. Manyetik Ayırma

Endüstriyel hammadde hazırlamada en önemli birim işlemlerden birisi de manyetik ayırmadır. Özellikle feldispat cevheri zenginleştirme uygulamalarında manyetik ayırma nihai üründe istenen kaliteyi yakalamak için kritik rol oynayabilmektedir (Silva vd., 2019). Özellikle demir içeren mineral ve cevherlerde, mineralin manyetik alınganlığına bağlı olarak oldukça kompleks ve verimli manyetik ayırma akım şemaları oluşturabilmek mümkün olmaktadır. Örneğin nispeten yüksek manyetik alınganlığa sahip hematit ve manyetit cevherleri 30 mm'leri bulan oldukça iri tane boylarında kuru manyetik ayırma ile zenginleştirilebilirken, mikrodalga ve yüksek gradiyent manyetizma ile kömür içerisindeki piritin (FeS_2) ayrımına yönelik çalışmalar da dikkat çekmektedir (Zhang vd., 2018).

Manyetik ayırma ekipmanları genel olarak **Şekil 4**'de verilen prensibe göre ayrım yapmaktadırlar.



Şekil 4. Manyetik Ayırıcıların Ayrım Prensibi

Şekilde de görüldüğü gibi yerçekimi ile hareket halinde olan taneler bir manyetik alan içine girdiklerinde, manyetik alandan etkilenen tanelerin hareket yörüngeleri veya hareketleri değişmektedir (Wills ve Finch, 2016). Bu olayı etkileyen temel kuvvet, manyetik kuvvettir. Manyetik kuvvet aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$F_m = \mu_0 V_p M_p grad H_p$$

$$M_p = \chi_p H_p$$

Mp: Tanenin Magnetizasyonu

χ_p: Tanenin manyetik alınganlığı

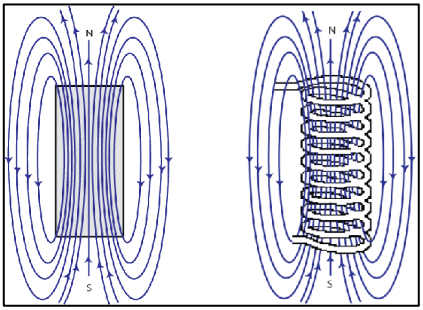
μ_0: Manyetik geçirgenlik

H_p:Manyetik alan şiddeti

V_p:tanenin Hacmi

Manyetik ayırma ile ayrım bu kuvvete dayandığından, bu kuvvetin büyüklüğü ayrımın etkinliğini doğrudan kontrol etmektedir. Eşitlikten de görüldüğü gibi manyetik kuvveti etkileyen iki önemli parametreden birisi tanenin hacmi, yani büyüklüğüdür. Bu endüstriyel hammaddeler bazında düşündüğümüzde bir kaç mikron gibi çok küçük taneleri ilgilendirmektedir. Diğeri ise **Şekil 5**'de şematize

edilmiş olan, gradHp olarak verilen manyetik alan kuvvet çizgilerinin sıklığıdır. Bu durum hem mıknatısın ürettiği manyetik alan şiddetine, hem de manyetik alanı oluşturan mıknatısların kutuplarının inceliğine (yüzey alanı) bağlıdır. Sabit mıknatıslarda mıknatıs tarafından üretilen alan şiddeti mıknatısın kütlesi ile de ilişkili olup, bunu basitçe "*daha büyük mıknatıs daha güçlü mıknatıstır"* diye yorumlamak mümkündür (Schmitt, 2002). Mıknatıs büyüdüğünde ise kutup yüzey alanı genişlediğinden *gradH* küçülmektedir. Buna yönelik çözüm arayışları sürekli daha güçlü mıknatısların üretilmesine yol açmıştır. Özellikle sabit mıknatıslarda yeni geliştirilen malzemeler ile sabit mıknatısların gücü de artmıştır. Manyetik alan şiddeti bir kaç bin gauss'tan günümüzün modern mıknatısları olan Neodmiyum-Demir-Bor bileşimli malzemelerle 2 Tesla'nın üzerine çıkmıştır (Tunsu, 2018).

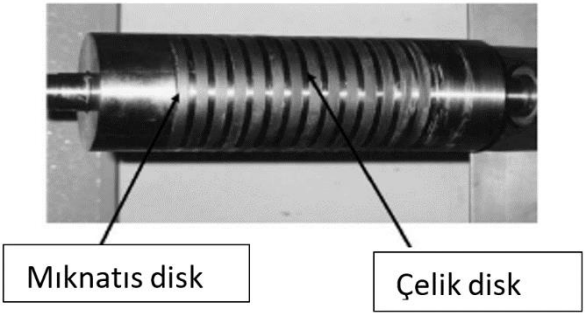


Şekil 5. Manyetik Alan Kuvvet Çizgileri

Güçlü mıknatıslardan oluşmuş sabit mıknatıslı ve rulo tipi manyetik ayırıcılar (Şekil 6) endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Şekil 6. Sabit mıknatıslı, rulo tipi manyetik ayırıcı

Şekil 6'daki manyetik ruloyu oluşturan disk şeklindeki mıknatıslar mümkün olduğunca ince yapılarak gradH'ın artırılmasına dikkat edilir (Şekil 7). Fakat, bu şekilde kütlesi küçülen mıknatısın gücü de azaldığından daha güçlü ve kalıcı mıknatıslanmaya ulaşan malzemelerin devreye girmesi gerekmiştir. Bu nedenle, bu ekipmanların geliştirilmesi görece yakın geçmişte üretilmeye başlanmış olan neodmiyum-demir-bor bileşimli mıknatıslar sayesinde olmuştur.



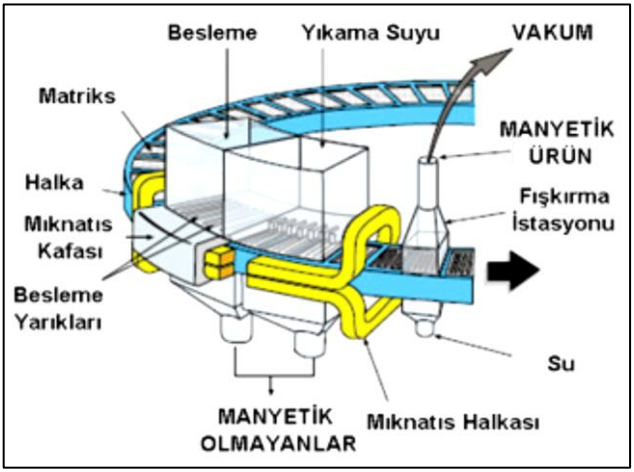
Şekil 7. Sabit mıknatıslı, rulo tipi manyetik ayırıcılarda manyetik rulo mıknatıs dizilimi

Güçlü ince mıknatıslar hem alan şiddeti hem de alan gradyanının büyük olmasını ve toplamda tane üzerine etkiyen çekim kuvvetinin yüksek olmasını mümkün kılmaktadır. Buda daha ince tanelerin ayrılmasına olanak vermektedir.

Elektromıknatıslarda ise manyetik alan şiddeti temelde manyetik alanı oluşturan elektrik akımının geçtiği bobin sarım sayısı ve bu bobinden geçen akım şiddeti ile orantılıdır (Schmitt, 2002). Buradaki kısıtlayıcı etken ise elektrik akımının geçtiği iletkenin direncidir. Üzerinden geçen akım şiddeti arttıkça aşırı ısınma söz konusu olur. Dolayısı ile elektromıknatıslarla da üretilebilecek alan şiddetinin bir sınırı vardır. Bu sınır süper iletkenler kullanılarak önemli ölçüde aşılmış ve böylece manyetik alan şiddeti 10 Tesla'nın üzerinde olan ekipmanlar yapılabilmiştir (Egorov vd., 2018). Fakat bunların işletilmesi son derece masraflı ve zordur. Bu nedenle cevher hazırlamada sınırlı bir kullanım alanı bulabilmişlerdir.

Endüstriyel hammaddelerle, özellikle kil gibi çok ince taneli malzemelerle uğraşılıyor ise, taneleri birbirinden ayırabilecek, yerçekimi ve taşıyıcı ortam olan suyun akış gücünden istenilen taneleri kurtarabilecek güçte bir manyetik çekim kuvvetine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hem mıknatısın gücünün (elektro mıknatıslar ile, süper iletken teknolojisi hariç birkaç Teslaya ulaşılabilmekte), hem de *gradH*'ın çok yüksek olması ile sağlanabilmektedir. Burada devreye matrix tipi manyetik ayırıcılar girmektedir. Bu ekipmanlardaki temel prensip, elektromıknatısla ulaşılabilen maksimum manyetik alan şiddetine ulaşmak, bu şekilde oluşturulan manyetik alan içine konulan küçük demir parçalarını da aynı büyüklükte bir güce sahip küçük mıknatıslar haline getirmektir. Böylece aynı güce sahip her küçük demir parçası, küçük yüzey alanları sayesinde daha sıkı manyetik alan gradyanı oluşturmaktır. Çalışmalarda matrix yapıda olmayan manyetik ayırıcılarda manyetik alan gradyanı <200 T/m değerlerinde iken, çelik bilyalar kullanıldığında bu değerin 1000 T/m değerlerine

yükseldiği görülmektedir (Svoboda, 2004). Bu da tanenin üzerine etki eden manyetik kuvveti artırmakta ve böylece çok küçük taneler dahi oluşan bu etkili manyetik kuvvet sayesinde ayrılabilmektedir. Şekil 8'de şematik olarak verilen bu ayırıcılarda manyetik alan içinde bulunan matriks arasından geçen endüstriyel mineral taneleri arasından manyetik olanlar matrikse yapışmakta, manyetik alınganlığı olmayan taneler ise matrikse yapışmadığından akışlarına devam etmektedirler. Önemli olan nokta; bu ayırıcılarda tanelerin matrikse yapışıp kalması olup, diğer ayırıcılardaki gibi farklı tanelerin hareket yörüngelerinde bir değişim söz konusu olmamasıdır.



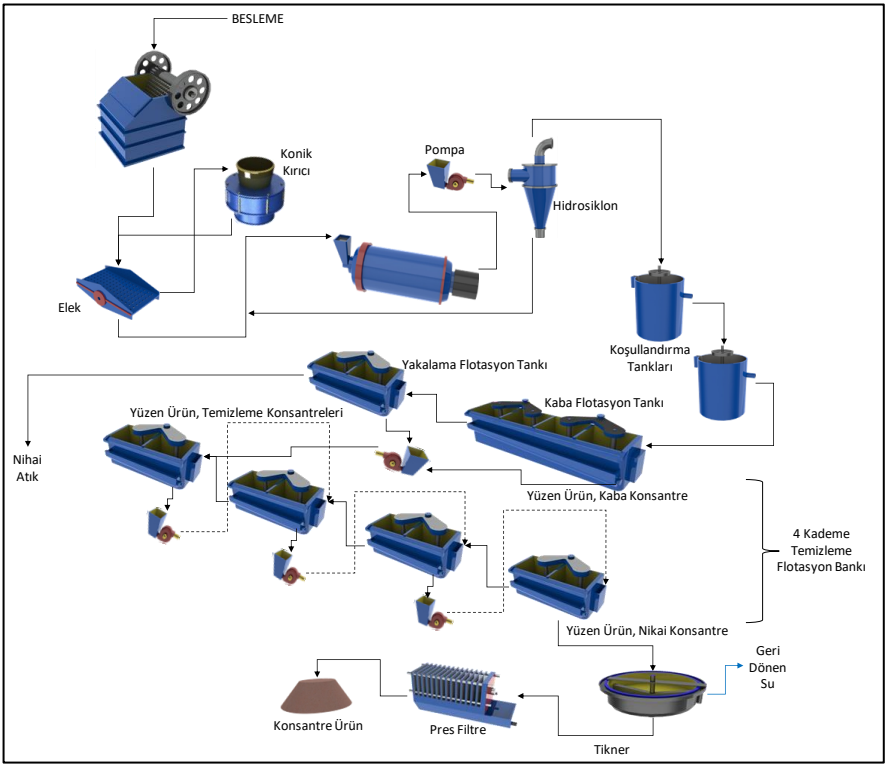
Şekil 8. Metso Carousel ayırıcısının çalışma prensibi (Metso Mineral, 2009).

Bu durumda bazı ayırıcılarda olduğu gibi matriksin akış içinde yıkanmaya çalışılması nihai ürünün kirlenmesine neden olabilir. Bu nedenle matriks tipi ayırıcıların Şekil 8'de verildiği gibi yakalama zonu ile yıkama zonu birbirinden farklı yerlerde olmalıdır. Eğer demir cevherlerinde olduğu gibi nihai ürün mıknatıslarla yakalanan kısım olursa, yıkama işlemi yakalama işleminin olduğu yerde yapılabilir. Cevher hazırlamacı gözüyle bakıldığında, özellikle endüstriyel

hammaddelerin atık olan kısmı mıknatıslarla tutulan kısım olduğundan, bu tür ayırıcı seçimlerinde bu noktaya dikkat edilmesi gerekmektedir.

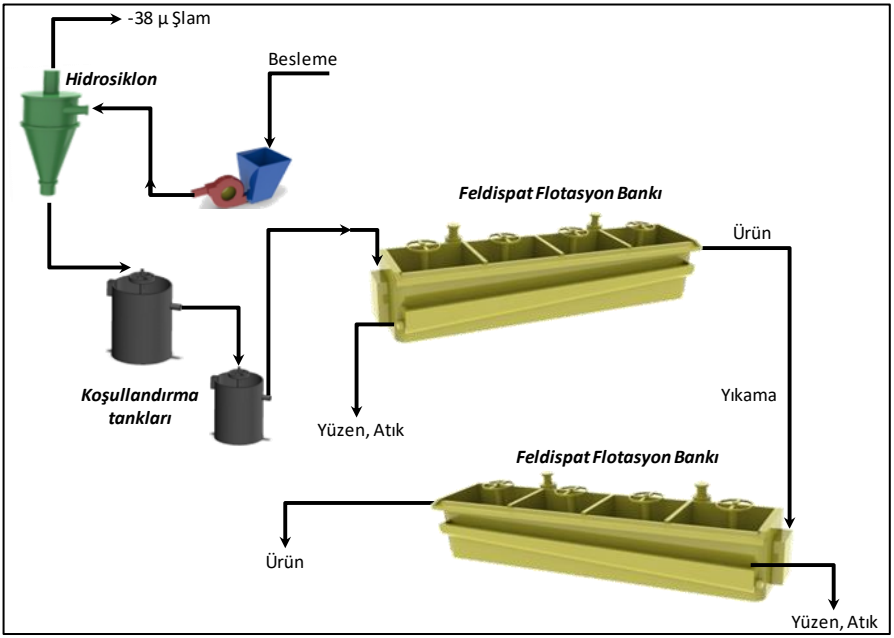
4.4. Flotasyon

Flotasyon, cevher hazırlamanın en önemli birim işlemlerinden birisidir. Yoğun olarak kullanıldığı metalik minerallerin zenginleştirilmesinin yanında, yukarıdaki bölümlerde de ele alındığı gibi, flotasyon yöntemi endüstriyel hammaddeler için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat endüstriyel hammaddeleri oluşturan minerallerin ayrılması amacıyla uygulanan yöntemlerde bazı farklıklar söz konusudur. Metalik minerallerde flotasyon konsantresi besleme cevherinin küçük bir kısmını oluşturmakta ve cevherin ağırlıkça büyük kısmını batan ürünü oluşturmaktadır. Metalik minerallerde alınan konsantre birkaç kez temizleme flotasyonuna tabi tutulmakta ve hatta gerek görüldüğü taktirde konsantre tekrar öğütülmek koşuluyla ilave serbestleşme sonucunda yeniden temizlenebilmektedir (Şekil 9). Bu tür minerallerde atıktaki kaçakların önlenmesi amacıyla konsantrenin temizleme aşamasından önce atığa giden kısım içinden ikinci bir yakalama devresi ile daha düşük yüzme hızına sahip değerli minerallerin kazanılması mümkün olmaktadır. Çoğunlukla köpüklü yüzdürme ile cevher içindeki istenmeyen impüritelerin ayrıldığı endüstriyel hammadde flotasyonunda ise batan kısım nihai ürünü oluşturmaktadır. Bu nedenle endüstriyel hammaddelerin flotasyonunda elde edilen yüzen ürünün temizlenmesi değil batan ürün içindeki impürite olarak tanımlanan minerallerin mümkün olduğunca yüksek verimle yüzdürülmesi hedeflenmektedir (Şekil 10).



Şekil 9. Kaba, Yakalama ve Temizleme Aşamaları içeren Flotasyon devresi

Şekil 9 ve 10 karşılaştırıldığında, özel durumlar haricinde endüstriyel hammaddelerin flotasyonunda görece daha basit devre tasarımları uygulandığını söylemek mümkündür. Bu sebeple endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesinde flotasyon bankı ve devresi tasarımı daha kolay olmaktadır. Çoğunlukla devre tasarımı için laboratuvar testleri gerçekleştirildikten sonra gerekli hacimsel akışı işleyebilecek bank hacmi hesaplaması, temel tasarım aşamasını oluşturmaktadır (Gupta ve Yan, 2006). Burada banklarda geçişli hücreler kullanılabildiği gibi yüksek hacimleri işlemek amacıyla flotasyon tank hücrelerinin de kullanılması mümkündür.



Şekil 10. Endüstriyel hammaddeler için kullanılan basit bir flotasyon devresi

Bu tür cevherlerin zenginleştirilmesinde diğer bir uzmanlık gerektiren konu ise endüstriyel hammaddenin içerdiği birden çok farklı özelliklere sahip mineralin cevherden uzaklaştırılma zorunluluğunun olduğu durumlardır. Bu durumda cevher hazırlamacı için zorluk; her bir mineralin değerli endüstriyel minerallerden ayrılması amacıyla tamamen farklı koşullarda çalışılan ve birbirlerinin çalıştığı kimyasal koşullarda ters tepkiler veren flotasyon kimyasalları ile çalışma zorunluluğunun olmasıdır. Bu şekilde bir flotasyon işlemi gerektiren endüstriyel hammaddenin zenginleştirilerek piyasa koşullarına uygun ürün haline dönüştürülebilmesi amacıyla, birbirini takip eden flotasyon bankları kullanılmalıdır. Bu durumda, her bir aşamanın birbirine geçişinde bir önceki aşamada kullanılmış olan kimyasalların yıkanarak sistemden uzaklaştırılması zorunludur. Bu durum bazı uygulamalarda birden çok minerale aynı anda etki eden

kimyasallar kullanılarak çözülmeye çalışılmaktadır. Bunların dışında endüstriyel hammaddelerin içinden impüritelerin uzaklaştırılması amacıyla flotasyon öncesinde veya sonrasında manyetik ayırma uygulanarak birden çok flotasyon adımı olmadan çözüm sağlama yoluna gidilmektedir. Örneğin endüstriyel hammaddelerin içinde bulunan mika minerallerinin tabakalı yapıları nedeniyle yüzme performansları düşük olmaktadır (Bulatovic, 2015a). Bu gibi sorunlar da mikanın manyetik özelliği sayesinde flotasyon devresinde manyetik ayırma kullanılarak çözülmektedir (Bulatovic, 2015b). Alınganlığı düşük ve görece ince boyda olan mika tanelerinin manyetik ayırma işlemlerinin başarılı olması da anca bir önceki bölümde belirtildiği şekilde güçlü bir manyetik kuvvet oluşturma imkânı sağlayan manyetik ayırıcılarla olabilmektedir.

Endüstriyel hammaddelerin flotasyonunda bazı minerallerin birbirinden ayrılarak ayrı ürünler haline getirilmesi de mümkündür. Örneğin bir feldispat cevherinden istenmeyen impüriteler ayrıldıktan sonra albit, ortokloz ve kuvars ayrı ürünler olarak flotasyonla ayrılabilmektedir (Gülsoy vd., 2005).

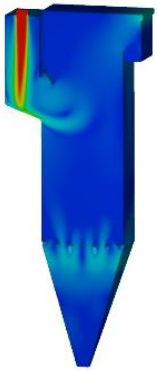
4.5. Ağır Ortam, Kabaran Yataklı Ayırıcı

Cevher hazırlamada yerçekimi ile ayırma yöntemleri, galena (SG. 7.5) gibi sülfürlü ağır metallerden kömüre (SG. 1.3) kadar oldukça çeşitlilik arz eden malzemelerde uygulanabilmektedir. Bu uygulamalar bazı durumlarda 50 mikronun altında tane boylarında gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler halen yaygın olarak kullanılmakla beraber, geçtiğimiz 50 yıl içerisinde flotasyon yöntemindeki gelişmelerle birlikte kompleks cevherlerin zenginleştirilmesinde ikinci plana gerilemişlerdir. Bununla birlikte, demir, krom, kömür, kalay ve tungsten gibi malzemelerden nihai konsantre eldesinde ve birçok endüstriyel mineralin işlenmesinde

halen başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar (Wills and Munn, 2006; Burt, 1999; Turner, 1991).

Ağır ortam ile zenginleştirme yöntemlerinde taneler yoğunluklarına göre ayrıldığı için, ayrım yöntemleri arasında performansı en yüksek olan sistemlerdir. Fakat, ağır ortam olarak kullanılan ince öğütülmüş manyetit veya ferrosilikonun su içinde süspansiyon halinde tutulması, geri kazanılması ve çok dinamik bir sistem olan ağır ortam ayırıcılarının işletimindeki zorluklar nedeniyle kömür dışındaki kullanımı ülkemizde yaygın olamamıştır. Diğer taraftan, özellikle ferrosilikonun yüksek yoğunluklara çıkabilme, ortam stabilitesi ve ortam viskozitesinde getirdiği avantajlar sebebiyle bu konuda yeni çalışmalar ve bulgulara literatürde rastlamak mümkündür (Shi, 2016). Ülkemizde de bir dönem manyezit zenginleştirmede kullanılmış olan yöntem işletme zorlukları nedeniyle terkedilmiştir. Sıkı kontrol sistemleri ve gelişen teknolojiye bağlı olarak bu yöntemin faklı endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesinde etkili olarak kullanımı söz konusudur.

Bir diğer yer çekimi ile ayırma yöntemi ise “Kabaran yataklı ayırıcılar (Teetered bed separators)”dır. Ağır ortamdan farklı olarak bir tür çökelme konisi olan kabaran yataklı ayırıcılar, temelde çöken tanelerin çökelme yönüne ters bir su akışının etkisiyle farklı yönlere taşınması prensibiyle çalışmaktadırlar (Şekil 11). Bu ayırıcılar elektronik atıkların zenginleştirilmesinden; kömür, krom, manganez gibi malzemelere ilişkin cevher hazırlama uygulamalarına kadar pek çok alanda kullanılmaktadırlar (Bu vd., 2017; Tripathy vd., 2013; Kapure vd., 2007).



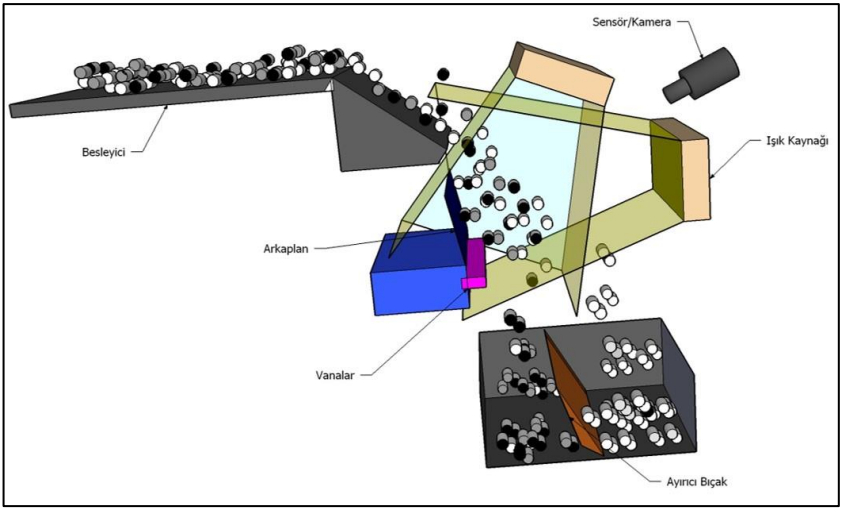
Şekil 11. Kabaran Yataklı Ayırıcı Şematik Görünümü ve Akış Hızı Dağılımı

Kabaran yataklı ayırıcılarda besleme ağzından sisteme beslenen ince öğütülmüş taneler, sisteme alttan verilen su akışı ile iki gruba ayrılmaktadırlar. Özellikle mika gibi tabakalı tanelerin yoğunluklarından çok tabakalı yapıları görece düşük çökelme hızlarına sebep olmaktadır. Bu sayede mika mineralleri yukarı yöndeki akışa kapılarak sistemi üst akıştan terk ederler. Bu da flotasyonla ayrılmasında güçlük yaşanan tabakalı minerallerin (mika mineralleri) flotasyon sonrasında ayrılmasını sağlayarak işlenen endüstriyel hammaddeye nihai bir temizlenme imkânı sunmaktadır. Kabaran yataklı ayırıcıların çok ince tane boylarında uygulandığı pek çok örnek mevcuttur (Tripathy vd., 2013; Kumar vd., 2013). Bu sayede kil sorunu olan endüstriyel hammaddelerin içinden çok ince boylardaki kil tanelerinin de ayrılması mümkün olmaktadır. Bu durumda bu tür bir ekipmanın endüstriyel hammadde hazırlama tesislerinde kullanılması, sınıflama dışında zenginleştirme gibi bir avantaj da sağlamaktadır.

4.6. Sensör Temelli Ayırma (Optik Ayırma)

Geçmişi 1960'lı yıllara dayanan sensör temelli ayırıcılar gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde bir çok sektörde yaygın olarak

kullanılmaktadır (Şekil 12). Temelde mineraller arasında görünen ve kızılötesi aralıklarda görüntü farkına dayalı bir ayrım sağlayan yöntem, endüstriyel hammaddelerde görünüm ve renk gibi sorun yaratan minerallerin ayrılması amacıyla kullanılabilmektedir (Gülcan ve Gülsoy, 2017; Wotruba, 2006; Richards, 2001; Schapper, 1976). Görece iri tane boylarında (>5 mm) çalışan ekipman örneğin kuvars içindeki yüzeysel boyamalardan kaynaklanan kahverengi, sarımsı tanelerin başarıyla ayrılmasında, kalsit tanelerinin içinde renkli ve koyu görünümlü tanelerin ayrılmasında, bor minerallerinin diğer içeriklerden ayrılmasında, baritin diğer yan taşlardan ayrılmasında son derece başarılı olarak kullanılmaktadır. Özellikle kuvars kalsit, barit gibi endüstriyel hammaddelerde görünüm ve beyazlık son derece önemlidir. Bu nedenle bu hammaddelerin içinden beyazlığı bozan tanelerin bu tanelerin ayrılmasında son derece başarılı bir ayırma yöntemi olarak tercih edilmektedir (Şekil 13).



Şekil 12. Serbest Düşme Tipi Tasarıma Sahip Bir Optik Ayırıcı

Şekil 13. Optik Ayırıcıda Ayrılmış Bazı Mineraller ve Kömür

Bu yöntemde özellikle ayrılan ürünlerin kimyasal bileşimlerinden çok görünümleri ve renkleri ön plana çıkmaktadır. Tabi ki kimyasal bileşim son derece önemli olmakla birlikte, buradaki örneklerde olduğu gibi pek çok endüstriyel mineralde ürünün rengi önemli bir ayrım parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu özelliği itibarıyla da optik ayırma diğer zenginleştirme işlemlerine göre farklılık taşımaktadır. Özellikle Şekil 13'de görülen kuvars ve kalsit hem üründe hem de atıkta görünümleri dışında neredeyse birbirinin aynı fiziksel özelliklere sahiptir. Bu da ayrılmalarını, özellikle iri boyutlarda diğer zenginleştirme yöntemleriyle ayrılmalarını imkânsız hale getirmektedir. Optik ayırma bu işi oldukça yüksek performansla sağlayabilen tek yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer bir ifade ile optik ayırma endüstriyel hammaddeler için bazı durumlarda tek seçenek olarak kalmaktadır.

5. SONUÇ

Endüstriyel hammaddelerin sınıflandırılması, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştirilmesi ve bu özellikleri sayesinde farklı endüstrilerde kullanıma uygun malzemeler haline getirilmesi, sanayi devriminin madencilik ve cevher hazırlama açısından en önemli işlem hacmine sahip konularından birisidir. Katma değeri oldukça yüksek olan endüstriyel hammaddelerin ülke ekonomisine en yüksek verimle kazandırılması, bir cevher hazırlamacı açısından bu hammaddelerin doğru ve geçerli yöntemlerle zenginleştirilmesine bağlıdır. Bu makale ile sunulan çerçeve kapsamında, endüstriyel minerallerin cevher hazırlama süreçlerinde dikkat edilmesi gereken hususlar maddeler halinde aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Birim işlemlerin her adımında endüstriyel hammaddenin kontaminasyonunu önlemek amacıyla ekipmanlarda gerekli önlemler alınmış olmalıdır.

- Daha ince boylara mümkünse kuru öğütme yapılabilmelidir.

- Metalik minerallerde üretilen konsantrenin belli bir kimyasal içeriğe sahip olması yeterlidir. Fakat endüstriyel hammaddelerde kimyasal bileşimden çok endüstriyel hammaddenin fiziksel özellikleri önem taşımaktadır. Bu özellikleri iyileştirme yönünde hazırlama işlemleri belirlenmeli ve buna göre proses tasarlanmalıdır.

- Endüstriyel hammaddelerde her zaman daha kaliteli bir ürün üretme şansı vardır. Pazar buna yönelik olarak talepte bulunabilir, bazı durumlarda endüstriyel hammadde üretici özel ürün üreterek bunu pazara kabul ettirebilir.

- Bir endüstriyel hammadde kaynağından birden çok ve farklı niteliklerde hammadde üretmek mümkün olabilir. Özellikleri değiştirmek, iyileştirmek önemli değer artışları yanında yeni pazar imkanları oluşturabilir.

- Endüstriyel hammaddelerde atık her zaman metalik madenlerden daha az olmaktadır.

- Farklı özellikler içeren ayırma ekipmanları ve özellikleri bilinmeli ve ona göre devre ekipmanları seçilmelidir.

KAYNAKLAR

Abidi S., Nait-Ali B., Joliff Y., Favotto C., 2015. Impact of perlite, vermiculite and cement on the thermal conductivity of a plaster composite material: Experimental and numerical approaches, Composites Part B: Engineering, Volume 68, Pages 392-400.

Abouzeid, A.Z.A., 2008. Physical and thermal treatment of phosphate ores – an overview. Int. J. Miner. Process. 85, 59–84.

Anderson R. S., Anderson, S. P., 2010. Geomorphology: The Mechanics and Chemistry of Landscapes. Cambridge University Press. p. 187.

Andreola F., Castellini E., Lusvardi G., Menabue L., Romagnoli M., 2007. Release of ions from kaolinite dispersed in deflocculant solutions, Applied Clay Science, Volume 36, Issue 4, Pages 271-278.

Barabaszová K. Č., Valášková M., 2013. Characterization of vermiculite particles after different milling techniques, Powder Technology, Volume 239, Pages 277-283.

Bayraktar İ., Ersayin S., Gülsoy Ö.Y., 1997. Upgrading titanium bearing Na-feldspar by flotation using sulphonates, succinamate and soaps of vegetable oils, Minerals Engineering, Volume 10, Issue 12, Pages 1363-1374.

Birchal V.S.S., Rocha S.D.F., Ciminelli V.S.T., 2000. The effect of magnesite calcination conditions on magnesia hydration, Minerals Engineering, Volume 13, Issues 14–15, Pages 1629-1633.

Bu X., Ni C., Xie G., Peng Y., Ge L., Sha J., 2017. Preliminary study on foreign slime for the gravity separation of coarse coal particles in a teeter bed separator, International Journal of Mineral Processing, Volume 160, Pages 76-80.

Bulatovic S. M., 2015a. Chapter 38 - Beneficiation of Mica-Containing Ore, Editor(s): Srdjan M. Bulatovic, Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice, Elsevier, Pages 173-184.

Bulatovic S. M., 2015b. Chapter 32 - Beneficiation of Feldspar Ore, Editor(s): Srdjan M. Bulatovic, Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice, Elsevier, Pages 107-119.

Burt R., 1999. The role of gravity concentration in modern processing plants, Minerals Engineering, Volume 12, Issue 11.

Cao Q, Cheng J, Wen S, Li C, Bai S, Liu D,.2015. A mixed collector system for phosphate flotation. Miner Eng;78:114–21, http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2015.04.020.

Cao M., Gao Y., Bu H., Qiu X., 2019. Study on the mechanism and application of rutile flotation with benzohydroxamic acid, Minerals Engineering, Volume 134, Pages 275-280.

Caoa Q., Zou H., Chena X., Wena S., 2019. Flotation selectivity of N-hexadecanoylglycine in the fluorapatite–dolomite system. Minerals Engineering 131 (2019) 353–362.

Celik M.S., Hancer M., Miller J.D., 2002. Flotation chemistry of boron minerals. Journal of Colloid and Interface Science, 256 (1), pp. 121-131.

Chen P., Hou P., Zhai J., Sun W., 2019. A novel method for the comprehensive utilization of iron and titanium resources from a refractory ore, Separation and Purification Technology, Volume 226, Pages 1-7.

Christidis G.E., 2011. Industrial minerals: significance and important characteristics, Advances In The Characterization Of Industrial Minerals Book Series: European Mineralogical Union Notes in Mineralogy, Vol. 9.

Ciullo P.A., 1996. Two - The industrial minerals, Editor(s): Peter A. Ciullo, Industrial Minerals and Their Uses, William Andrew Publishing, Pages 17-82.

Conceição S., Santos N.F., Velho J., Ferreira J.M.F., 2005. Properties of paper coated with kaolin: the influence of the rheological modifier Applied Clay Science, 30 , pp. 165-173.

Cui Z., Liu Q., Etsell T.H., 2002. Magnetic properties of ilmenite, hematite and oilsand minerals after roasting. Miner. Eng., 15, pp. 1121-1129.

Demir F., Dönmez B., Okur H., Sevim F., 2003. Calcination Kinetic of Magnesite from Thermogravimetric Data, Chemical Engineering Research and Design, Volume 81, Issue 6, Pages 618-622.

de Oliveira A. G., Jandorno J.C., da Rocha E. B. D., de Sousa A. M. F., da Silva A. L. N., 2019. Evaluation of expanded perlite behavior in PS/Perlite composites, Applied Clay Science, Volume 181, 105223.

de Oliveira P., Mansur H., Mansur A., da Silva G., Peres A.E.C., 2019. Apatite flotation using pataua palm tree oil as collector, Journal of Materials Research and Technology. ISSN 2238-7854, https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.08.005.

Demir, C., Abramov, A.A., Celik, M.S., 2001. Flotation separation of Na-feldspar from Kfeldspar by monovalent salts. Miner. Eng. 14, 733–740.

Egorov S.A., Rodin I. Y., Shatil N. A., Zapretilina E. R., 2018. Chapter 5 - Superconducting Magnet Systems, Editor(s): Vasilij Glukhikh, Oleg Filatov, Boris Kolbasov, In Woodhead Publishing Series in Energy, Fundamentals of Magnetic Thermonuclear Reactor Design, Woodhead Publishing, Pages 117-177.

EU, 2008. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en . Son erişim tarihi: Eylül, 2019.

Faaliyet Raporu 2018, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

Fořt J., Černý R., 2018. Carbon footprint analysis of calcined gypsum production in the Czech Republic, Journal of Cleaner Production, Volume 177, Pages 795-802.

Guo H., Ye F., Li W., Song X., Xie G., 2015. Preparation and characterization of foamed microporous mullite ceramics based on kyanite, Ceramics International, Volume 41, Issue 10, Part B, Pages 14645-14651.

Gambhire A. B., Lande M. K., Rathod S. B., Arbad B. R., Vidhate K. N., Gholap R. S., Patil K. R., 2016. Synthesis and characterization of FeTiO3 ceramics, Arabian Journal of Chemistry, Volume 9, Supplement 1, Pages S429-S432.

Geological Survey of Sweeden (SGU), 2019. https://www.sgu.se/en/mineral-resources/industrial-minerals/

Gupta A., Yan D.S., 2006. Chapter 15 - Gravity Separation. Editor(s): A. Gupta, D.S. Yan. Mineral Processing Design and Operation, Elsevier Science, Pages 494-554.

Gülcan E. , Gülsoy Ö. Y., 2017. Performance evaluation of optical sorting in mineral processing - A case study with quartz, magnesite, hematite, lignite, copper and gold ores. International Journal Of Mineral Processing, cilt.169, ss.129-141.

Gülgönül, I., Celik, M.S., 2018. Understanding the flotation separation of Na and K feldspars in the presence of KCl through ion exchange and ion adsorption. Miner. Eng. 129, 41–46.

Gülsoy Ö.Y., Can N.M., Bayrakta İ., (2005), Production of potassium feldspar concentrate from a low grade pegmatitic ore in Turkey, Tran. Inst. Of Mining and Metall., Sec. C:Mineral Processing and Extractive Metallurgy. Vol.114, Issue 2.

Hartman H.L., 1992 SME Mining Engineering Handbook 2nd Edition Volume 1, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 2260 sayfa.

Harvey C.C. and G. Lagaly,2013. Chapter 4.2 - Industrial Applications, Editor(s): Faïza Bergaya, Gerhard Lagaly, Developments in Clay Science, Elsevier, Volume 5, Pages 451-490.

Herce C., Stendardo S., Cortés C., 2015. Increasing CO2 carrying capacity of dolomite by means of thermal stabilization by triggered calcination, Chemical Engineering Journal, Volume 262, Pages 18-28.

Horri N., Sanz-Pérez E. S., Arencibia A., Sanz R., Frini-Srasra N., Srasra E., 2019. Amine grafting of acid-activated bentonite for carbon dioxide capture. Applied Clay Science, Volume 180, 105195.

Huang Z., Cheng C., L. Li, et al., 2018. Morpholine-based Gemini surfactant: synthesis and its application for reverse froth flotation of carnallite ore in potassium fertilizer production. J. Agric. Food Chem., 66, pp. 13126-13132.

Johnston C. T., 2018. 4 - Clay mineral–water interactions, Editor(s): R. Schoonheydt, C.T. Johnston, F. Bergaya. Developments in Clay Science, Elsevier, Volume 9, Pages 89-124, ISSN 1572-4352.

Kapure G., Kari C., Rao S. M., Rao N.D., 2007. The feasibility of a slip velocity model for predicting the enrichment of chromite in a Floatex density separator, International Journal of Mineral Processing, Volume 82, Issue 2, Pages 86-95.

Koeninger B., Spoetter C., Romeis S., Weber A. P., Wirth K.-E., 2019. Classifier performance during dynamic fine grinding in fluidized bed opposed jet mills, Advanced Powder Technology, Volume 30, Issue 8, Pages 1678-1686.

Kogel J.E., Trivedi N.C., Barker J.M. & Krukowski S.T., eds., 2006. Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses (7 ed.). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. ISBN 9780873352338.

Kucera M., 1984. Industrial Minerals and Rocks, Volume 18, 1st Edition, Elsevier Science.

Kumar C. R., Bhoja S.K., Tripathy S. K., Mohanan S., Venugopalan T., Suresh N., 2013. Classification performance evaluation of floatex density separator for coal fines, Fuel, Volume 108, Pages 303-310.

Kuzvart M., 1984. Industrial minerals and rocks. Elsevier, Amsterdam, 454 pp. Annex 3 .

Kuzvart M.,1984. Industrial Minerals and Rocks in the 21st Century trial Minerals and Rocks in the 21st Century, Definition, classification, occurence, origin and utilization Charles University, Prague

Lehtinen M.J., 2015. Mineral Deposits of Finland, Industrial Minerals and Rocks, Elsevier

Letaief S., Elbokl T.A. ve Detellier C., 2006. Reactivity of ionic liquids with kaolinite: melt intersalation of ethyl pyridinium chloride in an urea-kaolinite pre-intercalate. Journal of Colloid and Interface Science, 302, pp. 254-258.

Li W., Zhou L., Han Y., Zhu Y., Li Y., 2019. Effect of carboxymethyl starch on fine-grained hematite recovery by high-intensity magnetic separation: Experimental investigation and theoretical analysis, Powder Technology, Volume 343, Pages 270-278.

Liu C., Song S., Li H., 2019. Selective flotation of fluorite from barite using trisodium phosphate as a depressant, Minerals Engineering, Volume 134, Pages 390-393.

Maneta V., Baker D. R., 2019. The potential of lithium in alkali feldspars, quartz, and muscovite as a geochemical indicator in the exploration for lithium-rich granitic pegmatites: A case study from the spodumene-rich Moblan pegmatite, Quebec, Canada, Journal of Geochemical Exploration, Volume 205, 106336.

Metso Minerals, (2009) http://www.metso.com.

Mognon J.L., da Silva J.M., Bicalho I.C., Ataíde C.H., Duarte C.R., 2015. Modular mini-hydrocyclone desilter type of 30 mm: an experimental and optimization study. J. Petrol. Sci. Eng., 129, pp. 145-152.

Muhammady S., Kurniawan Y., Rusydi A., Darma Y., 2019. Electronic and magnetic properties of new half-metallic ferromagnetic rutile Ti1–x–yVxNiyO2 (x = y = 6.25%): A first-principles study, Journal of Physics and Chemistry of Solids, Volume 125, Pages 16-22.

Ng C., Alengaram U. J., Wong L. S., Mo K. H., Jumaat M. Z., Ramesh S., 2018. A review on microstructural study and compressive strength of geopolymer mortar, paste and concrete. Construction and Building Materials, Volume 186, Pages 550-576.

O'Driscoll M., 2015. Industrial Minerals Basics, sunum, Mines and Money, London.

Omura N., Hotta Y., Sato K., Kinemuchi Y., Kume S., Watari K., 2007. Wet jet milling of Al2O3 slurries, Journal of the European Ceramic Society, Volume 27, Issues 2–3, Pages 733-737.

Orzechowski K., Słonka T. ve Głowinsk J., 2006. Dielectric properties of intercalated kaolinite Journal of Physics and Chemistry of Solids, 67, pp. 915-919.

Orumwense O.A., Forssberg E., 1992. Superfine and ultrafine grinding—a literature survey. Miner. Process. Extr. Metall. Rev., 11, pp. 107-127.

Pachta V., Papadopoulos F., Stefanidou M., 2019. Development and testing of grouts based on perlite by-products and lime, Construction and Building Materials, Volume 207, Pages 338-344.

Prasad M.N.V. ve Shih K., 2016. Chapter 11 – Chromite. Environmental Materials and Waste, Resource Recovery and Pollution Prevention, Elsevier-London, Pages 245-263.

Richards A., 2001. Exploring the Electromagnetic Spectrum With Imaging Technology (Editors: Austin Richards, Alien Visio), SPIE Press, 160 sayfa,.

Robbins R.J., 2014. Trends in Glass making raw materials in Asia, Industrial Minerals International Concress and Exibition, Vancouver; Kanada, file:///C:/Users/Ozcan/Desktop/EndüstriyeHammadde/Presentation.pdf,16.08.2019.

Sasaki K., Qiu X., Hosomomi Y., Moriyama S., Hirajima T., 2013. Effect of natural dolomite calcination temperature on sorption of borate onto calcined products, Microporous and Mesoporous Materials, Volume 171, Pages 1-8.

Schapper M.A., 1976. Beneficiation at large particel size using photometric sorting techniques, Proceedings of IFAC Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metallurgical Processing, Johannesburg, South Africa.

Schmitt R., 2002.3 - Fundamentals of Magnetic Fields, Editor(s): Ron Schmitt, In EDN Series for Design Engineers, Electromagnetics Explained, Newnes, Pages 51-74.

Shi F., 2016. Determination of ferrosilicon medium rheology and stability, Minerals Engineering, Volume 98, Pages 60-70.

Silva A. C., Carolina S. D., Sousa D. N., Silva E.M.S., 2019. Feldspar production from dimension stone tailings for application in the ceramic industry, Journal of Materials Research and Technology, Volume 8, Issue 1, Pages 1-7.

Silva J. C., Ulsen C., Bergerman M. G., Horta D.G., 2019. Reduction of Fe2O3 content of foyaite by flotation and magnetic separation for ceramics production, Journal of Materials Research and Technology, https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.06.017.

Starikova, L., 1968. Production of feldspar concentrate with a high K2O:Na2O ratio. Proekt. Inst. Rudodubiv Obogat 7 (7), 93–96.

Svoboda J., 2004. Magnetic Techniques for the Treatment of Materials,Kluwer Academic Publishers, Boston, p. 65.

Şahbaz O., Uçar A., Öteyaka B., Taş O. Ö., Özdemir O., 2017. Separation of colemanite from tailings using the pilot scale flotation column, Powder Technology, Volume 309, Pages 31-36.

Teng Q., Feng Y., Li H., 2018. Effects of silicate-bacteria pretreatment on desiliconization of magnesite by reverse flotation, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 544, Pages 60-67.

Tripathy S.K., Mallick M.K., Singh V., Murthy Y. R., 2013. Preliminary studies on teeter bed separator for separation of manganese fines, Powder Technology, Volume 239, Pages 284-289.

Tsunematsu K. ve Tateyama H., 1999. Delamination of urea–kaolinite complex by using intercalation procedures, Journal of the American Ceramic Society, 82 (), pp. 1589-1591.

Tunsu C., 2018. 8 - Hydrometallurgy in the recycling of spent NdFeB permanent magnets, Editor(s): Francesco Vegliò, Ionela Birloaga, In Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, Waste Electrical and Electronic Equipment Recycling, Woodhead Publishing, Pages 175-211.

Turner J.F., 1991. Gravity concentration, past, present and future, Minerals Engineering, Volume 4, Issues 3–4, Pages 213-223.

Wills, B. A. ve Munn T. N.-, 2006. Wills' mineral processing technology, 512. Elsevier Science & Technology Books.

Wills B. A., Finch A., 2016. Chapter 13 - Magnetic and Electrical Separation, Editor(s): Barry A. Wills, James A. Finch, Wills' Mineral Processing Technology (Eighth Edition), Butterworth-Heinemann, 2016, Pages 381-407.

Wotruba, H., 2006. Sensor sorting technology – is the minerals industry missing a chance, XXIII International Mineral Processing Congress Proceedings, Vol.1, Eylül 3-8.

Zhang B., Zhu G., Lv B., Dong L., Yan G., Zhu X., Luo Z., 2018. A novel high-sulfur fine coal clean desulfurization pretreatment : Microwave magnetic

separation, high-gradient effect and magnetic strengthen, Journal of Cleaner Production, Volume 202, Pages 697-709.

Zhang N., Nguyen A. V., Zhou C., 2018. Impact of interfacial Al- and Si-active sites on the electrokinetic properties, surfactant adsorption and floatability of diaspore and kaolinite minerals, Minerals Engineering, Volume 122, Pages 258-266.

Zhang Q., Tao Q., He H., Liu H., Komarneni S., 2017. An efficient SO2-adsorbent from calcination of natural magnesite, Ceramics International, Volume 43, Issue 15, Pages 12557-12562.

Zheng S., 2007. Industrial mineral powder production in China, China Particuology, Volume 5, Issue 6, Pages 376-383.

CEVHER ZENGİNLEŞTİRMEDE SON YILLARDA GELİŞTİRİLMİŞ GRAVİTE YÖNTEMLERİ

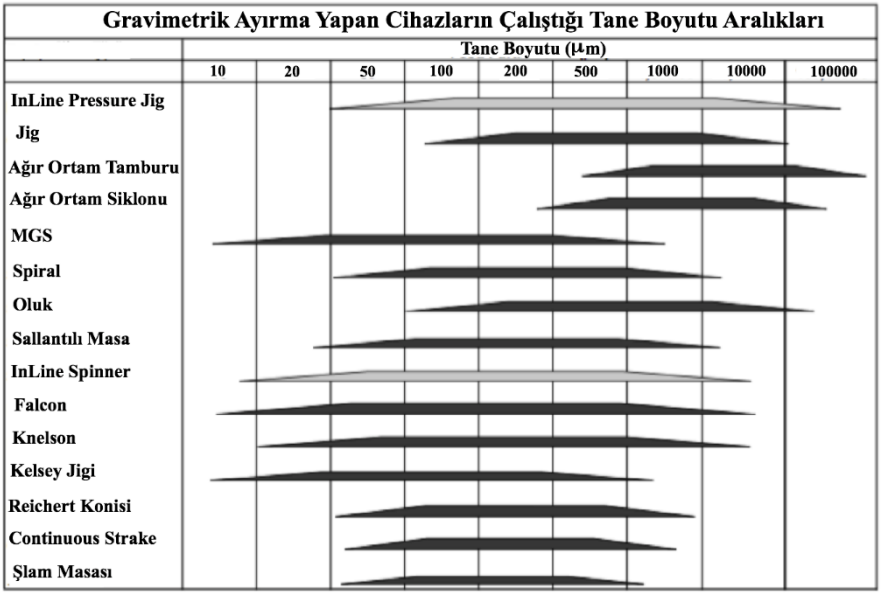
Prof. Dr. Mehmet TANRIVERDİ
Arş. Gör. Ceren UYGUN

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

Mineral tanelerinin aralarındaki özgül ağırlık farklılığının neden olduğu, akışkan ortamlardaki (hava, su, ağır ortam) hareket farklılığına dayanılarak birbirinden ayrılması ile gerçekleştirilen zenginleştirmeye gravimetrik zenginleştirme denir. Gravimetrik zenginleştirme elle ayıklamanın ardından cevher zenginleştirmede kullanılan en eski yöntem olup 2000 yıldan daha uzun süreden beri uygulanmaktadır (Acarkan, N & Önal, G.,). Uygulanışının basit oluşu, yatırım ve işletme giderlerinin diğer birçok yönteme göre düşük oluşu, çevre dostu olması gravimetrik zenginleştirmenin önemini günümüzde daha da arttırmıştır. Özellikle son yıllarda madencilik faaliyetlerinin çevreye verebileceği olumsuzlukların minimize edilmesi anlamında gravimetrik zenginleştirmenin önemi daha da artmıştır. Kömür, kromit, demir, altın, kurşun, sahil kumları, kalay ve benzeri cevher ve minerallerin zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle cevher serbestleşme boyutlarının 100 mikrometre altına düştüğü durumlarda geleneksel gravimetrk

zenginleştirme yöntemleri (jig, sallantılı masa, oluklar, spiraller vb.) yetersiz kaldığı için flotasyon veya kimyasal zenginleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda geliştirilen santrifüj esaslı Knelson, Falcon, MGS (Multi Gravite Separatör), Kelsey Jigi ve InLine Pressure Jig gibi ince tane boyutunda gravimetrik zenginleştirme yapan cihazlar ön zenginleştirme, temizleme ve süpürme devreleri yanında geri dönüşüm amaçlı da kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 1'de tane boyutu aralıklarına göre uygulanan gravimetrik zenginleştirme yöntemleri verilmiştir.



Şekil 1. Özgül ağırlık farkı ile zenginleştirme işlemlerinde tane boyutu aralıkları (Abols, 2005)

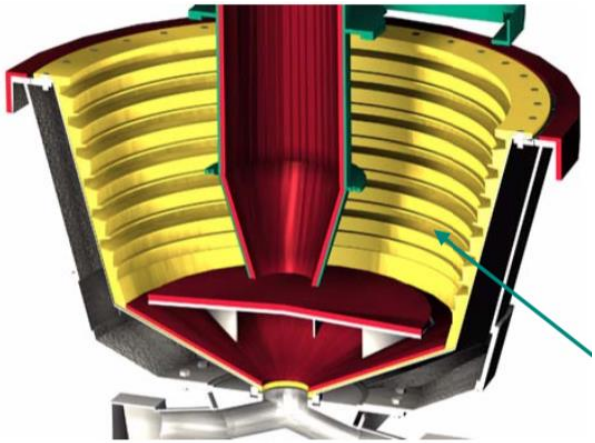
2. Knelson Konsantratörü

Son yıllarda ince ve çok ince boyutlu çeşitli minerallerin zenginleştirilmesinde merkezkaç kuvvetli ayırıcılar kullanılmaktadır. Knelson Konsantratörü, Kanada-Burnaby şirketi, Lee Mar Enstitüsü

tarafından 1978-1986 yılları arasında geliştirilmiş ve Byron Knelson tarafından 1988 yılında Kanada'da patenti alınmıştır. Knelson Konsantratör minerallerin zenginleştirilmesinde yüksek performans sağlamak için akışkan yatak işlemi ve merkezkaç kuvvetlerini kullanan bir separatördür. Günümüzde kesikli ve sürekli tipte çalışan modelleri, çeşitli alanlarda kullanım alanı bulmuştur. Tam otomatik olarak da tasarlanmış konsantratörler bulunmaktadır (Şekil 2).

Şekil 2. Knelson Konsantratörleri

- Knelson konsantratörü santrifüj kuvvetin esas olduğu çanak tipli bir cihaz olup, yüksek hızda dönen oluklu bir konik kısımdan oluşmaktadır (Şekil 3).
- Knelson konsantratörü dönme işlemini gerçekleştiren üniteyle birlikte, yüksek hızda dönen bir yataktan oluşur. Üstten beslenen pülpten santrifüj kuvvetinin etkisiyle ağır taneler konsantre olarak yatağın oluklarına takılır.
- Besleme, standart model Knelson konsantratörün haznesi içine düsey bir tüp vasıtasıyla yapılmaktadır.
- Besleme % 0-70 pülp yoğunluğunda yapılabilir. Konsantratör haznesinin dibinde beslemeyi dağıtacak olan bir pervane mevcuttur. (Knelson ve Jones, 1993).



Şekil 3. Knelson konsantratörünün kesit görüntüsü (Knelson, 2019)

- Knelson konsantratörünün ana operasyon değişkenleri; yıkama suyu miktarı, besleme pülp yoğunluğu ve alıkonma süresidir. Knelson ayırıcısı altın cevherleri için ön zenginleştirici olarak dizayn edilmiştir ve yerçekimi ivmesinin ortalama 60 katı kadar bir santrifüj kuvvet oluşturabilmektedir.
- Haznenin içindeki paralel olukların içindeki küçük deliklerden hazneye su enjekte edilerek malzemenin hem yıkanması hem de haznenin dibinde toplanması sağlanır. Diğer santrifüj ayırıcılarıyla kıyaslandığında, ayırma mekanizması ya da dizayn özellikleri açısından oldukça farklıdır. Jigler ve spiraller gibi gravite ile zenginleştirme yapan araçlara göre daha ince altın taneleri kazanılabilmektedir.

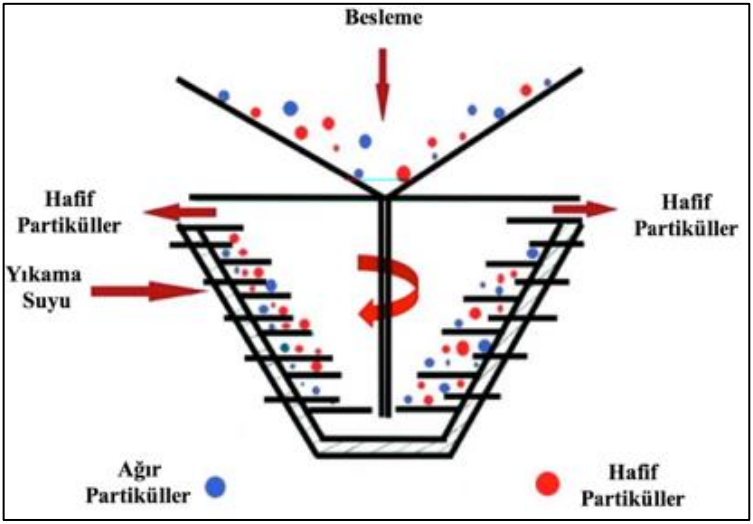
2.1. Uygulama Alanları

Knelson ayırıcısı altın cevherleri için ön zenginleştirici olarak dizayn edilmiştir. Knelson ayırıcıları metalurjik atıklardan, nehir kumlarından ve farklı cevherlerden değerli metallerin kazanımı için endüstride yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca plaser ya da cevherlerdeki serbest altın tanelerinin kazanımında da etkin bir şekilde

kullanılmaktadır (Knelson ve Jones, 1993). Altın, platin, kurşun, gümüş ve bakır gibi metallerin kazanımında uygulama alanı bulmuştur.

2.2. Çalışma Prensibi

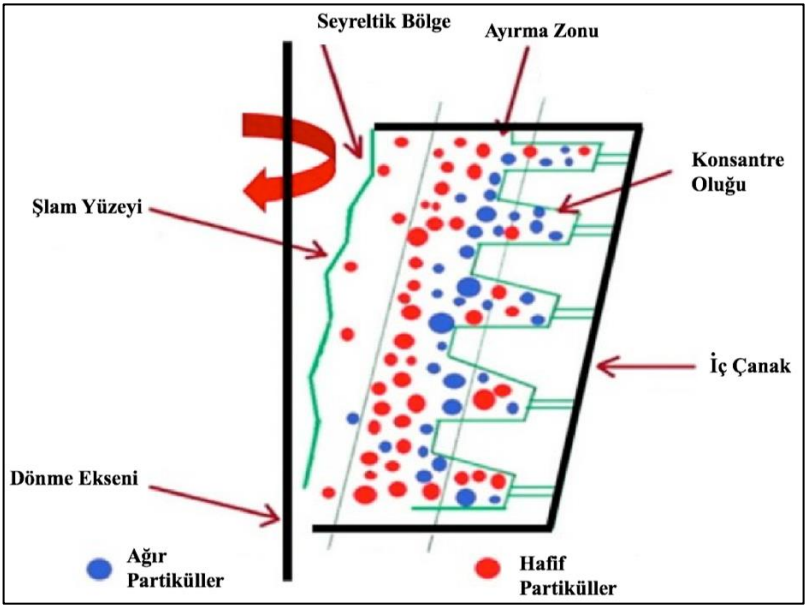
Knelson konsantratörlerde bir santrifüj kuvvet alanı içinde engelli çöküş klasifikasyonu geçerli olmaktadır. İç çeperde yatay oluklar içeren delikli konik kısım 400 devir/dk döndüğünde yerçekimi kuvvetinin 60 katı oranın bir kuvvet uygulamaktadır. Hafif partiküller akan su ile birlikte dışarı taşınırken, ağır olanlar santrifüj kuvvet etkisiyle koninin çeperindeki oluklara yapışmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Knelson çanak haznedeki tanelerin hareketi (Fatahi, 2018)

- Su kanallarından içeriye su beslenir.
- Malzeme merkezdeki besleme tüpünden geçer.
- Malzeme koninin tabanına varınca santrifüj kuvvetin etkisiyle koni duvarlarına yapışır.
- Koni kanalları arasında konsantre yatağı oluşur (Şekil 5).
- Ağır mineraller tutulur.

- Besleme kesildikten sonra su vanası kapatılır ve koni durdurulur.
- Konik kısım çıkartılarak konsantre alınır.



Şekil 5. Çanak haznedeki olukların içindeki tanelerin ayrımı (Fatahi, 2018)

2.3. Knelson Konsantratör Çeşitleri

Knelson ayırıcısı, konsantrenin otomatik ve elle boşaltma esasına göre; kesikli, sürekli ve laboratuvar tip olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Laboratuvar Tipi: Laboratuvar çapta yapılan araştırmalar genelde endüstriyel uygulamaların yolunu açmaktadır. Knelson laboratuvar çap santrifüj separatörler bu alanda oldukça etkili ve doğru projelendirme olanağı sağlamaktadır. 3 farklı model olarak üretilmektedirler (Şekil 6).

Şekil 6. Laboratuvar tip Knelson konsantratörü

Batch Tipi (Kesikli Sistem): Altın, platin, gümüş ve nabit bakırın zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Boşaltma şekline göre manuel boşaltma, merkezi boşaltma (CD) ve değişken boşaltma modelleri olarak sınıflandırılmaktadır.(XD, MD, CD)

Cihaza katı-sıvı karışımı beslenir. Pülp koni dibine ulaştığında santrifüj kuvvet etkisiyle koni duvarına doğru savrulur. Konik çanak içerisine verilen pülp içerisindeki katı taneler oyukları doldurur. Santrifüj kuvvet tersi yönünde oyuklar içerisinden verilen suyun etkisi ile katı taneler oyuklar içerisinde bir akışkan yatak oluşturur. Ağır katı taneler oyuk dibine yerleşirler. Hafif mineraller akışkan yatak dışında kalarak su tarafından sürüklenip cihazı terk ederler. Belirli bir çalışma süresi sonunda cihaza yeni malzeme ilavesi durdurulur ve konik çanak dibinde birikmiş olan ağır taneler cihaz dışına alınırlar.

Cvd (Sürekli Sistem): Pülp koni dibine ulaştığında santrifüj kuvvet etkisi ile koni duvarına doğru savrulur. Konik çanak içerisine verilen pülp içerisindeki katı taneler oyukları doldurur. Santrifüj kuvvet tersi

yönde oyuklar içerisinden verilen suyun etkisi ile katı taneler oyuklar içerisinde bir akışkan yatak oluşturur. Oyuklar içerisine yerleştirilmiş olan valfler kontrollü olarak açılıp kapanarak oyuk diplerine yerleşmiş olan ağır minerallerin koni dışına alınmasını sağlar (Şekil 7). Konik çanağı terk eden ağır mineraller ağır mineral tahliye kanalından cihazı terk ederler. Hafif mineraller akışkan yatak dışında kalarak su tarafından sürüklenip cihazı terk ederler. Sürekli tip (CVD) Knelson ayırıcı modelleri ve özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Şekil 7. Sürekli çalışan Knelson seperatörlerin konik çanakları

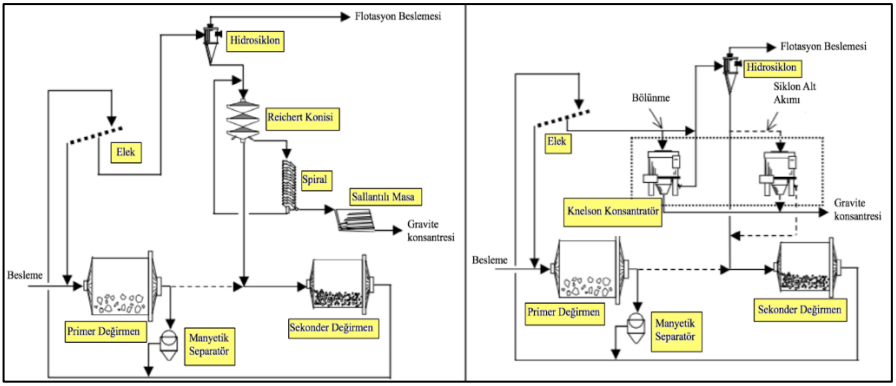
Çizelge 1. Sürekli tip (CVD) Knelson ayırıcı modelleri ve özellikleri (Öney, 2017)

Model	Kapasite(t/s)	Su Miktarı (m^3/s)	Santrifüj Kuvveti (G)	Motor Gücü (HP)
KC-CVD 6	2	0,9-1,8	30-90	1
KC-CVD 20	35	3-9	30-90	15
KC-CVD 32	80	16-34	30-90	40
KC-CVD 42	120	11-23	30-90	40-50
KC-CVD 64	300	9-27	30-90	100-200

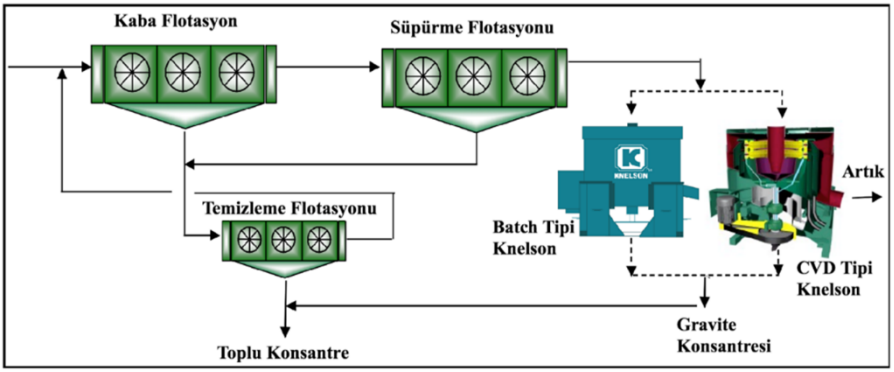
- Tantalit, kasiterit, ilmenit/rutilin kazanımı,
- Endüstriyel hammaddelerden demirin uzaklaştırılması,
- Kromitin zenginleştirilmesi,

- Liç ve flotasyon artıklarından sülfürlü altın minerallerinin kazanımı,
- Ağır minerallerin ön zenginleştirilmesinde ve şlamdan ayrılmasında kullanılmaktadır.

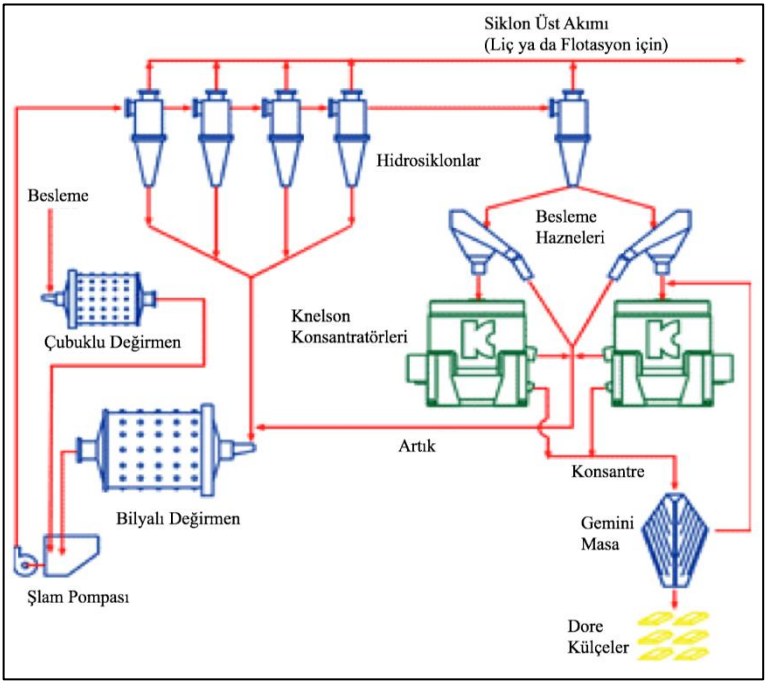
Knelson konsantratörün kullanıldığı çeşitli akım şemaları Şekil 8-11'de verilmiştir.



Şekil 8. Soldaki akım şeması eski tip gravimetrik zenginleştirme devresini gösterirken, sağdaki akım şeması Knelson konsantratörüyle uygulanan iki alternatif devreyi gösterir.(Söderlund, 2004)



Şekil 9. Knelson konsantratörünün flotasyon ile beraber bulunduğu akım şeması (Tanrıverdi & Çiçek, 2019)

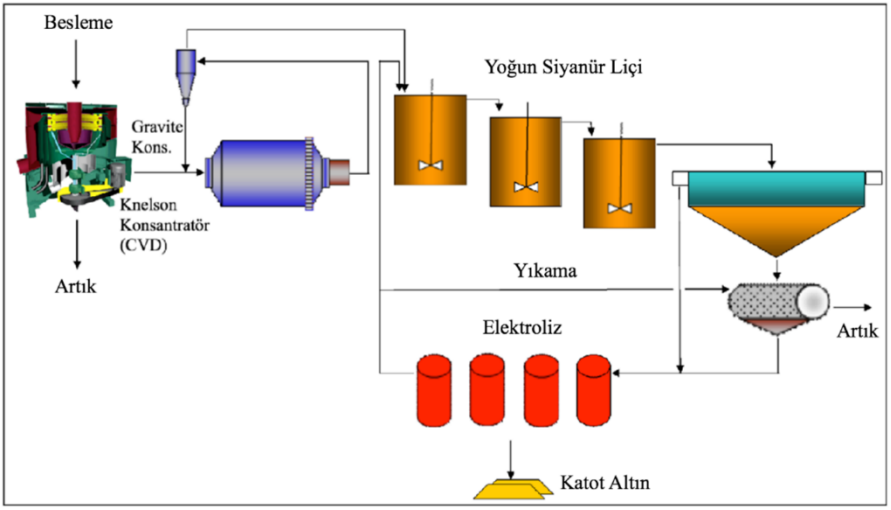


Şekil 10. Knelson konsantratörünün bulunduğu altın zenginleştirilme akım şeması (Tanrıverdi & Çiçek, 2019)

3. Falcon Konsantratörü

Falcon Konsantratör aralarında özgül ağırlık farkı olan mineralleri birbirinden yüksek şiddetli bir santrifüj ortamda ayırır. Malzeme, yüksek hızda dönen rotor mekanizmasına pülp olarak beslenir. Besleme malı, kazanılmak istenen yüksek yoğunluklu konsantrenin toplandığı yer olan konsantrasyon zonuna gelir. Bu zonda ağır mineraller toplanırken, hafif olanlar suyla birlikte rotorun dışına taşınır. Rotor cidarına yapışan konsantre belirli aralıklarla manuel ya da otomatik olarak cihaz durdurulduktan sonra dışarı alınır. Verilen bir cevher tipi için; konsantre tenör/verim ilişkisi, besleme suyu, rotor şekli ve konsantre toplanma hızına bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Patentli dizaynı oldukça basit olup, hareketli bölümleri az, bakımı

kolay ve aşınmaya maruz kalan kısımları kauçuk ile kaplanmıştır. En yeni santrifüj cihazlarından biri Falcon konsantratörüdür. Bu cihaz, yüksek hızda döndürülen üstüne koyulan silindirik halka şeklindeki ızgaralı bölümle birlikte düzgün yüzeyli kısaltılmış koni şeklindedir.



Şekil 11. Knelson konsantratörünün bulunduğu altın zenginleştirilme akım şeması (Tanrıverdi & Çiçek, 2019)

Kömürde kullanılan Falcon cihazında, ayırmanın yapıldığı ünite kova şeklindedir. Kovanın orta kısmında, besleme kanalı mevcuttur ve toz kömür su ile karıştırılarak pülp halinde buradan cihaza beslenmektedir. Bu kovanın kenarı, alt kısımda düşeyle belli bir açı yaparken, üst kısımda düşey duruma gelmektedir. Düşey konumdaki kısımda, ağır malzemenin sürekli olarak dışarı atılmasını sağlayan delikler vardır. Bu deliklerin çapı, beslenen maldaki en iri tane iriliğinden birkaç katı daha büyük tutulmaktadır. Kova motor tarafından döndürülen bir tabla üzerinde oturmaktadır. Kovanın çapına ve döndürme hızına bağlı olarak, kova içindeki malzemeye yerçekimi ivmesinin 300 katı fazla santrifüj kuvveti uygulanabilmektedir.

3.1. Uygulama Alanları

Falcon Konsantratör ilk olarak plaserlerden ve değirmen devrelerinden ince altının kazanımında kullanım olanağı bulmuştur. Son olarak süpürme, birinci veya ikinci temizleme devresi olarak çoğu gravite uygulamasında etkin olarak kullanılmaktadır.

Altın: Ana olarak kazanım ve ergitme düzeyine getirmek için temizleme, Ergitme seviyesine getirmek için ikincil temizleme, Artık süpürme, Sülfür süpürme,Kalsin ürünleri

Base Metaller: Öğütme işleminden sonra serbest altının kazanımı, Ergitme seviyesine getirmek için altın konsantresinin tenörünü yükseltme, Artık ve orta ürünlerin süpürme işlemi ve tenör yükseltme, Artıklardan altın süpürme, Kalsin ürünleri

Diğer Mineraller: Ana kazanım ve temizleme, Artık ve orta ürünlerin süpürme işlemi ve tenör yükseltme, Kalay, Demir, Titanyum, İnce elmas

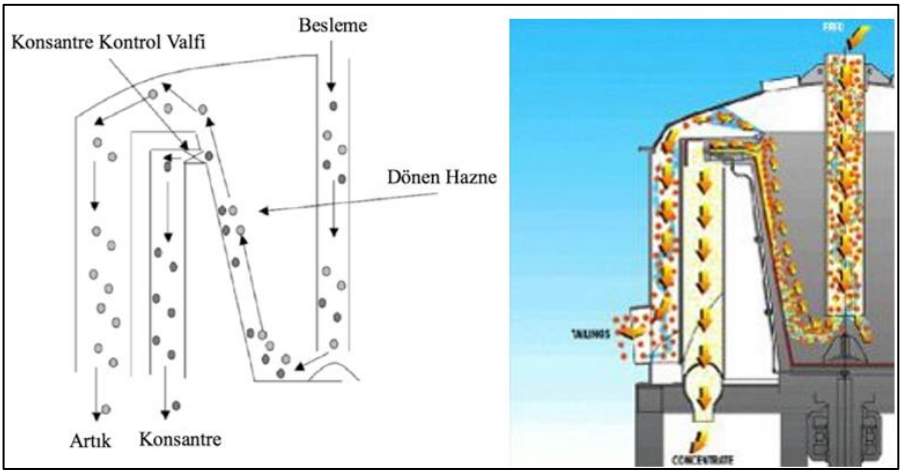
Atık İşleme: Tehlikeli atıkların kazanımı ve konsantrasyonu, Toprak temizleme, Belediye atıklarından metal kazanımı

Diğer Uygulamalar: İnce kömürden sülfürün giderilmesi, Yağ kumları metal süpürme ve atımı

3.2. Çalışma Prensibi

Ayırma işlemi film şeklindeki akan su tabakası içerisinde ayırma prensibine dayanmaktadır. 75 mikrona kadar mineral madde uzaklaştırmada, 37 mikrona kadar pritik kükürt uzaklaştırmada flotasyona göre çok daha yüksek verim değerlerine sahiptir. Toz kömür yıkayan diğer aygıtlarda genelde 1,7 - 1,8 g/cm^3 ayırma yoğunluklarında kalınırken Falcon cihazı ile 1,5 g/cm^3 ayırma yoğunluğuna kadar inilebilmektedir. Çalışma devresine manyetit

ilavesi ise, Ep değerini 0,04'e kadar düşürmek mümkün olmuştur (Şekil 12.).



Şekil 12. Falcon Konsantratör çanak haznedeki tanelerin hareketi

Falcon cihazı işletme parametreleri:

– Dönme hızı (yüksek dönüş hızı G kuvvetini ve bu sayede malzeme üzerine etki eden ayırma gücünü arttırır)
– Konsantre valflerinin açma/kapama frekansı (yüksek frekans, sık açılma ve kapama konsantre ağırlık miktarını arttırır.)
– Besleme debisi ve yoğunluğu (çok yüksek debi ve yoğunluk ayırmayı olumsuz yönde etkiler)

Falcon seperatöründe, 100 mikronun altına ufalanmış kömür yıkamaya tabi tutulmaktadır. Bu derece ufalanmış kömür, iyi bir serbestleşmeye uğramaktadır. Yıkama sonucu elde edilecek temiz kömürün kül oranı, kullanılan cihazın ayırma hassasiyetine bağlıdır. Falcon cihazının ayırma hassasiyeti, belli tane iriliğine kadar (40 mikron), flotasyondan çok daha iyidir. Bunun nedeni, birleşik tanelerin (% 5 kömür içerikli) flotasyonda, kömürle beraber yüzdüğü ve temiz kömür kül oranını arttırdığı kabul edilmektedir. Falcon

cihazında ise, ayırmada etkili mekanizma, yüksek santrifüj ivmesinin sağladığı gravite farklılıklarıdır ve hassas ayırma gerçekleşmektedir. Cihaz flotasyonla zenginleştirilmeleri zor olan sert linyit ve oksitlenmiş taşkömürlerinin yıkanmalarını da mümkün kılmaktadır.

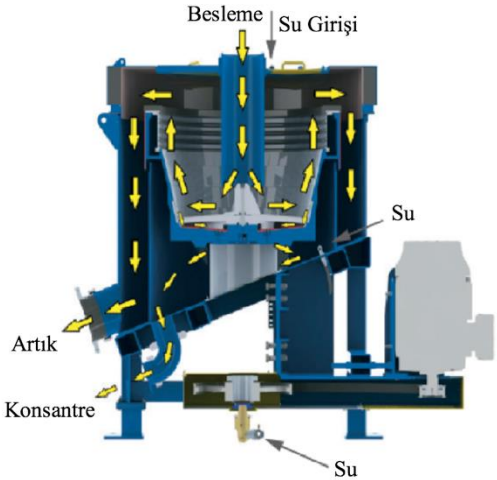
3.3. Falcon Konsantratör Çeşitleri

- Falcon SB Serisi
- Falcon C Serisi
- Falcon UF Seris

Otomatik Olarak Kesikli İşlem Yapan "B" Modeli ve Özellikleri

- İşlem sırasında ilave suya ihtiyaç duyulmaz.
- 300 G'ye kadar santrifüj kuvvet uygulanabilir.
- Çok ince partiküllerin konsantrasyonu için uygundur.
- Minimum operasyon vardır.
- Hareketli bölümleri azdır.
- Aşınmaya karşı dayanıklıdır.
- 0.5-100 t/h kapasitesi vardır.
- Besleme malı boyutu -0,025+2 mm aralığında değişebilir.
- Pülp oranı ağırlıkça % 40 kadar olabilir.
- Maliyetleri ucuzdur.

Kesikli sistemle çalışan B modellerinde, konsantre önceden belirlenmiş aralıklarla rotorda biraz yıkandıktan sonra içine bir sıra su püskürtme başlıkları yerleştirilmiş içi boş hareket mili boyunca yıkanarak dışarı alınır. Bu sistemle konsantrenin dışarı alınmasında herhangi bir vana, tıpa veya sökme gibi açıp kapama işlemleri yoktur. Boşaltma işlemi besleme ve rotor durdurulduktan sonra manuel veya ayarlanabilir otomatik kontrol programıyla (AutoPAC) yapılır (Şekil 13).

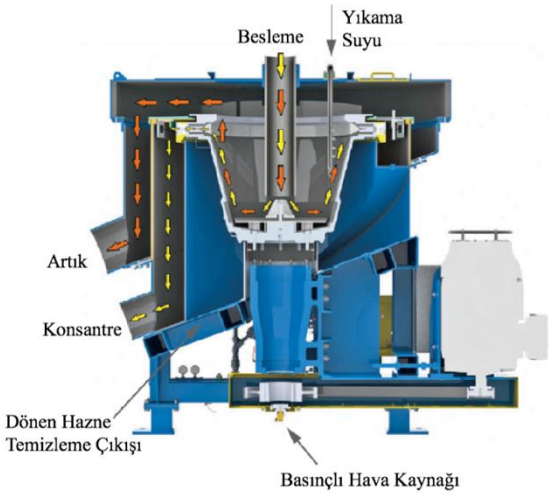


Şekil 13. Kesikli sistemle çalışan Falcon Konsantratör B modeli

Elde edilen metal konsantrelerinin tenörleri çok yüksektir ancak miktarları çok düşüktür. Kesikli olarak çalışan Falcon SB serisi konsantratörü başarılı bir şekilde altın gümüş zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca SB serisi konsantratörler besleme malı içinde bulunan 6 mm boyuta kadar kaba taneleri zenginleştirebilir. Ancak besleme malı 6 mm ye ayarlı bir elekten geçirilmelidir. 200G santrifüj kuvveti üretebilmektedir.

Sürekli İşlem Yapabilen "C" Modeli ve Özellikleri (Şekil 14):

- İşlem sırasında ilave suya ihtiyaç duyulmaz.
- 300 G'ye kadar santrifüj kuvvet uygulanabilir.
- Çok ince partiküllerin konsantrasyonu için uygundur.
- Minimum operasyon vardır.
- Hareketli bölümleri azdır.
- Aşınmaya karşı dayanıklıdır
- 0.5-100 t/h kapasitesi vardır.
- Pülp oranı ağırlıkça % 40 kadar olabilir.
- Maliyetleri ucuzdur.



Şekil 14. Sürekli sistemle çalışan Falcon Konsantratör C modeli

İşlenmekte olan malzemenin içerisindeki yüksek yoğunluktaki konsantre fraksiyonu, kütlesel debiyi ölçen bir seri vana ve huni ile ölçülmektedir. Cihaz, temizlenmek için durdurulmak zorunda değildir. Konsantre fraksiyonuna gönderilen malın oranı elektronik olarak ayarlanabilir ve kesikli işlemlerde olduğundan çok daha yüksek oranda gerçekleşebilir. Vanalar basınçlı hava kullanılarak otomatik olarak çalıştırılırlar. Pülp ile temas halinde olan tüm ölçüm elemanları aşınmaya dayanıklı malzemeden modüler olarak imal edilmiş olup, bir bütün halinde (komple olarak) çok kısa bir sürede değiştirilebilirler. Ölçüm elemanlarını içeren sistem, yerine O-ring contalar ile tespit edilmiş olup, değiştirme esnasında hava hatlarının ya da manşonların sökülmesine gerek yoktur.

B ve C Model Falcon Konsantratörlerin Özellikleri

Çizelge 2. B ve C Model Falcon Konsantratörlerin Özellikleri

Model	B6	B12	B20	C10	C20	C40
Kapasite (t/s)	0,5	6,0	25	5	25	200
Ağırlık (kg)	91	772	1816	820	2180	8170
Güç (Hp)	1,0	7,5	20	10	20	75

Falcon Süper Bowl Altın Konsantratörü

Besleme malı cihazın üst tarafındaki merkezi borudan pülp olarak verilir ve bir karıştırıcı tarafından ivmelendirilir. Santrifüj kuvvet alanının etkisi altında, kauçukla kaplı rotor duvarı boyunca özgül ağırlığa göre bir tabakalaşma meydana gelir. Bu zonda ilave suya ihtiyaç yoktur. Taraklı tutma zonunda, yüksek yoğunluğa sahip altın partikülleri bu tarakların arasına girer ve cihaz durdurulup konsantre dışarı alınıncaya kadar burada tutulur. Konsantrenin boşaltılması standart AutoPAC sistemiyle 30 saniyeden az bir zamanda otomatik olarak yapılır. Çizelge 3'te özellikleri verilmiştir.

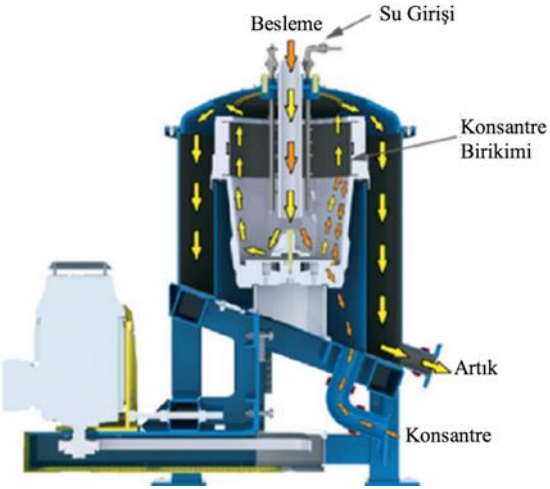
Çizelge 3. Falcon süper bowl konsantratörünün özellikleri

	MODEL XII	MODEL XXI	MODEL XXXVIII
Bowl Çapı (mm)	305	533	965
Güç (kw)	2	5	30
Su tüketimi (lt/dk)	95-150	150-300	580-1350
Kapasite (t/s)	0-5	0-20	0-60

Falcon UF Modeli (Şekil 15)

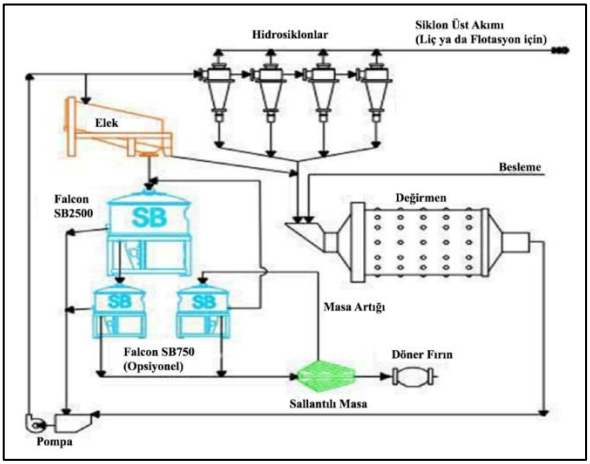
- 350 G 'ye kadar santrifüj kuvvet uygulanabilir.
- İşlem sırasında ilave suya ihtiyaç duyulmaz.

- Kütle oranı %1 ile %25 arasında değişen sürekli sistemle çalışır.
- Uygulama alanı çok ince taneli serbest metalleri kazanmadır.
- Maksimum besleme boyutu 1 mm.'dir.
- 5 mikrona kadar olan tanelerde iyi ayırımlar başarılmıştır.

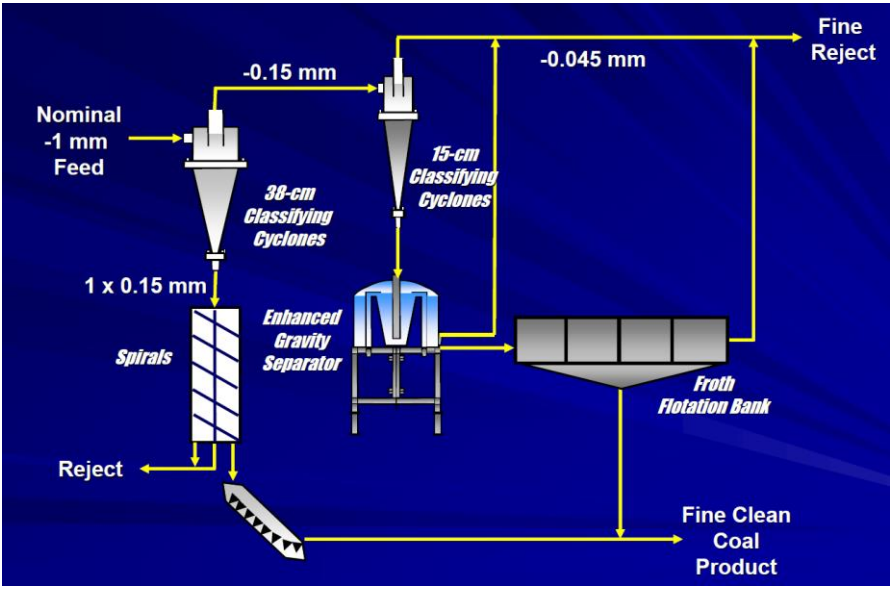


Şekil 15: Falcon UF modeli

350 G ye kadar santrifüj kuvveti oluşturmaktadır. Bu sayede hareketlendirme suyu olmadan çalışırlar. Kesikli tip çalışan konsantratörlerdir, çok ince tane boyutunda serbest metalleri zenginleştirmek için yapılmıştır. Çok yüksek tenörlü konsantre üretirler ancak besleme malının boyutunun 1mm den az olması gerekmektedir. Daha verimli bir zenginleştirme için 1mm den de daha ince tane sınıfında malzeme konsantratöre beslenmelidir. Falcon Konsantratörünün kullanıldığı örnek akım şemaları Şekil 16-17'de verilmiştir.



Şekil 16. Falcon konsantratörünün altın zenginleştirilmesinde kullanımı (Tanrıverdi & Çiçek, 2019)



Şekil 17. Falcon konsantratörünün kömür zenginleştirmede kullanımı (Tanrıverdi & Çiçek, 2019)

4. Multi Gravite Separatör (MGS)

İnce ve çok ince boyutlu tanelerin klasik gravite yöntemlerle zenginleştirilmesi çok sorunlu ve genellikle düşük verimlerle olmakta şlam ve artıklarda büyük oranlarda kayıplar verilmekte, kaçınılmaz olarak da maliyetler yükselmektedir. Buna karşın, günümüzde ekonomik zorlamalar nedeniyle maden işletme ve öğütme şartları; düşük tenörlü cevherlerin çok küçük serbestleşme derecelerinde ve büyük tonajlarda çalışılmasını gerektirmektedir.

Bu gereklilik karşısında cevher hazırlama ve zenginleştirme sektöründe ince taneli cevherler için MGS geliştirilmiş ve bu cihaz ince kömürler için de çeşitli denemelere tabi tutulmuştur. MGS cihazı pilot/ laboratuvar ve endüstriyel ölçekli olmak üzere iki tipte üretilmiştir.

MGS kısaca, bir sallantılı masanın bükülerek silindir haline getirilmiş şekline benzetilmektedir. Knelson ve Falcon Konsantratörüne oranla daha düşük merkezkaç kuvvetinde çalışır. MGS ultra ince taneciklerin kazanımında büyük bir ilerlemedir ve temeli kalay endüstrisine dayanmaktadır. Düz flotasyona oranla daha yüksek verimlere ulaşabildiği için kalay flotasyonu konsantresi elde ediminde temizleme flotasyonu kademesi yerine kullanılmıştır. Başlarda düşük kapasitesi yüzünden (4-8 ton/saat) eleştirilirken, şu anda firma mineraller için 30 ton/saat, kömür için ise 50 ton/saat kapasiteye ulaşan bir MGS geliştirmiştir.

MGS diğer merkezkaç ayırıcılardan birkaç önemli husus ile ayrılmaktadır. Bunlar;

- Ayırımın gerçekleştiği ince akışkan tabaka
- Üst üste binen iki titreşim (ilave kesme ve tane hareketinin açığa çıkmasını sağlar.)
- Özel dizayn edilmiş küreyiciler (kazanılan ağır mineralleri taşır.)

- Nispeten düşük tambur hızları
- Sığ koni açıları

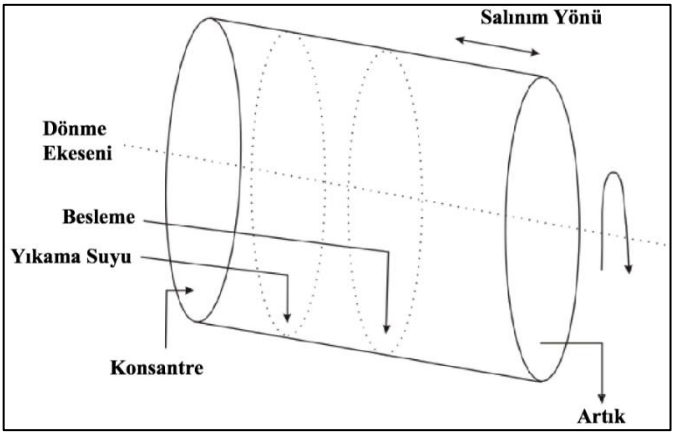
4.1. Uygulama Alanları

- Kurşun konsantrelerinden grafiti azaltmada kullanılmaktadır. (Bhopal,India)
- Kurşun artıklarının işlenmesinde kullanılmaktadır. (Balya/Balıkesir)
- Stronsiyum minerallerinin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır.(Ulas /Türkiye)
- Sahil kumlarından monazit kazanımında kullanılmaktadır. (Belikahır/Türkiye)
- Kromit zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır.

4.2. Çalışma Prensibi

Uygun katı oranında hazırlanan pülp, belirli bir basınçla hareketli tamburun orta noktasından iç yüzeye beslenir. Bir anlamda besleme sırasında oluşacak türbülans etkisi azaltılmaktadır. Yıkama suyu ise tamburun üst çıkış ucuna yakın bir noktadan verilir. Gözlemlerde; pülpün tambur yüzeyinde spiral şeklinde aktığı görülmüştür. Ağır veya yüksek özgül ağırlıklı mineraller, akışkan tabaka içinde dibe çökmekte, tambur yüzeyine tutunmakta ve merkezkaç kuvvetin etkisi ile adeta yarı katı formda bir tabaka oluşturmaktadır. Bu tabakanın hemen üzerinde küçük tabaka oluşmaktadır. Akışkan tabakanın üst yüzeyleri ise büyük oranda katı taneler içermeyen su tabakası formundadır. Gövdeye verilen' titreşim hareketi ile; akışkan tabaka içindeki tanelere ek, bir ayırma kuvveti uygulanmış olmaktadır. Özel olarak dizayn edilmiş küreyiciler tambur yüzeyinde hareket ederken taneciklerden oluşan tabakayı küremekte, böylece dereceli tabakalaşmaya olanak sağlamaktadır. Tamburun iç yüzeylerine tutunarak hareket eden yüksek yoğunluklu taneler küreyiciler

tarafından yukarı doğru taşınarak üst çıkıştan, hafif yoğunluklu taneler ise yıkama suyu etkisiyle alt çıkıştan alınırlar (Şekil 18).



Şekil 18. MGS' nin çalışma mekanizması (Roy, 2009)

MGS Ünitesi:

-Giderek daralan yatay tambur,
- Sürekli işlem,
- Basit sinuzoidal dalga hareketi şeklinde eksenel titreşim,
- Küreyici (Skrayper) kollar (Şekil 19).

Şekil 19. MGS' nin ve içindeki küreyicilerin görüntüsü (Larsen, 2013)

4.3. MGS Çeşitleri

Laboratuvar/Pilot Ölçekli MGS Ünitesi

Pilot ölçekli MGS Ünitesi; bir yanı açık uçlu 0.6 m uzunluğunda 0.5 m çapında tambur şeklinde bir gövdeye sahiptir. Tambur iç yüzeyi üzerinde 6 ile 24 g değerinde yerçekimi kuvvetine eşdeğer bir merkezkaç kuvveti oluşacak şekilde 150-300 d/d hızla saat yönünde dönmektedir. Aynı anda eksenel doğrultuda 4-6 cm.sn-1 frekansla, 12-25 mm arasında değişen sinuzoidal bir titreşim hareketi de tambur hareketi üzerine eklenmiştir. Tambur hareketini sağlayan konsantrik şaft tarafından tahrik edilen, tamburla aynı yönde, tambura göre biraz daha hızlı dönen ve üzerinde küreyiciler bulunan bir ünite bulunmaktadır. Çalışma sırasında küreyiciler, katı taneleri tamburun dar, açık dış ağzına doğru hareket ettirecek şekilde dizayn edilmiştir. MGS Ünitesi; % 20-50 katı oranında 0.2 t/s kapasite ile çalışabilmektedir.

Endüstriyel Ölçekli MGS

Pilot modelin büyük ölçekte dizayn edilmiş bir versiyonudur. Farkı tek tambur yerine iki tamburun kullanılmasıdır. Tamburların herbiri 0.9 m uzunluk ve 1.2 m çapta, tek bir krank mille titreşimi sağlayacak şekilde sırt sırta yerleştirilmiştir. Çalışma sırasında serbest titreşimden dolayı ortaya çıkabilecek stabilité sorunları, tamburların hareketlerinin birbirini dengede tutması nedeniyle minimize edilmiştir. Endüstriyel ölçekli MGS ünitesinin kapasitesi ise 4-30 t/s olmaktadır (Şekil 20.). Örnek bir kromit zenginleştirme akım şeması Şekil 21'de verilmiştir.

5. KELSEY JİGİ

Kelsey jigi konvensiyonel jig prensiplerine santrifüj kuvvet uygulayarak gravimetrik ayırma sağlayan bir zenginleştirme aygıtıdır.

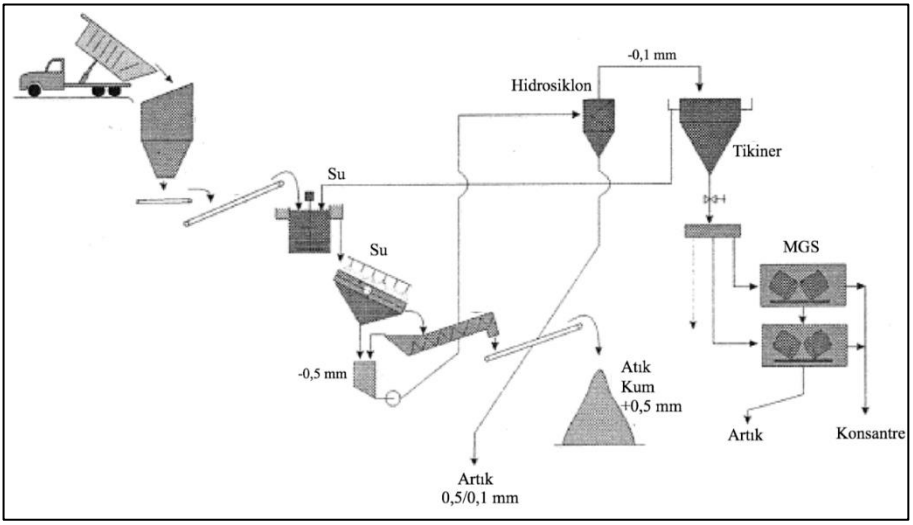
Bu özelliği özgül ağırlık farkı çok az olan mineralleri ve çok ince taneli mineralleri etkili bir şekilde ayırmayı sağlar. Santrifüj kuvveti ve gravite kuvvetleri ile ayırma sağlayıp, konvansiyonel jig teknolojisi prensibine göre çalışan Kelsey jigi; küçük gravite farklarında ve ince cevherlerde başarı ile kullanılmaktadır. Konvansiyonel jig özelliklerine ek olarak çok ince partiküllerde gravite alan değişikliği görülür. Kelsey jigi ilk olarak 1992 'de Avustralya'da Resnison Bell kalay madeninde kullanılmıştır. Mineral kumlarında, kalay, altın ve nikeldeki uygulamalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Diğer uygulama alanları tungsten, demir cevherleri, kromit ve bazı metallerdir.

Model	C902	MeGaSep™
Net Boyutlar (mm)		
Uzunluk	4242	9600
Genişlik	1540	2900
Azami Yükseklik	2160	3962
Net Ağırlık (kg)		
Toplam Ağırlık	3050	14000
Kuru BazdaNet Kapasite (t/h)		
Ağır mineraller	4,0	30,0
Kömür	8,0	50,0
İş Gücü kW	3,3	30,0

Şekil 20. Endüstriyel Ölçekli MGS

5.1. Uygulama Alanları

- Mineral(kumu) artık tesisinden yüksek tenörlü zirkonun geri kazanımında
- Kyanit ve silimanit gibi alüminyum silikat minerallerinden zirkonun ayrılmasında
- Rutil minerallerinden kalay empüritelerinin ayrılmasında (çıkarılmasında)



Şekil 21. Krom zenginleştirme akım şeması (Tanrıverdi & Çiçek, 2019)

- Boya hammadde (pigment) tesisi artıklarından titanyum minerallerin geri kazanımında
- Kalsinasyon tozları ve fırın curuf içeriklerinden ince Ti ve Fe minerallerinin geri kazanımında
- Altın içerikli sülfür liç artıklarının tekrar işletilmesinde
- Altın sülfür mineralleri liç işleminde konsantre öncesinde
- Bakır altın tesis artıklarının tekrar işlenmesinde
- Tesis artıklarından ince altının geri kazanımında
- Tesis artıklarından ince kasiterit ve tantalitin geri kazanımında
- Kasiterit flotasyonuna alternatif olarak kalay konsantresinin kalitesinin arttırılmasında
- Tekrar öğütme devresinden ince kalay ve tantalitin geri kazanımında
- Nikel sülfid flotasyonu besleme ve konsantresinden magnesyum mineralinin ayrılmasında (çıkarılmasında)
- Nikel flotasyon artıklarının süpürme flotasyonunda
- Paslanmaz çelik curuf yığınından ağır krom minerallerinin çıkarılmasında
- Krom platinyum artık tesislerinden kromitin geri kazanımında

- Krom platinyum tesislerinde krom ve platinyumun ayrılmasında
- Demir cevheri atık havuzundan ince hematit konsantrasyonunda
- Artıklardan kurşunun çıkarılmasında
- Flotasyon artıklarından kurşun ve kobaltın geri kazanımında kullanılır.

5.2. Çalışma Prensibi

KCJ, konvansiyonel jig teknolojisinden farklı olarak, yeni bir mühendislik konsepti kullanılarak geliştirilmiş, graviteye dayalı ayrım yapan bir cihazdır. KCJ, konvansiyonel jigin tüm parametrelerini korurken, bunlara ek olarak ince tanelere etki eden çekim alanı gücü ayarlanabilir hale getirilmiştir. KCJ, konvansiyonel jigin merkezkaç kuvveti ile döndürülmesi prensibine dayanır. Dönüş hızının değiştirilmesiyle çekim alanı gücünün kontrol edilebilmesi ayırma veriminde önemli gelişmelere yol açmıştır.

Bu gelişme, ince tanelerde daha belirgin olarak gözlemlenmektedir, çünkü ayarlanabilen çekim gücü ince tanelerin ayrımını önleyen güçleri belirgin oranda azaltmaktadır. Merkezkaç kuvveti, hızı değişebilen bir dönen pervane yardımıyla oluşturulmaktadır. Bu pervanenin içinde, pervane ile ortak eksenli dönen burkulmuş bir silindirik elek vardır. KCJ, sabit bir noktadan beslenir ve parçacıklar ayrışma yatağına doğru gravite kuvveti ile sürüklenirler. Bir seri odacığa basınçlı su verilerek ayrışma yatağına doğru akması ve buradaki parçacıklarla birleşmesi sağlanır, bu da beslenen malzemenin parçacıkların özgül ağırlıklarına göre katmanlaşmasını ve sınıflanmasını sağlar.

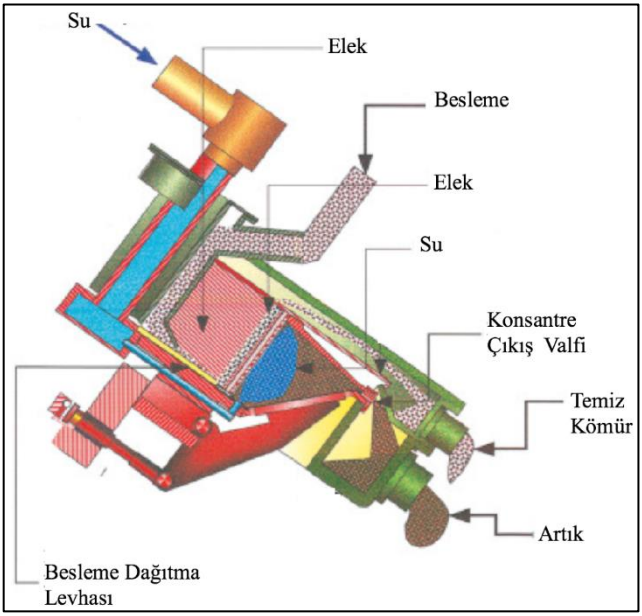
Daha yoğun taneler iç elekten geçerek odacıklarda toplanır ve fıskiye yardımıyla konsantre olarak yıkanırlar. Hafif taneler ise yuvarlak bir tutma haznesi yardımı ile yıkanarak atılır.

Ayrışma yatağındaki işlem sadece merkezkaç kuvveti ile değil aynı zamanda ayrışma yatağının titreşmesi ile de sağlanır. Bu yatağın titreşmesi ayarlanabilen titretici kollar sayesinde yapılmakta ve bu titreşme aynı zamanda konsantrenin biriktiği odacıklara iç bölmeden geçecek şekilde su da sağlamaktadır. Bu işlem ise ayrışma yatağının genişlemesine yol açmaktadır. Genişleme oranı, katmanlaşmayı ve konsantreye geçen madde miktarını etkiler. Titreşim bunun yanında değişen özgül ağırlıktaki tanelerin farklı hızlara ulaşmasını da sağlar.

Bu olgu KCJ'yi diğer merkezkaç kuvvetini temel alan ayırıcılardan farklı kılar. Bu tip cihazlar taneleri kütle farklarına göre ayırırken, özgül ağırlık farklarına göre ayrım yapmazlar ve bu da büyük orandaki düşük özgül ağırlıktaki tanelerin küçük orandaki yüksek özgül ağırlıkta fakat aynı kütlede olan tanelerle birlikte konsantreye gitmesine neden olur.

Jig performansını etkileyen değişkenler; besleme hızı, beslenen malzemenin viskozitesi ve pülp yoğunluğu, beslenen malzemenin boyut dağılımı, dönme hızı, titreşim frekansı ve gücü, özgül ağırlık, iç eleğin açıklığı ve odacıklara su besleme hızı olarak sayılabilir.

Aşağıdaki şekil, bir KCJ'nin yatay kesitini göstermektedir. Bu şekilde, kırmızı olarak gösterilen parçalar işlem sırasında dönmektedir. Yeşil olarak gösterilen parçalar işlem sırasında sabit iken, sarı parçalar başka bir düzlemde hareket etmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Kelsey jigi kesit görüntüsü (Kumar, 2018)

KCJ, mineral kumları, kalay, tungsten, nikel, tantal, kromit, altın, demir ve ana metaller gibi birçok değişik uygulamada denenmiş ve kullanılmıştır.

KCJ, mineral kumları için Avustralya'da yaklaşık 10 yıldan fazla bir süreden beri uygulanmaktadır. Son dönemde yüksek kapasiteli J1800 modeli Avustralya ve ABD'de zirkon atıklarını işlemede kullanılmaktadır**.**

Jig Performansını Etkileyen Çalışma Özellikleri;

A. <u>Besleme ile ilgili olanlar:</u>

1. Besleme oranı
2. Besleme pülp yoğunluğu ve viskozitesi
3. Besleme boyut dağılımı

B. <u>Makine ile ilgili olanlar:</u>

1. Rotasyon hızı (yada gravitasyonal alana neden olmak)

2. Pulsasyon hızı ve genliği
3. Tank(ragging) tipi, spesifik gravite ve boyut dağılımı
4. Tank yatağı derinliği
5. Elek içi boyutu
6. Kafes suyu ekleme oranı

Çalışma Avantajları

- Yüksek verim ve konsantre tenörü
- İnce minerallerin geri kazanım etkileri
- Tek adımda ürün elde edilebilmesi
- Devamlı çalışma
- Düşük güç harcama
- Yıkayarak ayırma vasıtasıyla ince şlam prosesi
- Çevre dostu olması (kimyasal reaktifler kullanılmadığı için)

Kelsey jiginin kullanıldığı örnek bir akım şeması Şekil 23'de verilmiştir.

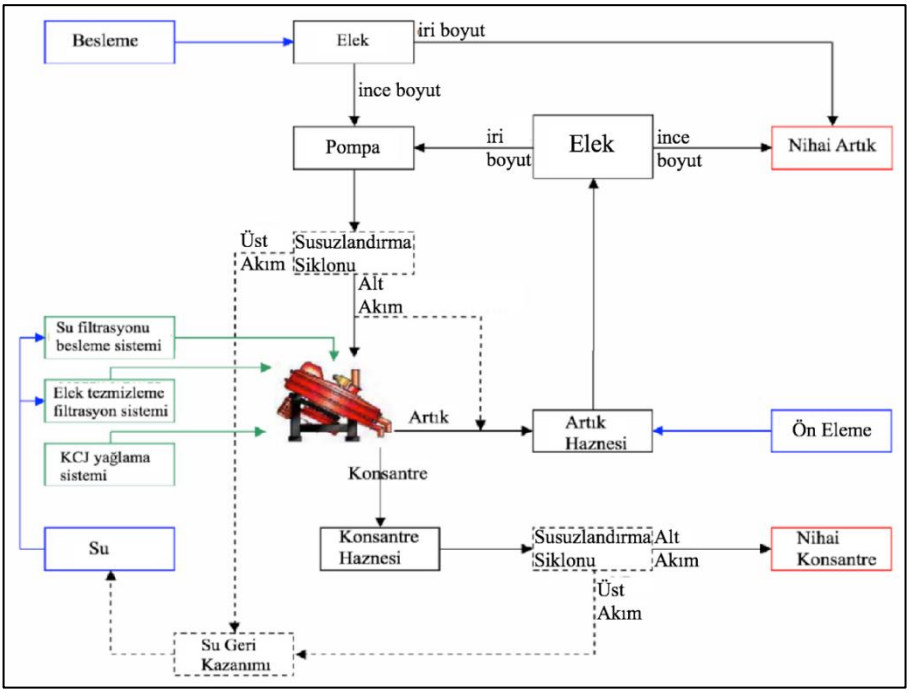
6. InLine Pressure Jig (IPJ)

Gekko InLine Pressure Jig (IPJ) 90lı yılların başında Gekko Systems tarafından geliştirilmiştir. IPJ serbest altın tanelerinin kazanımı için tasarlanmıştır. Ticarileştiği 1996 yılından beri jigleme parametrelerinin geniş bir bantta olması ve çeşitli ragging tipleri ile çalışabildiğinden birçok mineral tipi için başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Altının yanı sıra, gümüş, sülfürlü mineraller ve diğer ağır mineraller).

6.1. Uygulama Alanları

IPJ kompakt, düşük maliyetli sürekli bir prosestir. Minimum seviyede yardımcı donanım ve lojistik destek gerektirir. Geniş bir besleme tane boyutunda mineral kazanımı için tasarlanmış olup çok az miktarda su ile çalışır. Çok miktarda veri IPJ + Flotasyon kombinasyonunu ön konsantre eldesinde başarılı kılar ve bunlar sonrasındaki proses

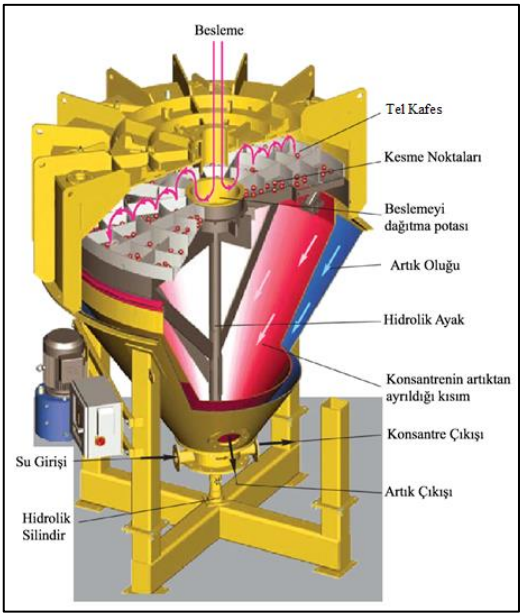
gereksinimini en az seviyede tutar. IPJ tek başına veya bir modüler sistemin parçası olarak kullanılabilir. Çok düşük enerji sarfiyatı ve düşük maliyetle çalışır. Giderleri 5 USD cent/t kadar düşük olabilir.



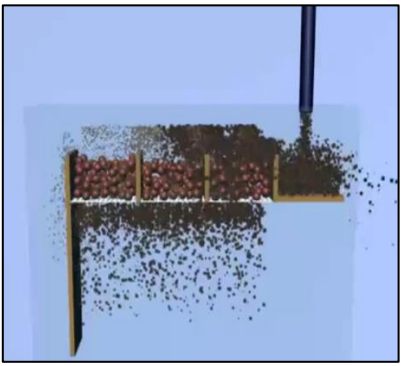
Şekil 23. Kelsey jiginin bulunduğu akım şeması (Jones, 2007)

Gekko InLine Pressure Jig (IPJ) sürekli çalışan bir gravimetrik separatördür (Şekil 24-25). Geleneksel jiglerle aynı prensiplere dayanmasına rağmen, basınçlı tasarımı ve gelişmiş kontrol sistemi, yüksek geri kazanım, yüksek verim, düşük su kullanımı, çalışma koşullarının kontrolü, düşük kurulum maliyeti, düşük işletme maliyetleri ve yüksek güvenlik gibi birçok avantaj sağlar. IPJ, primer yoğunlaştırıcı olarak plaser yataklarında veya siklon altının veya değirmen boşalmasının tamamını veya bir kısmını tedavi etmek için sert kaya devrelerinde kullanılabilir. IPJ, altın, sülfitler, gümüş, doğal

bakır, tantal, granat ve elmas gibi çeşitli mineraller için başarıyla kullanılmıştır.



Şekil 24. IPJ'nin kesit görüntüsü (InLine Pressure, 2019)



Şekil 25. IPJ'nin çalışma şekli

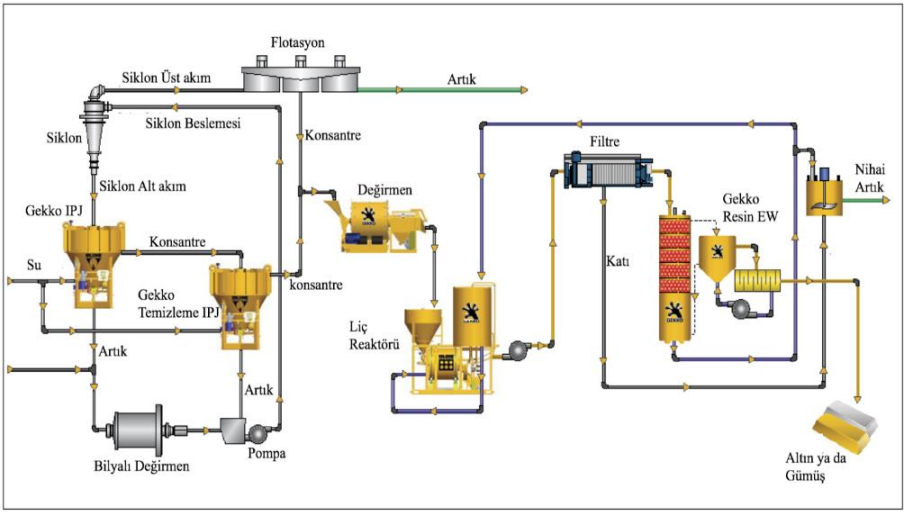
6.2. Çalışma Prensibi

In Line Pressure Jig (IPJ) in jigleme ile ayırmada çok özel bir konumu vardır. IPJ tamamen kapalı olup basınçlandırılmıştır. Dairesel bir yatak ile hareketli bir eleğin bir arada çalıştığı bir cihazdır. Kapalı olması sayesinde cihaz tamamen pülp ve su ile doldurulabilir. Bunun sonucunda pülp akış hızı yavaşlar ve suyun yüzey gerilimi ortadan kalkar ve daha yüksek verimde çalışır. Elek yüzeyi hidrolik tahrikli bir şaft ile bir testere dişi şeklinde hareket ettirilir. Bu hareket mineral ayırımı için idealdir. Değerli mineralin gang mineralinden ayırımı yoğunluk farkına ve tane boyutuna bağlıdır. Değerli mineral (konsantre) ve gang mineralleri (artık) sürekli olarak ve basınç altında cihaz dışına deşarj edilirler.

InLine Pressure Jig' in avantajları:

- Geleneksel jiglerle ve çoğu santrifüjlü ayırıcılar ile karşılaştırıldığında düşük su tüketimi vardır.
- Geniş besleme ve partikül büyüklüğü geri kazanımı
- Mineraller serbest kaldıkça geri kazanılarak, yerçekimi ile geri kazanma potansiyeli geliştirilir
- Uygun maliyetlidir. IPJ çok düşük işletme maliyetlerine sahiptir. (Abols, 2005)
- IPJ'ler, daha büyük tesisler için ve 250 tona kadar beslemeler için çeşitli boyutlarda mevcuttur (Şekil 26).
- Ayarlanabilen çalışma parametreleri IPJ'nin belirli cevherlere uygulanmasını sağlar.
- IPJ, % 20 daha az güç kullanır ve diğer jiglere kıyasla suyun % 10'unu kullanır. Su tasarrufu sağlar.
- Kullanımı kolaydır. Personel maliyetlerini azaltır.
- Taşınabilir ve mobil IPJ, deniz operasyonları için bir gemiye bile monte edilebilir (Gekko, 2010).

In Line Pressure Jig'in kullanıldığı örnek bir altın zenginleştirme akım şeması Şekil 26'da verilmiştir.



Şekil 26. IPJ'nin bulunduğu akım şeması (Baines, 2017)

SONUÇ

Zengin cevher rezerlerinin azalması, düşük tenörlü cevherlerin kullanımına duyulan ihtiyacı da beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte geçmiş yıllarda işletilmesi ekonomik olmayan cevherler günümüzde değerli kaynaklar haline gelmiştir. Ayrıca kıymetli mineral içeren atık durumdaki endüstriyel kaynakların geri kazanılması ancak ince boyutta işlem yapılmasını ile mümkün olabilmektedir. Çok ince tane boyutunda serbestleşen cevher (-100 mikron) ve geri dönüşüm kaynakları her ne kadar kimyasal/fizikokimyasal zenginleştirme yöntemleri ile teknolojik olarak zenginleştirilebilse de zaman zaman çevresel sorunları da beraberinde getirebilmektedirler. Çevresel etkileri mimimize etmek günümüz teknolojileriyle mümkün olabilmektedir. Ancak maliyetleri de önemli ölçüde artırabilmektedirler. Geleneksel gravimetrik

zenginleştirme yöntemlerinin 100 mikron altında serbestleşen söz konusu kaynakların zenginleştirilmesinde yetersiz kalması daha çevreci ve verimli çalışabilen yeni ekipmanların geliştirilmesine neden olmuştur. Bu çalışmada bu son geliştirilmiş cihazlardan bazıları irdelenmiştir.

Altın cevherinden kömür hazırlama tesislerine ve atık işlemeye kadar, gelişmiş gravimetrik ayırıcılarla değerli mineraller oldukça verimli bir şekilde kazanılabilmektedir. Dünyadaki endüstri personeli ve araştırmacılar bu ayırıcıları neredeyse tüm mineral işleme uygulamalarında başarıyla kullanmaya başlamışlardır. Muamele edilen hammaddenin karekteristiğine bağlı olarak değişken verimlilik seviyeleri gözlenebilmektedir. Hammaddenin kalitesi, ayırma performansı üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Araştırmacılar, süreci optimize etmenin ve mümkün olan en iyi sonuçları elde etmek için en uygun işletme rejimini sağlayacak yöntemleri geliştirmeye yönelik çalışmalara devam etmektedirler.

KAYNAKLAR

Abols, J. A., Grady, P.M., Maximizing Gravity Recovery through the Application of Multiple Gravity Devices, Proceedings of the International Symposium on the Treatment of Gold Ores, 44. Annual Conference of Metallurgists, Calgary, pp.31-47, 2005.

Acarkan, N. ve Önal, G., Özgül Ağırlık (Gravite) ile Zenginleştirme, Cevher Hazırlama El Kitabı, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayınları, 2014

Baines, J., Bell, T., Grigg, N., Underground mineral processing , Gekko Systems Modular Python, Underground Mining Technology, 2017

Fatahi, M.R., Farzanegan, A., An analysis of multiphase flow and solids separation inside Knelson Concentrator based on four-way coupling of CFD and DEM simulation methods, Minerals Engineering, vol. 126, pg 130-144, 2018.

Gekko Systems, Operations&Installations Gravity Devices, The InLine Pressure Jig Rockwell Diamonds – March 2010

Heins, R., Spargo, R., McCallum, A., Successful Applications of the InLine Pressure Jig With Particular Reference To The Recovery Of Gold and Diamonds, SAIMM Gravity Conference-Mount Amanzi, 2003

In Line Pressure, 2019, https://www.gekkos.com/equipment/inline-pressure-jig

Jones, T., Efficient Enhanced Gravity Separation Of Fıne Minerals Using The Kelsey Centrifugal Jig, Mineral Technologies, 2007

Knelson Concentrator cone technology, Providing Unique Processing Solutions to the World, 2019

Knelson, B. ve Jones, R., A New Generation of Knelson Concetrators a Totally Secure System Goes on Line, Mineral Engineering, 7,201-207, 1993.

Kumar, D., Kumar, D., Wet Cleaning Process by Major Unit Operating, Sustainable Management of Coal Preparation, Bölüm 5, syf 69-114, 2018.

Larsen, E., Enhanced gravity separation at the Mineral Processing Laboratory at NTNU, Mineralproduksjon 3, B15-B19, 2013

Öney, Ö., Samanli, S., Knelson konsantratörlerin deneysel ve endüstriyel uygulamaları, 6. Uluslararası Maden Makinaları ve Teknolojileri Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 2017.

Roy, S., Recovery Improvement of Fine Iron Ore Particles by Multi Gravity Separation, The Open Mineral Processing Journal, 2, 17-30, 2009

Söderlund, J., Johansson, B., Knelson Concentrator – New Gravity Equipment at the Boliden Concentrator, Mineral Processing, Process Technology, Boliden Mineral AB2 S-936 81 Boliden, Sweden, 2004

Tanrıverdi, M., Çiçek T., Cevher Hazırlama 2 Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, 2019.

ENDÜSTRİYEL SİLİKATLAR, ÖZELLİKLERİ VE ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ; GENEL BAKIŞ

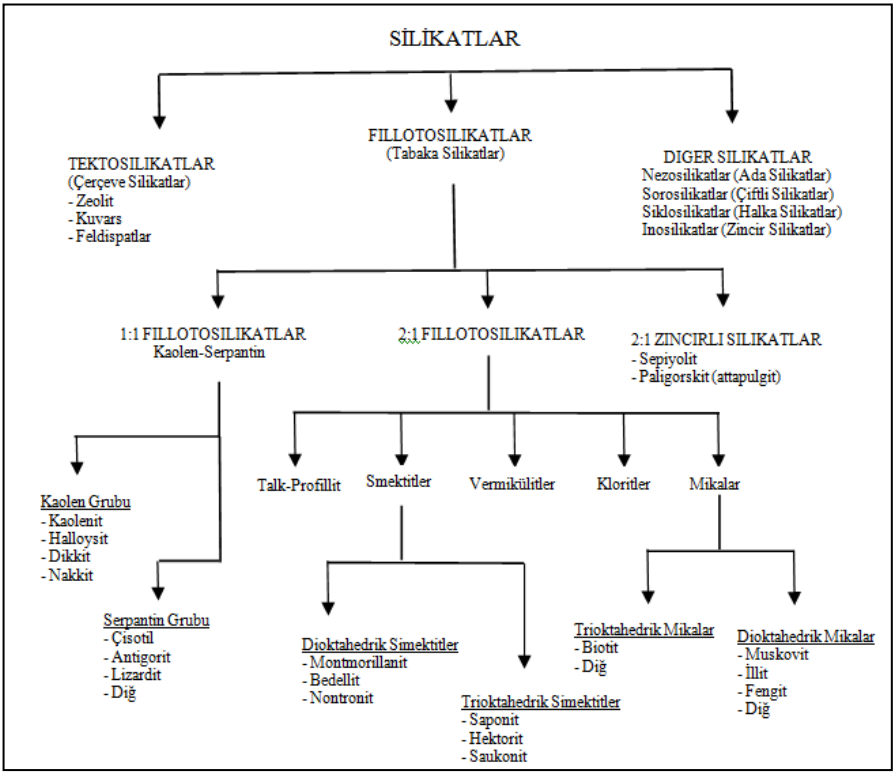
Prof. Dr. Cengiz KARAGÜZEL

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Maden Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

Silisyum (Si), oksijenden sonra minerallerin bünyesinde bulunan en yaygın elementtir. Oksijen ile bileşik oluşturarak, silika (SiO_2) ve silikat bileşikleri ($M_x(SiO_2)_y$) şeklinde silikatlar grubu içinde sınıflandırılan mineralleri meydana getirmektedir. Şekil 1'de silikat minerallerinin sınıflandırılması görülmektedir. Karmaşık yapı ve özellikleri nedeniyle diğer mineral gruplarından ayrılan silikatlar aynı nedenle geniş kullanım alanına da sahiptirler. Öyle ki silikatlar refrakter akı ve kalıp kumu olarak endüstri devriminin, silikon yongaları olarak ta günümüz bilgi teknoloji çağının önemli hammaddelerden biri olmuştur.

Yer kabuğunun %90'ını silikat mineralleri oluşturmaktadır. Bu grup içinde endüstriyel değeri de olan en yaygın mineraller ise kuvars ve feldspat grubu minerallerdir. Bu mineraller geleneksel teknolojilerin ve ileri teknolojilerin önemli hammadde girdilerindendir. Dünyada üretilen kuvars ve feldspatın tamamına yakını günümüzde cam, seramik, kimya vb. sektörlerde nispeten katma değeri düşük ürünlerin üretilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 1. Silikatların Genel Sınıflandırması

Ancak başta kristalin kuvars olmak üzere yüksek saflıktaki silikatlar gün geçtikçe önemi anlaşılan nanoteknoloji ve yenilenebilir enerji alanlarında yüksek katma değerli ürün üretiminde de kullanılmaktadır. Silisyumun ana bileşiği olan silikon küçük boyutlarda kesilebilen sert kristal olup, elektriği iletme özelliğine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle başta mikro-çip üretiminde kullanılan silikon, fotoğrafik işlemler ile üzerine basılmış talimatları insan beyni gibi mikro oranlara indirgeyip bilgisayara yada diğer elektronik aletlere iletmektedir. Kuvars kristalleri ise yüksek frekanslı titreşim üretmek gibi benzersiz bir özelliğe sahiptir. Bu kristaller saatlerde, radyolarda ve basınç ölçerlerdeki osilatörlerin yapımı yanında sensör teknolojilerinde kullanılmaktadır. Diğer taraftan feldspatlar ile birlikte

ileri teknoloji seramiklerinde ve ısıyı yalıtmaları nedeniyle yalıtım sektöründe kullanılmaktadırlar. Bu mineral grubu içinde yer alan kil mineralleri ve talk gibi silikat mineralleri de endüstride talep görmektedir. Kil mineralleri arıtma işlemlerinden, sondaj ve boya sanayine kadar bir çok sektörde kullanılırken, talk yine seramik, kağıt ve kozmetik sanayinin önemli bir hammaddesidir. Mika grubu mineralleri temsil eden vermikülit ise ateşe dayanımı, ses ve ısı yalıtımı gibi özellikleri nedeniyle yapı sektöründe kullanılmaktadır.

Dünya kuvars rezervleri ile ilgili güvenilir kaynaklara ulaşılamamakla birlikte, ultra saf kuvars rezervlerinin Brezilya, A.B.D, Namibya, Angola, Madagaskar, Çin ve Hindistan'da bulunduğu bilinmektedir. Amorf veya kriptokristalin kuvars yatakları ise Arjantin, Avusturya, Belçika, Lüksemburg, Macaristan, Güney Afrika Cumhuriyeti, İspanya ve Norveç'te bulunmaktadır (www.mta.gov.tr). Türkiye’de ise kuvars fay zonlarında, çatlaklarda ve cevher yataklarında gang minerali olarak bulunmaktadır. Türkiye de kuvars, kuvarsit ve kuvars kumu şeklinde bulunan rezervlerde ultra saf kuvarsın oldukça az olduğu, satılabilir endüstriyel kuvars için ise cevher hazırlama ve zenginleştirme çalışmalarına ihtiyaç olduğu bilinmektedir.

Feldspat üretimi dünyada granitler, pegmatitler, nefelinli siyenitler ve feldspatik kumlardan sağlanırken, ülkemizde pegmatit, aplit, feldspat filonları ve altere granitlerden sağlanmaktadır. Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de kesin rezervler bilinmemekle birlikte Türkiye feldspat rezervinin 240 milyon ton olduğu belirtilmektedir (www.mta.gov.tr). Ancak özel sektör tarafından yapılan ve net olarak ortaya konulmamış veriler nedeniyle Türkiye rezervlerinin bu rakamın çok üzerinde olduğu belirtilmektedir (Feldspat raporu, 2010). Türkiye feldspat kaynakları incelendiğinde pazarın isteklerini karşılayacak nitelikte sınırlı sayıda feldspat oluşumunun olduğu, K-feldspat rezervlerinin ise kesin bilinmemekle birlikte Na ve Ca feldspatlar ile

birlikte bulunduğu bilinmektedir. Türkiye'de ticari kalitede Na-feldspat yatakları Muğla-Milas, Aydın-Çine bölgesinde yer almakla birlikte bu sahalarda da basit yıkama ve sınıflandırma işlemlerinden flotasyona kadar zenginleştirme çalışmalarına ihtiyaç vardır. K kaynağı olarak kullanılabilecek yataklar ise Kütahya-Simav, Manisa-Gördes bölgelerinde bulunan karışık tip feldspatlar (Na ve K'lu feldspatlar) ile Kırşehir bölgesinde bulunan nefelinli siyenit oluşumlarıdır. Karışık tip feldspatlardan seçimli kazanım, nefelinli siyenitte ise K içeriğinin artılmasına yönelik flotasyon başta olmak üzere manyetik ayırma gibi fiziko-kimyasal ve fiziksel zenginleştirme yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Kuvars ve feldspat dışında endüstriyel değeri olan başta kil mineralleri, zeolit, vermikülit talk gibi mineral oluşumları da Türkiye'de yer almakta olup rezerv durumu ile ilgili bilgilere MTA ve Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporlarından ulaşılabilmektedir. Endüstriyel değeri olan bu rezervlerin değerlendirilebilmesi için cevher hazırlama ve zenginleştirme çalışmalarına ihtiyaç olduğu ilgili raporlarda belirtilmiştir (www.mta.gov.tr, öik rapor, 2007). Diğer taraftan nadir toprak elementlerinin (NTE) silikatlarında oluştuğu volkanik, granitik ve pegmatitik yataklarla ilişkili olduğu, kayaç formundaki lantanitlerin silikatlar olarak ta bulunduğu belirtilmektedir (NTE raporu, 2017). NTE'lerin kazanılmasına yönelik Türkiye'de sınırlı sayıda çalışma olduğu, katma değeri oldukça yüksek bu ürünlerin kazanımına yönelik zenginleştirme çalışmalarına ihtiyaç olduğu bilinmektedir.

Silikatlar olarak sınıflandırılan mineral grubu içinde endüstriyel değeri olan minerallerin yeraltından madencilik teknikleri kullanılarak çıkarılması ve endüstrinin ihtiyacı olan boyut ve özelliklere yine cevher hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri ile getirilmesi zorunluluktur. Başta feldspat mineralleri ve kuvars olmak üzere silikatların maden işletme yöntemi açık işletme ağırlıklıdır. Açık

işletme teknikleri ile yer altından çıkarılan cevherlerin zenginleştirilmesinde ise, oluştuğu yatağın özelliklerine göre boyut küçültme, eleme ve yıkama gibi basit teknikler yeterli olurken, genelinde kompleks zenginleştirme yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Silikatların zenginleştirilmesinde fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal hatta biyolojik yöntemler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, başta feldspat mineralleri ve kuvars olmak üzere endüstriyel silikatların, kullanıldıkları sektöre yönelik kullanım standartları ve bu standartlara ulaşılabilmesi için yararlanılan geleneksel ve yeni teknoloji zenginleştirme yöntemleri değerlendirilmiştir.

2. ENDÜSTRİYEL SİLİKATLARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN FİZİKSEL YÖNTEMLER

Cevher zenginleştirmede yöntem seçimi cevher oluşumunda bulunan değerli mineral ile gang minerallerinin özellik farklarına ve serbestleşme boyutuna göre yapılmaktadır. Daha ekonomik ve çevreci olduğu bilinen fiziksel yöntemler genellikle iri boyutta zenginleştirme işlemi yapılan yöntemler olarak bilinmektedir. Ancak günümüzde gelişen teknolojiler ile mikronize boyutlara kadar ayırma yapan santrifüj esaslı yöntemler fiziksel zenginleştirmenin uygulama alanlarını genişletmiştir. Bilinen fiziksel zenginleştirme yöntemleri; boyuta göre ayırma, elle ve otomatik ayıklama, gravite ayırması, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma gibi yöntemlerdir.

Silikat mineralleri doğada saf olarak bulunabildikleri gibi çeşitli safsızlıklar içerebilmektedir. Ayrıca, birçok değerli cevher (metalik cevher, kömür vb) içinde gang mineralleri şeklinde de bulunmaktadır. Gerek endüstriyel değeri olan silikatlardan safsızlıkların uzaklaştırılmasında gerekse diğer değerli cevher

oluşumlarından silikatların uzaklaştırılmasında fiziksel zenginleştirme yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

Feldspat oluşumları başta feldspat mineralleri (albit, mikroklin, ortoklaz, anortit) olmak üzere mika, biotit, Fe-mineralleri, rutil vb. safsızlıklar ile birlikte kuvars içermektedir. Satılabilir feldspat konsantresinde kullanılacağı sektöre göre aranan özellikler değişmektedir. Örneğin seramik kalite bir K-feldspatta K_2O>%8, Na_2O < %4 ve Fe_2O_3 + TiO_2 <%0.1 istenirken, Na-feldspatta Na_2O %7-11, K_2O %0.5-3, ve Fe_2O_3 + TiO_2 < %0.1istenmektedir (Burat, F.,2017). Cam ve porselen kalite feldspatta K_2O>%10 ve Fe_2O_3 <%0.1 istenmektedir. Porselen sanayinde K_2O/Na_2O oranın ise 3'ten büyük olması beklenmektedir. Diğer taraftan optik cam kalite feldspatta renk verici Fe, Ti gibi elementlerin ppm seviyesinde olması istenmektedir. Feldspat konsantresinin boyutunun ise genellikle -200 mesh olacak şekilde öğütülmesi gerekmektedir. Çizelge 1'de Türkiye'de üretilen feldspat konsantrelerinin özellikleri verilmiştir. Genel olarak çok ince boyutta serbestleşen bu minerallerin fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilmesi güçtür. Ancak, özellikle renk verici minerallerin manyetik ayırma ile uzaklaştırılabildiği bilinmektedir (Burat et al 2007). Geleneksel manyetik ayırıcılar ile yapılan bazı çalışmalarda özellikle hematit, limonit gibi Fe minerallerinin uzaklaştırılmasında başarılı sonuçlar alınmıştır (Gülsoy vd., 2003). Günümüzde Esan, Ak Maden gibi kuruluşlarında kullandığı, Jones manyetik ayırıcısının modifikasyonu ile Çin tarafından üretilen SLon manyetik ayırıcısı hematit ve limonitten daha zayıf olan biotit, amfibol, hornblend, piroksen ve turmalin gibi düşük manyetik duyarlıklı Fe içeren silikatların ayrılmasında kullanılmaktadır (Bayraktar, İ, 2012)., Diğer taraftan flotasyonda HF kullanımının kısıtlanması ile feldspat-kuvars ayrımında özellikle feldspatik kumlardan kuvarsın uzaklaştırılmasında tribostatik ayırıcının kullanılabileceği belirtilmektedir (Bayraktar, İ, 2012). Kademli ve

Gülsoy, 2004 ise feldspat cevherinden mikaların spiral ile uzaklaştırılabileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmada %0,71 Fe_2O_3 içeren Na-feldspatın Fe içeriği biotit türü mikaların uzaklaştırılmasıyla %0,07 Fe_2O_3'e indirilmiştir. Terzi ve Kurşun (2015) ise sarsıntılı masa ve MGS ile yaptığı çalışmalarda feldspat atıklarından titanyumun %89,33 verim ile kazanılabileceğini belirtmişlerdir. Flotasyon öncesi ön çalışma olarak uygulanan sedimantasyon tekniği ile şlam uzaklaştırma işleminde de demir oksitlerin bir miktar uzaklaştığı görülmüştür (Lv. vd., 2013) Görüldüğü üzere gelişen teknoloji ile kullanılan yeni fiziksel zenginleştirme cihazları ve yöntemleri feldspat zenginleştirmede geleneksel olarak kullanılan üç kademeli flotasyonun çeşitli aşamalarına alternatif olabilecek gelişmelere sahiptir.

Çizelge 1.Türkiye'de üretilen feldspatlar ve özellikleri (Feldspat raporu, 2010)

Kırılmış ve harmanlanmış				Flotasyonla zenginleştirilmiş				Öğütülmüş
Bileşenler %	**Standart kalite**	**Orta kaliteli**	**Yüksek kaliteli**	**Cam kalite**	**Flote cam kalite**	**Frit**	**Yüksek cam kalite**	**K Feldspat**
SiO_2	68-70	68-70	68-70	70-71	70-71	70-71	68-70	65-70
Al_2O_3	17-18	17-18	17-18	18	18	18	18-19	18
TiO_2	max0.30	max0.16	0.10-0.12	max0.20	max0.03	max0.02	max0.05	eser
Fe_2O_3	max0.15	max0.08	max0.08	max0.04	max0.02	max0.01	150ppm	max0.12
Na_2O	10.0	10.0	10.0	min 10.0	min10.0	Min 10.0	min10.0	min 3.00
K_2O	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	min10.0
LOI	0.60	0.50	0.50-0.60	0.30	0.20	0.30	0.25	0.40
Boyut	-10 mm ya da öğütülmüş			-250 mikron	-400 mikron	-250 mikron	-400+74 mikron	-10 mm ya da öğütülmüş

Kaynak: Dr.Eng.İhsan Bozdoğan

Kuvars, kuvarsit ve kuvars kumu şeklinde üç farklı yapıda bulununan kuvars cevherleri, feldspatta olduğu gibi çeşitli safsızlıklarından arındırıldıktan sonra endüstriyel ürün olarak adlandırılmaktadırlar. Kuvars kumu 2mm'den küçük kuvars tanecikleridir. Kuvars kumu kil, feldspat, demiroksitler ve karbonatlar içermektedir. Endüstriyel kuvars kumunda aranan standartlar sektöre göre Çizelge 2. de özetlenmiştir. Oluştuğu sahada Çizelge 2'de verilen özellikte kuvars kumu üretmek çoğu zaman güç olduğundan

zenginleştirme işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Silis kumlarından kil ve demirli bileşiklerin uzaklaştırılmasına yönelik fiziksel, fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik yöntemler geliştirilmiştir. Literatürde bilinen fiziksel yöntemler dağıtma ve sınıflandırma, gravite ayırması, manyetik ve elektrostatik ayırma yöntemleridir.

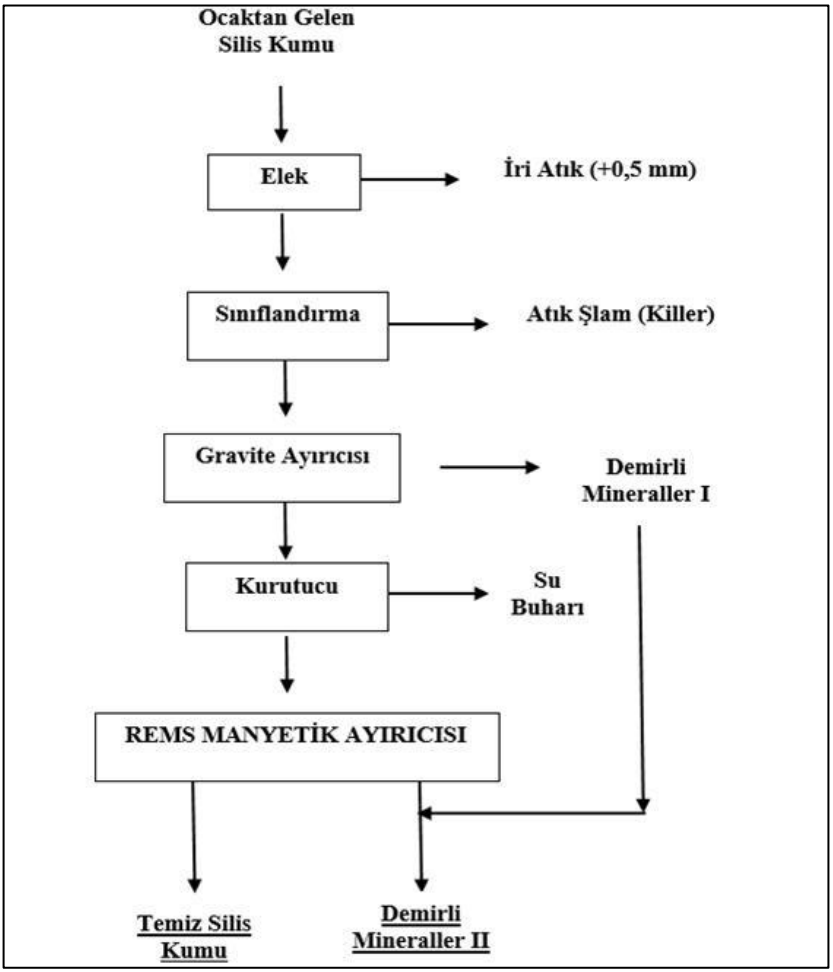
Çizelge 2. Kuvars kumu kullanım alanları ve standartları

Kullanım Alanı	**Standart Özellikler**
Cam Üretimi	Minimum % 98 SiO_2, maksimum % 0.1 Fe_2O_3 içermesi ve tane boyutu aralığının -0,5 +0.106 mm olması gerekmektedir.
Silika Tuğla	Ateşe dayanımı minimum 1700 °C olmalıdır. Ayrıca SiO_2 oranının % 95-99, Fe_2O_3oranının % 0,3 -1.3, AI_2O_3 içeriğinin % 0.1-2.8, CaO içeriğinin % 0.2-2.4, Na_2O ve K_2O içeriğinin ise % 0.2 - 1.5 olması gerekmektedir. Düşük kalitede silika tuğla üretimi ise % 87 -96 oranında SiO_2 içeren kuvars kumlarından yapılmaktadır.
Curuf yapıcı	SiO_2 oranı minimum % 90, AI_2O_3 ve Fe_2O_3 oranı maksimum % 1.5, MgO ve CaO içeriği ise max. % 0.2 olmalıdır.
Döküm	Kuvars kumunun -0,7+0,1mm boyutunda olması, dengeli dağılması ve 1500ºC ‘de sinterleşmemesi gerekir. SiO_2 içeriği minimum %95, CaO ve alkali toplamı minimum %0,6 olmalıdır.
Silikon-ferrosilikon üretimi	SiO_2 oranı minimum % 96-98, AI_2O_3 ve Fe_2O_3 oranı max. % 0.2 olmalıdır.
Gaz Beton	SiO_2 oranının en az % 75.5, yapı kumunda en az % 95, pres tuğla yapımında ise en az %80 olması gerekmektedir
Seramik Çamuru	SiO2 içeriği % 90 -92, AI_2O_3 içeriği % 6-8, Fe_2O_3 içeriği % 0.5, TiO_2 oranı % 0.45 olmalıdır. Frit ve Sır üretiminde kullanılacak kuvars kumunun SiO_2 içeriği min. % 99.4, AI_2O_3 oranı % 0.01, Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO ve Na_2O içeriği % 0.03 ve K_2O oranı % 0.06 olmalıdır. Bu amaçla kullanılacak kuvars kumlarının; +0.032 mm boyut grubunda % 8,0 -26.5 ve 0.032 mm boyutunda ise % 73.5 -92,0 oranında malzeme olmalıdır.

BS 2975:1988 standardı cam kumları kalitelerini belirlemede kullanılmaktadır.

Cevherleşmeye bağlı olarak basitçe dağıtma ve ince boyutta hidrosiklon kullanılarak yapılan boyutlandırma ile kuvars kumlarının zenginleştirilmesi mümkün iken, bu işlemlere gravite ve manyetik ayırmanın eklendiği prosesler de mevcuttur. Şekil 2’de silis

kumlarının fiziksel yöntemler ile zenginleştirilmesini gösteren akım şeması verilmiştir.



Şekil 2. Silis Kumunun Fiziksel Yöntemler İle Zenginleştirilmesine Örnek Akım Şeması (Hacıfazlıoğlu, 2011)

Bu aşamada geleneksel yöntem ve cihazlar kullanılmakla birlikte son yıllarda geliştirilen yeni teknoloji cihazlar ile kuvars kumlarındaki safsızlıkların oldukça başarılı bir şekilde uzaklaştırıldığı görülmektedir. Boyutlandırma ile ayırma ve şlam uzaklaştırma

aşamalarında kullanılan Floatex ayırıcısı ve Derrick Stack Sizer kuvars ve feldspat flotasyonu öncesi şlam uzaklaştırmada kullanılabildiği gibi kuvars kumundan mika ve kil uzaklaştırmada 75 mikron metre boyutuna kadar başarılı bir şekilde kullanılarak geleneksel hidrosiklonlara alternatif olmuşlardır. Otokumpu tarafından geliştirilen Carpco Model LC3700 spiral ayırıcısı ise zenginleştirmede santrifüj kuvvetten yararlanılan yeni teknoloji bir cihaz olup, günümüzde kuvars kumu zenginleştirme proseslerinde yerini almıştır. Sallantılı masalara ve geleneksel spirallere alternatif olan bu cihaz Meksika silis kumundaki Fe_2O_3 içeriğini %0,10'den %0,055'e indirmiştir (Hern ve Sadowski, 2011). Gravimetrik yöntemlerin tek başına yetersiz olduğu kuvars kumu zenginleştirme proseslerinde, renkli minerallerin uzaklaştırılması amacıyla tek başına ya da gravimetrik yöntemler ile birlikte manyetik ayırma yapılmaktadır. Manyetik Alan Şiddeti 21000 Gauss'a kadar çıkan REMS (rear eart magnetic separator) tipi manyetik ayırıcılar (Permroll ve Inprosys) 50-0,075mm boyutu aralığında kuru 0,075 mm altında ise yaş olarak uygulandığında silis kumlarında demir içeriğini başarıyla istenilen standartlara çekebilmektedirler (Hacıfazlıoğlu, 2011). Yine yeni teknoloji Jones manyetik ayırıcısı ve SLon Türkiye'de çeşitli tesislerde kullanılmaktadır.

Endüstriyel silikatlar içinde çeşitliliği ile öne çıkan mineral grubu killerdir. Kil mineralleri içinde ise bentonit (montmorillonit) ve kaolinler endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Kuvars ve feldspatlarda olduğu gibi bentonit ve kaolin bünyesinde de Fe, Ti bileşikleri yanında bu minerallerin reolojik özelliklerini etkileyen Ca, K, Na bileşikleri vardır. Satılabilir bir bentonit konsantresinde aranan standartlar TSE tarafından belirlenmiştir. TS977, TS5360, TS11442, TS11326, TS11136, TS11441 sırasıyla sondaj, döküm, lastik, deterjan, seramik, kağıt sanayiinde kullanılacak bentonit betonit standartlarıdır. Ayrıca yağ ağartmada 1gr tonsilin ağartma gücüne eş

alınıp hazırlanan TS2583 standardı vardır. Kaolen konsantrelerinde aranan özellikler ise Çizelge 3'te verilmiştir. Seramik sanyinde kullanılan kaolenin TS standardı TS5396 iken, genel olarak endüstride kullanılan kaolen standartları TS'de TS2869 koduyla bilinmektedir. Ayrıca, cam elyaf üretimi için istenilen kaolinde % 37 Al_2O_3 % 44 SiO_2 en fazla % 1 Fe_2O_3 % 2 Na_2O ve % 1 H_2O olması istenirken, otomobil ve metal parlatıcılarında, oksitlenmiş yüzeyleri temizlenmesinde kullanılan kaolende en fazla 2 ppm arsenik ve en fazla 20 ppm ağır metal bulunabilir. Kalsine edilmiş kaolin (% 90' ı 2µm altı) diş macunlarında kullanılır. Mürekkep filminde kullanılan kaolenin boyutu ise 5- 15 mikronmetredir.

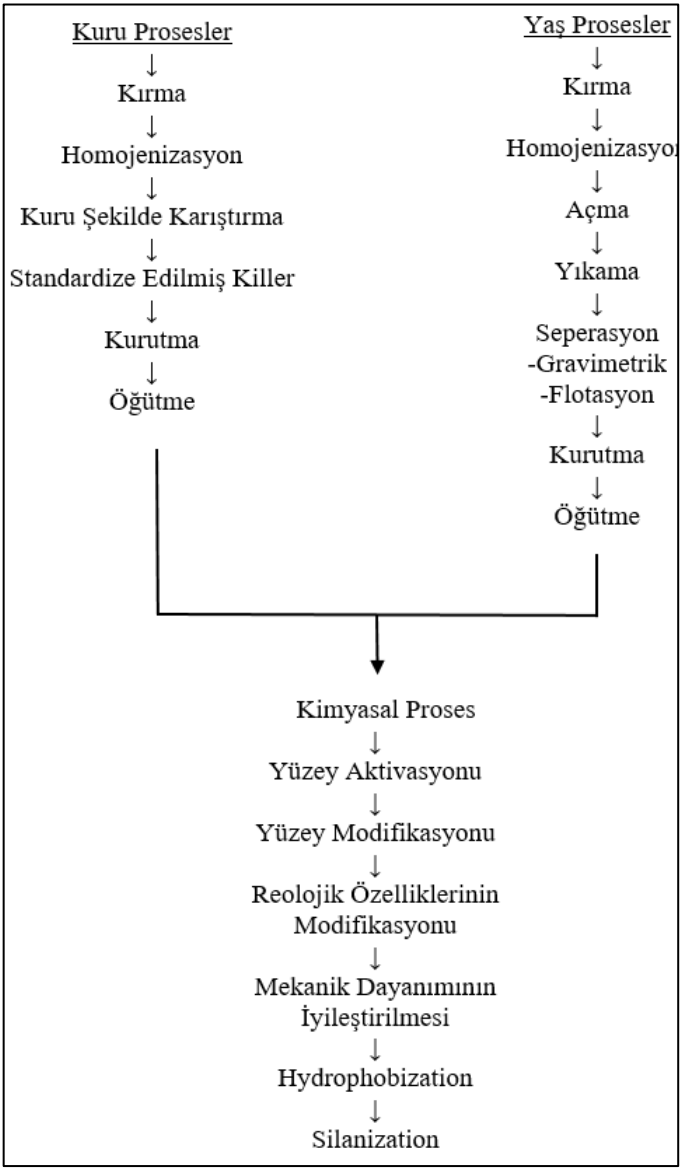
Çizelge 3. Kaolen Konsantrelerinde Aranan Özellikler

	Kağıt Kaolini Dolgu Kaplama		Porselen	Çimento		Seramik
				1	2	
SiO_2	48	47	46-48			
Al_2O_3	min % 35	min % 35	min % 30	min % 30	% 28	% 15-30
Fe_2O_3	max 0.4	max 0.4	max 0.5	max 0.4	max 0.4	max 0.5-1
TiO_2	max 0.05	max 0.05	max 0.1			
CaO	0.2	0.1	0.2			
MgO	0.2	0.1	0.5			
K_2O	1.5	0.5	1-1.5			
Na_2O	0.2	0.2	0.1-0.3			
SO_3	max %1	max %1	Eser	max % 1	max % 1	max % 0.2
A.Z	% 12-13	% 12-13	% 11-13			
-2 mikron	% 60	% 80		-5 cm	-5 cm	
+10 mikron	max % 10	max % 2		-10 cm	-10 cm	
+50 mikron	max % 0.1	max 0.05				
Beyazlık	min % 80	min % 85				
Aşındırma	30	50				
Viskozite	68-70	68-70				

Yukarıda belirtilen standartlarda ürün temini için mutlaka cevher hazırlama ve zenginleştirme çalışmaları yapılmalıdır. Killerin zenginleştirilmesinde yıkama gibi basit proseslerden, biyolojik liçe kadar kompleks proseslerden yararlanılmaktadır. Dağıtma ve boyut sınıflandırması ile basitçe başlayan kil zenginleştirme akım

şemalarında kullanılan fiziksel yöntemlerde gravite ayırıcıları ve manyetik ayırıcılar kullanılmaktadır. Killerin zenginleştirilmesinde kullanılan yaş ve kuru proseslere ait genel akım şemaları Şekil 3'de verilmiştir. Türkiye-Reşadiye bentonitlerinin hidrosiklon ile zenginleştirlebileceği, Na-bentonitten feldspat, kuvars, kalsit ve biyotit gibi safsızlıkların uzaklaştırılabildiği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Boylu vd., 2007, 2010; Erkan, 2008). Diğer taraftan ultra saf bentonit üretimine yönelik santrifüj esaslı tekniklerin başarılı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur (Boylu vd., 2012). Ancak, killerin fiziksel zenginleştirme öncesi çok iyi dağıtılması gerekmekte olup, dağıtma işleminin mekanik karıştırıcılar yanında, ultrasonik kuvvetler yardımıyla da başarıyla gerçekleştirildiği bilinmektedir.

Endüstriyel değeri olan zeolit ve talk ise kuvars, feldspat ve killerde olduğu gibi benzer fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile kullanım alanlarına uygun özellikler kazanmaktadır. Endüstriyel kalite bir talkta aranan özellikler TS standarları TS10521 kağıt, TS10043 seramik, TSE2973 kozmetik ve TS5456 genel kullanım alanları için belirlenmiştir (Çizelge 4). Ayrıca boyut, renk, aşındırma değeri, rutubet ve özellikle kozmetikte ağır metal içeriği talk konsantrelerin de aranan diğer özelliklerdir (öik rapor, 2007). Zeolitte ise halen kullanılmakta olan standartlar yoktur. ISO-9000 ve ISO-14000'ye uyum konusunda TSE tarafından bir çalışma yapılmadığı belirlenmiştir. Şu an için zeolitlerden yalnızca klinoptilolit minerali için hayvan yemi katkısı olarak kullanımı için Tarım ve Köy İşleri Bakanlığınca verilmiş bir izin (izin no: 508-186 ve 18-5-1999) vardır.



Şekil 3. Kil Zenginleştirme Genel Akım Şeması

Çizelge 4. Talk TSE Standartları

	TSE 10521 Talkın Kağıt Sanayiinde Kullanımı		TSE 10043 Talkın Seramik Sanayiinde Kullanımı		TSE 2973 Talkın Kozmetik Sanayiinde Kullanımı	TSE 5446 Talkın Öğütülmüş Sanayiinde Kullanımı
Genel Görünüş	Talk Beyaz olmalı				Beyaz ve yabancı madde içermemelidir.	Beyaz, Gri, Kirli sarı ve Yeşil
Beyazlık-Renk	457 nm dalga boyundaki ışığın yansıtma miktarı baz alınır. 1. Sınıf : % 90 2. Sınıf : % 80		Magnezyum oksitin 504 nm ışığı yansıtması baz alınarak 1. Sınıf : % 80 2. Sınıf : % 70			
Tane Dağılımı	1. Sınıf 2µ'den küçük En az % 65, 2-45 µ arası en çok % 35, 2. Sınıf 45 µ'dan küçük en az % 98, 45 µ'dan büyük en çok % 2		% 98'i 45 µ'dan küçük olmalı		150 µ'dan büyük % 0,1 90 µ'dan büyük % 2,0	63 µ % 0,1 45 µ % 1,0 < 20 µ % 95 < 10 µ % 70 < 5 µ % 40 < 2 µ % 15
Rutubet	% 1'den fazla olmamalıdır.		% 2'den fazla olmamalıdır.			% 1
Aşınma Değeri	En fazla 6 olmalıdır.					
	1. Sınıf	2.Sınıf	1. Sınıf	2.Sınıf		
SiO_2 (en az)	% 60	% 55	% 60	% 55		% 52
MgO (en az)	% 31	% 28	% 30	% 27	% 30	% 25
Fe_2O_3 (En çok)	% 0,5	% 1,5	% 0,5	% 1,5	% 0,75	Fe_2O_3+Al_2O_3 : % 4
Al_2O_3 (En çok)	% 2	% 3	% 2	% 4		
CaO (En çok)	% 0,5	% 1	% 1,0	% 1,5		% 4
Alkali Oksitler	% 0,06	% 0,06	% 0,5	% 0,5		
MnO (en çok)	% 0,2	% 0,2				
Kızdırma Kaybı	% 7,0	% 7,0	% 6	% 8	% 7 En çok	% 7
Kireç (en çok)			% 1	Aranmaz	% 1,5	
Özgül Ağırlık					2,6-2,8	2,70-2,80
Pb					20 ppm	
As_2O_3					% 2	
pH					9,5	6,50-9,50

Vermikülit, endüstriyel olarak genleşme özelliğine sahip tüm mika grubu minerallerini de (flogopit, biotit ve hidrobiotit) kapsayan genel bir terim olarak kullanılmaktadır. Vermiküliti sulu magnezyum, alüminyum, demir silikat olarak da tarif edilmekte olup, genelde toprak zenginleştirici olarak kullanılmaktadır. Açık ocak işletmeciliği üretilen vermikülite cevher hazırlama ve zenginleştirme ile satılabilir özellikler (uygun tenör ve tane boyutu) kazandırılmaktadır. Ocaktan çıkan cevher kırma ve öğütme işlemlerinden sonra şlam uzaklaştırmaya tabi tutulur. Farklı boyut gruplarına göre sınıflandırıldıktan sonra satışa sunulan vermikülitin bazı fraksiyonlarına ise flotasyon işlemi uygulanmaktadır. Diğer taraftan bir çok değerli metal cevherleşmesinde (altın, gümüş vb.) yan taş olarak bulunan silikatların uzaklaştırılmasında falcon-knelson gibi santrifüj ayırıcılar kullanılmaktadır.

3. SİLİKATLARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN FİZİKO-KİMYASAL YÖNTEMLER

Endüstriyel silikatların bir kısmı dışında büyük çoğunluğu ince boyutlarda serbestleştiği için fiziksel zenginleştirmeye cevap verememektedir. Bu nedenle fizikokimyasal bir zenginleştirme yöntemi olan flotasyon tekniği günümüzde yaygın olarak uygulanmaktadır. Flotasyon minerallerin yüzey ve ara yüzey özellik farklılıklarından yararlanılarak gerçekleştirilen kinetik bir yöntemdir. Başta kimyasal parametreler olmak üzere, flotasyon cihazı ile ilgili parametreler ve çalışma parametreleri flotasyonda seçimliliğe ve verime etki etmektedir. Birçok endüstriyel mineralin zenginleştirilmesinde kullanılan flotasyon tekniğinin gelişen teknolojiler ile uygulama alanı genişlemektedir. Bu kapsamda geliştirilen jameson flotasyon hücresi, dissolved air flotation hücresi gibi yeni cihazlar flotasyonda tane boyutu ile ilgili problemleri çözmektedir. Ülkemizde Tüfekçioğlu tarafından TÜBİTAK destekli olarak geliştirilen 100 mikron metre tane boyutu altında çalışan 5, 10, 20m^3'lük hücreler tasarlanmış ve uygulamaya alınmıştır. Ayrıca kapasite sorununu ortadan kaldırmaya yönelik dev hücreler dünyada geliştirilmektedir. Outotec tarafından geliştirilmiş 630 m^3'lük Outotec TankCell e630 dünyanın en büyük hücresi olup, halen Meksika'da Buenavista del Cobre bakır-molibden madeninde kullanılmaktadır. Diğer taraftan yeni kimyasallar ya da karışım kimyasalları pahalı ve çevreci olmayan kimyasalların yerini almaktadır.

Silikatlerin flotasyonunda diğer minerallerin flotasyon mekanizmalarından farklı olarak reaktif adsorbsiyonu genellikle elektrostatik etkileşim kuvvetlerinin (asit-baz) etkisi ile fiziksel olup yüzey yükü büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle ortamda yüzey yükünü belirleyen H^+ ve OH^- iyonları yanında diğer potansiyel belirleyen (Ca^{++}, Na^+, K^+, Pb^{++}, vb.) iyonların etki mekanizmalarının

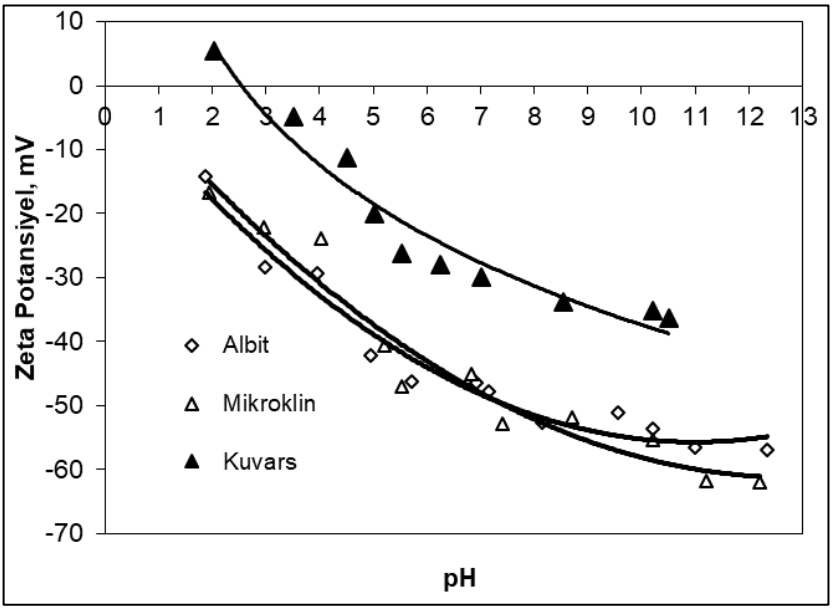
iyi biliniyor olması gerekmektedir. Silikat minerallerinin yüzeyinde pH artışıyla beraber negatif sitelerin arttığı,

$SiOH + OH^- = SiO^- + H_2O$

bunun tersi olarak pH'nın azalmasıyla pozitif siteleri arttığı

$SiOH + H^+ = Si^+ + H_2O$

belirtilmektedir (Demir, vd., 2001). Şekil 4'te kuvars ve feldspat minerallerine ait zeta-potansiyel eğirileri görülmektedir. Şekil de görüldüğü üzere silikatlar negatif yüzey yükü verdiğinden katyonik flotasyon ile yüzdürülmektedirler. Beraberinde bulunan renk verici mineraller ise genellikle anyonik reaktif ile yüzdürülmektedir.



Şekil 4. Bazı Silikat Minerallerinin pH ya bağlı Zeta Potansiyel Eğrileri

3.1. Feldspat flotasyonu

Feldspatların genel zenginleştirme işlemleri; kırma, kapalı devre öğütmeyi takiben renk vericilerin manyetik ayırma ile uzaklaştırılmasını takiben yapılan üç kademeli flotasyon işlemidir. Ayrıca flotasyon öncesi ayıklama-yıkama, boyuta göre sınıflandırma, elektrostatik ayırma ve manyetik ayırma ile zenginleştirme yöntemleri de az da olsa kullanılmaktadır. Uygulamada, kuru manyetik ayırma + flotasyon, flotasyon + kuru/yaş manyetik ayırma, kuru manyetik ayırma + flotasyon + yaş manyetik ayırma gibi bir çok feldspat zenginleştirme proses tasarımları ile karşılaşmak mümkündür (Sümer ve Kaya, 1995). Feldspat mineralleri arasındaki selektif ayrım ise sadece flotasyonla gerçekleşmektedir (Demir, 2000-; Gülgönül, 2004; Karagüzel, 2005).

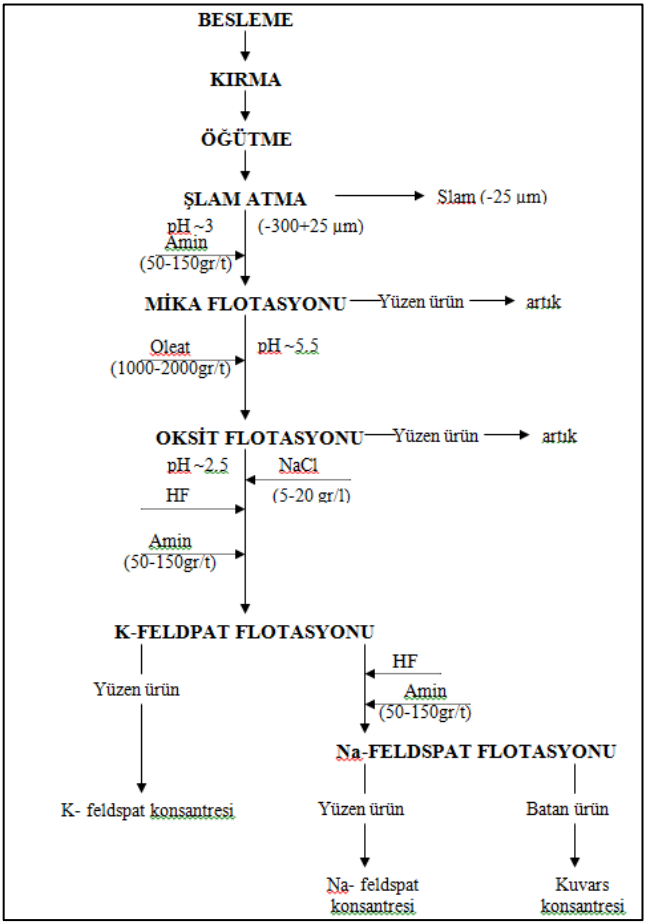
Üç kademeli Flotasyon yönteminde, önce mikalar değişik yöntemler kullanılarak uzaklaştırılır. Bu yöntemlerden ilki mikanın düşük pH'larda az miktarda amin (coco-amin (C12), triamil amin, tallow amin vb.) ile yüzdürülmesidir. Mikanın ayrılması için kullanılan bir diğer yöntem ise pH 9.0-10.0'da katyonik-anyonik kollektör karışımları ile yüzdürülmesidir. Bu yöntemlerde kuvars ve feldspatları bastırmak için lignin sülfonat ve sodyum karbonatın bir bileşimi kullanılır. Bazı durumlarda bastırıcı kullanılmadan da seçimli flotasyon mümkündür. Mika flotasyonunun ardından renk verici safsızlıkların uzaklaştırılması için metal oksit flotasyonu uygulanır (Manser, 1975, Karagüzel, 2000). Renk verici empüriteler genellikle demir bağlı silikat mineralleri olarak cevher yapısında karşımıza çıkmaktadırlar. Bu tür cevherlerin ortamdan uzaklaştırılması pH 3-4'te sülfonat tipi bir kollektörle mümkün olmaktadır (Bayraktar, 1997; Rao ve Forsberg, 1995). Mika ve demirli saksızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra son flotasyon aşamasında feldspat flotasyonla kuvarstan ayrılır. Yaklaşık %50 katı oranında gerçekleştirilecek flotasyon için ortama HF ve H_2SO_4 ya da NaF ve H_2SO_4 ilave edilerek

hem pH 2,5'e ayarlanır hem de canlandırma için yeterli florür iyonu verilir. Flotasyon ortamına uzun zincirli katyonik bir reaktif ve bir köpürtücü ilave edilerek 8-10 dakika koşullandırma sonunda feldspat yüzdürülür (Okur, 1984; Rao ve Forsberg, 1993; Çelik, vd.,1998; Karagüzel, 2000).

Tüm bu işlem kademelerinden sonra feldspat mineralleri arasında Na-K feldpat ayrımı yapılacak ise bu kez albitin NaCl ile bastırıldığı düşük pH da katyonik reaktif ile mikroklinin yüzdürüldüğü flotasyon sistemi kullanılmalıdır. Burada ayrım mekanizması iki şekilde açıklanmaktadır. Birinci mekanizma; Na yüzeyinde bulunan Na iyonlarının ortamda bulunan Na iyonları nedeniyle ortama geçişinin baskılanarak toplayıcı adsorbsiyonun engellenmesi ile albitin bastırılması şeklinde açıklanmıştır. İkinci mekanizmada ise Na iyonun albit yüzeyi için yapı geliştirici iyon olması nedeniyle amin adsorbsiyonunu engelleyerek albitin bastırılması şeklindedir (Karagüzel, 2005). Feldspat flotasyonu genel akım şeması Şekil 5'te verilmiştir.

3.1.1. Feldspat- Kuvars Ayrımına Yönelik Flotasyon Çalışmaları

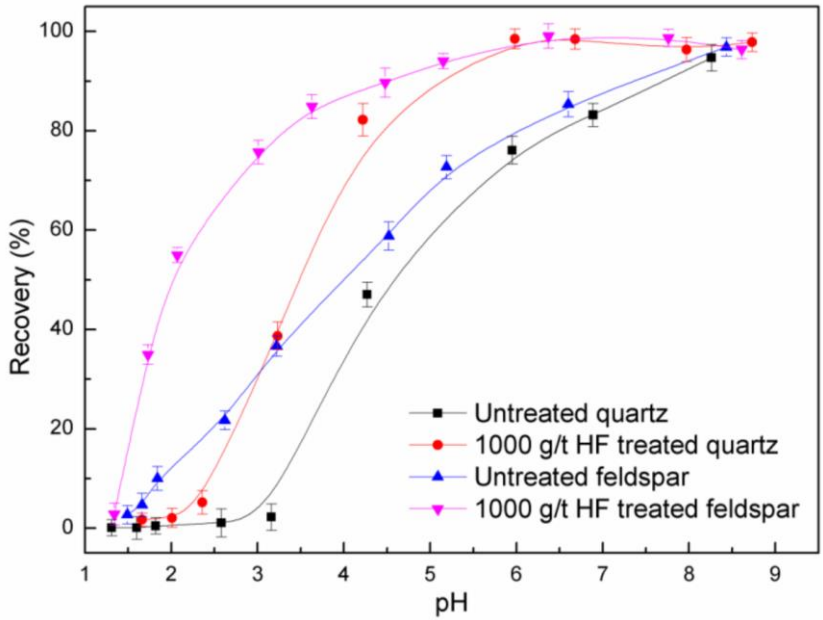
Feldspatların kuvarstan selektif olarak ayrımı katyonik toplayıcılarla asidik ortamda HF varlığında gerçekleştirilir. Ancak HF' in korozifliği ve çevre sağlığını olumsuz olarak etkilemesi nedeniyle bu yönteme alternatif olacak yöntemler (fiziksel ve fizikokimyasal) günden güne hız kazanarak araştırılmaktadır (El-Salmawy, 1990, 1993a, 1993b, Kılavuz ve Gülsoy 2000).



Şekil 5. Feldspat Flotasyonu Genel Akım Şeması (Demir, 2001)

HF kullanılarak yapılan feldspat-kuvars flotasyonu

HF kullanılarak yapılan feldspat kuvars ayrımı geleneksel bir yöntemdir. Seçimli flotasyon feldspatın florür iyonları ile canlandırılması ve asidik pH'larda uzun zincirli katyonik toplayıcılar ile yüzdürülmesi esasına dayandığı söylenmektedir. Benzer şartlarda kuvarsın bastırıldığı ifade edilse de henüz ispatlanmış genel bir görüş yoktur. Şekil 6'da HF varlığında kuvars ve feldspat minerallerine ait flotasyon eğrileri görülmektedir.



Şekil 6. 2x10-4 M DDA konsantrasyonunda yapılan feldspat kuvars flotasyon grafiği (Wang vd., 2018)

Şekil 6'da görüldüğü gibi HF varlığında feldspatın canlandığı görülmektedir. Diğer asitlerle yapılan çalışmalarda ise HF ile sağlanan verim değerlerine ulaşılamamıştır (Karagüzel vd., 2007). Florür iyonunun feldspat yüzeyini nasıl bir mekanizma ile canlandırdığı da henüz ıspatlanmamıştır. Ancak, bu konuda yapılan çalışmalar özetlendiğinde aşağıdaki görüşler ortaya atılmıştır (Manser (1975);

- Yüzeylerdeki amorf tabakanın çözülüp uzaklastırılması yoluyla mineral yüzeylerinin temizlenmesi (Dean ve Ambrose, 1944)

- Çözeltide SiF6 -2 veya SiF6-2—amin karmasıklarının olusarak yüzey alüminyum atomları üzerine adsorplanması (Smith, 1965)

- Mineral yüzeylerinde negatif yüklü alüminyum- florür komplekslerinin oluşması (Buckhenham ve Rogers, 1954; Schubert ve Abido, 1967)

- Çözeltideki çok değerlikli potansiyel belirleyici katyonların florür ile kompleksler oluşturması (Manser, 1975)

- Mineral yüzeyinde bir potasyum veya sodyum silikoflorür tabakasının oluşması (Manser, 1975)

HF kullanılmadan yapılan feldspat-kuvars flotasyonu

1960'lı yıllardan itibaren bir çok araştırmacı HF kullanmadan feldspatı kuvarstan ayırma konusunda çalışmıştır. Klyachin vd., (1969), HF'ten kaynaklanan çevresel etkiyi azaltmak ve aynı zamanda da feldspat konsantresinin tenörünü artırmak için, katyonik toplayıcı ve HF ile koşullandırmadan sonra yüzdürme işleminde HF yerine HCl veya H_2SO_4 kullanılmasını önermiştir. Aynı yazar daha sonra (1972), feldspat minerallerinin tetradesil amin ile yüzdürülmeleri sırasında %85 NH_4FHF ve %15 NH_4F içeren karışımın %30'luk çözeltisinin, eşdeğer HF ile aynı etkiyi gösterdiğini öne sürmüştür (Utine, 1987). Düşük pH'larda (pH:2) EDTA'nın modifier olarak kullanıldığı feldspat kuvars ayrımında başarılı sonuçlar alınmış olsa da atık sulardaki düşük pH'nın çevresel problem oluşturacağı düşünülmüştür (Zhang vd., 2018).

Manser (1975), Shapolov ve Polkine (1958) dayanarak feldspatların anyonik toplayıcılar ile kolayca yüzmeyeceğini, fakat anyonik toplayıcılara karşı katyonlar ile, kuvarsa benzer bir biçimde canlandırılabileceklerini belirtmekte ve mikroklinin hafif asit koşullarda demir ile yüksek pH'larda ise kalsiyumla kolayca canlandırılabileceğini belirtmektedir. Nikel'skaya ve Skobev (1967), Al, Fe ve Ca tuzlarının kuvars, feldspat ve sillimanit üzerinde canlandırıcı etkisinin bulunduğunu fakat 300 mg/l'den daha derişik çözeltilerde bu minerallerin hem asit hem de alkali ortamlarda yüzdürülmelerinin zorlaştığını belirtmektedir. Klyachin ve diğ. (1969), feldspatın $CuSO_4$, $CaCl_2$ ya da başka çok değerlikli metal tuzları ile canlandırılabileceğini ancak birlikte canlanan

kuvarsın bastırılabilmesi için cevherin yeniden HCl veya H_2SO_4 kullanılarak pH 2-3'te işlem görmesi gerektiğini belirtmiştir. Klavuz ve Gülsoy (2000) feldspat-kuvars ayrımında metal iyonların (Pb, Al, Ba, ve Mg) etkisini oleat varlığında incelemişlerdir. Bu incelemeye göre;

-Sadece Pb iyonlarının etkin bir ayırmaya neden oldukları (2000gr/t Na-oleat ve 300gr/t Pb(NO)3,

-Kondisyonlama süresinin önemli bir parametre olduğunu ve en iyi ayırmanın kısa kondisyonlamada başarıldığını,

-En iyi ayırmanın doğal pH'da (pH=7.6) olduğunu,

-Kazandıkları konsantrenin özelliklerinin konvensiyonel metotla kazanılan konsantrenin özellikleri ile hemen hemen aynı olduğunu bulmuşlardır.

Tüm bu çalışmaların dışında; literatür çalışmaları irdelendiğinde karışım reaktiflerin HF'li çalışmalara alternatif olacağı değerlendirilmektedir.

Feldspat zenginleştirilmesi için anyonik-katyonik toplayıcıların birlikte kullanılmasını öneren ilk patent Bunge (1965) tarafından alınmış ve primer amin veya primer amin tuzunun etoksillenmiş ya da propoksillenmiş yağ asidi, yağ amid ya da yağ aminin koşullandırma sırasında birlikte kullanılmasını önermiştir. Verheyden (1972), amonyum ya da amin tuzlarının, ester sülfonatların, esteramin tuz sülfonatları karışımlarının veya amonyum/amin sülfonat tuzları karışımlarının yüzdürmede kullanılabileceğini önermişlerdir. Katayanagi (1973), alifatik amin tuzları ve sülfonatların kombinasyonuyla hidrofluorik asit kullanmaksızın 120 ^{o}C'den daha yüksek sıcaklıklarda ve pH: 2.5' de feldspat-kuvars ayırımını yapılabileceğini belirtmiştir. Yazar daha sonra ayırımın HCl kullanılarak pH 2'de alkil sülfonik asit

tuzları ile birlikte yüksek alkil-alkilen diamin karışımı kullanılarak da yapılabileceğini ileri sürmüştür. Katayanagi (1974), alkil-alkilen diaminin (N-alkil-trimetilendiamin) asit ortamlarda feldspat yüzeylerine tek başına adsorpsiyonunun feldspatı yeteri kadar yüzdüremediğini ve toplayıcı adsorpsiyonunun petrol sülfonatları kullanılarak güçlendirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Shimoiizaka vd. (1978), N-alkil-trimetilendiamin asetatın petrol sülfonatı ile H_2SO_4 ya da HCl kullanılarak pH: 2'de yüzdürme sonuçlarının fluorür canlandırması ile elde edilen sonuçlardan daha kötü olmadığını belirtmişlerdir. Rao ve Forsberg (1993), Amin ve SDS karışımından oluşan bir reçeteyi mikroklin/kuvars ayırımında kullanmış ve nötr yük boyunca çözeltide moleküler kompleksler meydana geldiğini ancak mol oranına bağlı olarak ayırımın olabileceğini bulmuşlardır. Çalışmaları neticesinda mikroklin ve kuvars yüzeylerinin negatif yüklendiği pH'larda oluşan komplekslerin adsorpsiyon davranışlarının her iki mineralde de aynı olduğunu, katyonik kollektörün negatif yüzeye adsorplanırken katyonik ve anyonik kollektör arasında kompleksleşmeden dolayı anyonik kollektörün de bu yüzeylere adsorplandığını bulmuşlardır. Ayrıca, anyonik ve katyonik kollektörün mol oranı 1'den küçükse yüzebilirliğin arttığını 1 ve 1'den büyük değerlerde ise yüzebilirliğin azaldığını, bunun da partiküllerin aşırı negatif yüklenmesinden ve yüklerin anyonlar tarafından kontrol edilmesinden kaynaklandığını bulmuşlardır. El Salmawy et al 1993 ters flotasyon ile kuvarsı alkysulfonat ile yüzdürmüşlerdir. Bu çalışmada yüksek pH'da Ba, Ca ve Sr gibi iyonlarla kuvarsın canlandığı feldspatın ise yüzmediği görülmüştür. Ayrıca iyonik olmayan 1-dodecanol ile kuvarsın flotasyon veriminin arttığını belirtmişlerdir. Ardha ve Atangsaputra (1998), doğal feldspatik kumlardan feldspat-kuvars ayırımı amacıyla iki aşamada gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarının ilk aşamasında Na-oleat kullanarak feldspatı aktive ederken Na-hekza meta fosfat ile de

kuvarsı bastırmış, ikinci aşamada ise dodesilamin asetat kullanarak feldspat flotasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmaların sonucunda 1:1.4:1.4 oleat: amin: hekza-meta fosfat konsantrasyonunda % 11.2 alkali tenörlü konsantreyi % 77 verimle elde etmişlerdir. Vidyadhar vd. (2002) pH=1.75-2 arasında ve tallow alkali propanediamine-dioleate karışımı varlığında feldspatı kuvarstan selektif olarak ayırmışlardır. PH:2'nin üzerinde her iki mineralin benzer flotasyon özellikleri verdiğini, altında ise albitin yük farklılığının flotasyonunu kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir. Nötr oleik asid molekülleri ile pozitif yüklenmiş diamine parçalarının bir araya gelmesiyle hidrofobluğun önemli bir şekilde artığını, amonyum iyonlarının silonal grupları üzerine hidrojen bağı ve elektrostatik çekim ile albit ve kuvars üzerine adsorplandığını iddia etmektedirler.

Özet olarak feldspar-kuvars ayrımında bazı katyonik, anyonik ve anyonik+katyonik reaktif karışımları ile HF' e alternatif başarılı ayrımlar yapılabilmektedir. Karışım reaktifler çoğunlukla nötr pH'larda kullanıldığından atık sular için problem teşkil etmeyip uygulamaya uygundur. Diğer taraftan ETDA veya alkyl sulfonatın düşük ve yüksek pH'da kullanımı atıksu problemi oluşturması açısından HF' e alternatif olamayacaktır.

3.1.2. Seçimli Flotasyon (Na-K feldspat ayrımı)

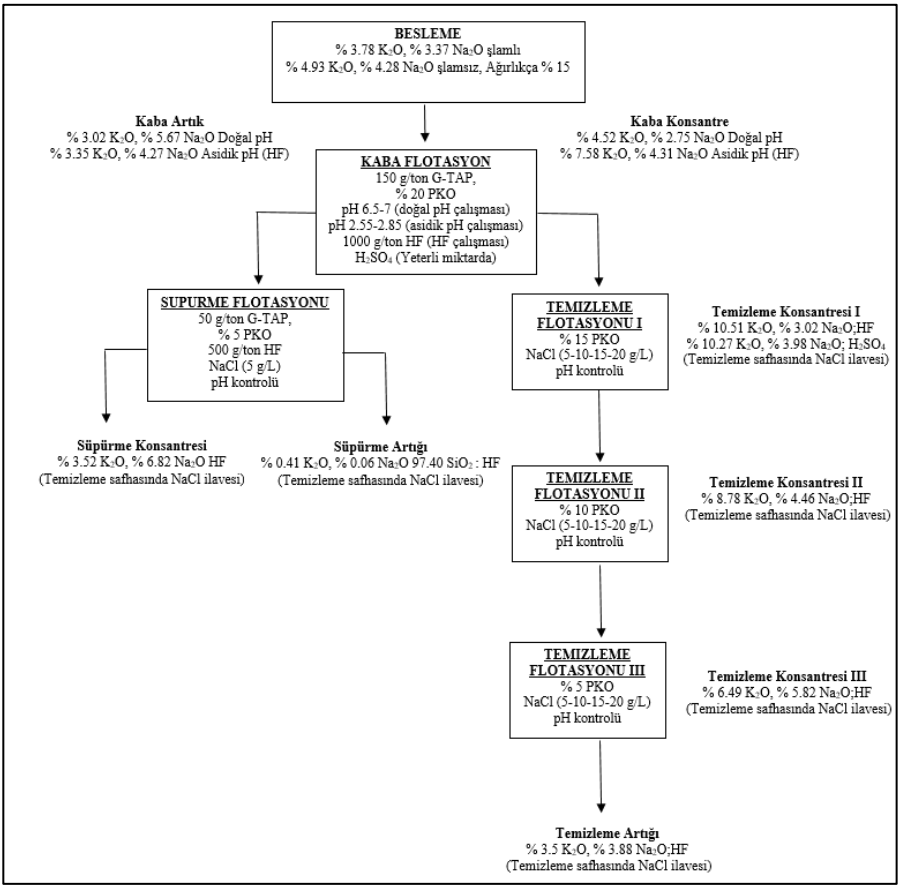
Feldspat mineralleri farklı cevher yataklarında Na feldspat ve K-feldspat olarak ayrı ayrı bulunsa da ülkemizde olduğu gibi birçok cevherleşmede karışım olarak bulunurlar. Benzer krtistal yapıya ve yüzey özelliklerine sahip bu minerallerin seçimli ayrılması geleneksel cevher hazırlama teknolojileri ile sağlanamamaktadır. İlk defa Rus bilim adamları tarafından da belirtildiği üzere flotasyon ile seçimli ayrımın sağlanacağı belirtilmiştir.

Kovalenko,1967 Yanis 1968'de yaptıkları çalışmalarda Na, K, Mg ve Ca iyonları varlığında feldspat konsantresinde K-feldspat içeriğinin arttığını belirtmişlerdir. Revnitzev 1968 ise Rb, Cs ve Ba iyonlarının K-feldspatı bastırdığını, Na, Ca, Sr ve Mg iyonlarının ise Na ve Ca-feldspatı bastırdığını belirtmişlerdir. Yine Yanis (1968) Mg ve Ca iyonları varlığında yaptığı katyonik flotasyonda HF'in Na-feldspatı bastırırken K-feldspatı canlandırdığını belirtmiştir. Manser 1975'te seçimli ayrıma gerek olmadığını bu minerallerin yeterince olduğu cevherleşmeler olduğunu söylemiştir. Ancak gelişen sosyopolitik durumlar her ülkenin kendi kaynaklarına ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bu nedenle uzunca yıllar çalışılmayan Na-K feldspar ayrımı konusu doksanlı yılların sonundan itibaren ülkemizde yeniden gündeme gelmiştir. Bayraktar vd. 1999 Demirci-Türkiye pegmatitlerinden olarak NaCl varlığında %13,3 K2O ve %3,3 Na2O içerikli K-feldspat konsasntresi elde etmişlerdir. Demir vd., (2001) doğal pH da Na iyonlarının Na-feldspatı bastırıcı etkisini saf mineraller ile yaptığı çalışmada göstermiştir. Gülgönül vd, 2008 ise yine saf mineraller ile yaptığı çalışmada, yüzey empüritelerinin seçimli ayrımı etkilediğini belirtmişlerdir. Karagüzel vd. 2006 ise Gördes-Manisa yöresinden temin edilen karışık feldspatlar üzerine yaptığı çalışmada detaylı çalışmada farklı kalitede feldspat ürünlerinin bir akım şemasından alınabileceğini belirtmişleridir. Önerilen akım şeması Şekil 7'de verilmiştir.

3.1.3. Tesis Atıklardan Feldspat Kazanımı

Geleneksel yöntemler ile yapılan zenginleştirme çalışmaları sonunda değerlendirilemeyen atıklar halen bünyelerinde feldspat mineralleri içermektedirler. Atıklardan feldspat minerallerinin kazanılmasına yönelik yapılan çalışmalar yeni teknoloji flotasyon cihazları ile gerçekleştirilmektedir. Karagüzel ve Çobanoğlu (2010) feldspat içeren şlam örneğini Jameson flotasyon hücresi ile

zenginleştirme işlemine tabi tuttuklarında %1,06 Fe_2O_3 + TiO_2 içeren örnekten %0,15 Fe_2O_3 + TiO_2 içeren konsantre üretmişlerdir. Yine Karagüzel (2009) çözünmüş hava flotasyonu ile zenginleştirdiği benzer örneğin %1,06 Fe_2O_3 + TiO_2 içeriğini %0,33 Fe_2O_3 + TiO_2 'a azaltırken, K_2O+Na_2O içeriğini %10,36'dan %11,07 ye yükseltmiştir. Soonthornwiphat (2016) ise manyetik ayırma ve flotasyon uyguladığı feldspat şlamlarından seramik kalite feldspat elde edilebileceğini belirtmiştir.



Şekil 7. Na-Feldspat Potasyum Feldspat Seçimli Ayrımında Flotasyon Kademleri ve Ürün İçerikleri (Karagüzel vd., 2006)

3.2. Kuvars flotasyonu

Kuvars pek çok mineral oluşumunda ikincil kaynak olarak bulunsa da yüksek tenörlü kuvars kumu ve kuvarsit oluşumları da vardır. Genellikle renk verici mineralleri safsızlık olarak barındıran kuvars bünyesinden bu mineraller ters flotasyon tekniği ile uzaklaştırılmaktadır. Kuvars flotasyonunda kullanılan yaygın toplayıcılar yağ asitleri, sabunlar, sülfonatlar ve aminlerdir. Kuvarsın flotasyonunda en önemli husus renk verici mineraller yüzerken silisin canlandırılmamasıdır. Flotasyon sırasında özellikle demir içeren mineraller bulunduğunda, hafif asidik veya bazik ortamda hidroliz olmuş demir iyonları kuvars yüzeyine adsorblanarak, kuvars yüzeyinin pozitif yüklü olmasına neden olurlar. Benzer etki kalsiyum ve magnezyum iyonları için de geçerlidir. Bu nedenle, kuvarsın içerdiği safsızlıklardan arındırılması için asidik ortamda (pH 2-3) alkil sülfonat vb. anyonik tip toplayıcılarla ters flotasyon yapılır (Çilek, 2006).

Negatif yüzey yüküne sahip kuvarsı anyonik reaktifler ile yüzdürmek imkansızdır. Ancak kuvars yüzeyi, kurşun, çinko, bakır, demir tuzları gibi toprak alkali katyonlar ile canlandırılarak anyonik toplayıcılar ile yüzdürülebilmektedir. Kuvarsın metal iyonları ile canlandırılmasında pH ile kullanılan metalin hidroliz ürününün etkinliği takip edilmelidir. Diğer taraftan negatif yüklü kuvars düşük pH'larda (2,5-3,5) aminler ile de yüzdürülebilmektedir. Bu aşamada en çok dikkat edilmesi gereken konu, daha yüksek pH değerlerinde demir, kalsiyum ve magnezyum gibi iyonlar kuvars yüzeyine adsorblanabilmekte ve kuvars yüzeyini pozitif yaparak katyonik flotasyonu imkansız hale getirmektedir. Silis kumu flotasyonunda geçmişte renk verici mineraller iki kademede uzaklaştırılırken, günümüzde güçlü reaktifler ile bu işlem tek kademede yapılabilmektedir. Cytec firmasının R801 ve R825 kodlu ticari kollektörleri bu amaçla kullanılmaktadır. Ancak pahalı olan bu

kollektörlere alternetif yerli kollektörler HA-110 ve HA-150 kodlu petrolyum sulfonat tipi reaktifler de başarılıdır (Hacıfazlıoğlu, 2011).

3.3. Diğer endüstriyel silikatların flotasyonu

Talkın genel olarak zenginleştirilmesi öğütme kademlerinden sonra flotasyon ve bünyesinde bulunan demir oksitlerin manyetik ayırma ile uzaklaştırılması şeklinde olmaktadır. Doğal hidrofob olan talk için en uygun yöntem flotasyondur. Doğal hidrofobisite özelliği sayesinde talk sadece köpürtücüler ile yüzdürülebilmektedir (Chase, 1963). Jeolojik oluşum itibarı ile kuvars ve/veya karbonatlı (manyezit, dolomit, vb) kayaçlar ile birlikte bulunan talkın flotasyonunda kuvars ve karbonatları bastırmak gerekir. Chase 1963 yaptığı çalışmada köpürtücü olarak % 42 gazyağı, % 52 su, % 6 Emulgosen STH karışımında oluşturduğu bir emülsiyon kullanmıştır. Bastırıcı olarak ise, yüksek pH'da (pH 10) karbonatların Na-hegzametafosfat ile bastırıldığı, kuvarsın ise Na_2SiO_3 ile bastırıldığı çalışmalar literatürde takip edilmektedir (Mahmoud vd. 2007). Sülfürlü cevher oluşumları dahil bir çok cevherleşmede bulunan talk bu proseslerde ikincil ürün olarak kazanılmaktadır.

Kaolen bünyesindeki safsızlıklar genel olarak fiziksel yöntemler (dağıtma, sınıflandırma ve manyetik ayırma) ile uzaklaştırılsa da alunitli kaolenlerde SO_3 içeriğinin seramik kalite kaolen için %0,5'e düşürülmesi gerekmektedir. Bu amçla flotasyon ve kimyasal zenginleştirme çalışmaları yapılmaktadır. Balıkesir bölgesinde bulunan alünitli kaolenlerin Sodyum Oleat, Aero Prometer 845, 825, 801 gibi anyonik toplayıcılar ile yapılan kademeli flotasyonunda %4,05 olan SO_3 içeriği %0,68 değerine indirgenmiştir (Tatar vd, 2016). Diğer kil minerallerinde ve zeolitte ise flotasyon uygulaması oldukça sınırlıdır. Diğer taraftan zeolit ve bazı kil minerallerinin adsorban taşıyıcı olarak kullanıldığı ve özellikle atık suların kirletici iyonlardan temizlenmesinde kullanıldığı taşıyıcı

flotasyon sistemleri bulunmaktadır (Kurama vd., 2010). Kırma ve öğütme işleminden sonra sınıflandırmaya tabi tutulan vermikülitin herhangi bir zenginleştirme yapmaya gerek duyulmamaktadır. Ancak bazı fraksiyonlara katyonik toplayıcılar kullanılarak flotasyon uygulanmaktadır (Strand, 1983; Rau, 1985).

4. SİLİKATLARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN KİMYASAL-BİYOLOJİK YÖNTEMLER

Endüstriyel silikatlarda bulunan demir oksit tipi safsızlar manyetik ayırma ve flotasyon teknolojileri ile uzaklaştırılabilmektedir. Ancak çok daha ince boyutlarda serbestleşen, mineral yüzeyine sıvanmış halde bulunan ya da kristal yapıda bulunan demir oksitlerin uzaklaştırılmasında bu yöntemler başarılı olamamaktadır. Özellikle flotasyonda kullanılan reaktiflere nazaran daha çevreci kimyasalların kullanıldığı ve daha ekonomik olduğu iddia edilen kimyasal zenginleştirme (liç) çalışmalarına literatürde rastlanmaktadır. Arslan ve Bayat (2008), Aydın-Çine bölgesinden temin ettikleri %0,119 Fe_2O_3 içerikli feldspat numunelerine oksalik asit liçi yaptıklarında %0,038 Fe_2O_3 içerikli konsantreler elde edebileceklerini belirtmişlerdir. Ayrıca yazarlar, Bayraktar vd. 2001'de flotasyon ile ulaşılan Fe_2O_3 içeriğinin %0,01 olması ile daha başarılı olduğunu belirtmekle birlikte flotasyonda kullanılan reaktiflerin çevre problemleri yarattığını, oksalik asitin ise organik asit olması nedeniyle daha çevreci olduğunu belirtmektedirler. Oysa ki feldspat flotasyonu aşamalı olup, Fe-oksit uzaklaştırma aşaması sistemin bir parçasıdır. Feldspat flotasyonunda tehlikeli olduğu öne sürülen HF ise feldspat-kuvars aşamasında kullanılmaktadır.

Yüksek saflıkta kuvars ve kuvars kumu üretmeyi hedefleyen araştırmacılar, kimyasal zenginleştirme (liç) ile demirin çözeltiye alınabileceğini, hatta çözeltiye geçen diğer ağır metal iyonlarının da adsorblanarak çok daha temiz konsantreler üretebileceklerini iddia

etmişlerdir (Tuncuk ve Akçıl, 2003; Banza vd. 2006). Kuvarsın kimyasal zenginleştirilmesinde HF, HCl ve H_2SO_4 gibi inorganik ve/veya oksalik asit, sitrik asit ve aksorbik asit gibi organik asitleri kullanmışlardır. Tuncuk ve Akçıl (2013) ileri teknoloji alanında kullanılacak kuvars üretimi için yaptıkları çalışmada oksalik asit ve sülfirik asit liçi yaparken liç öncesi hidrojen peroksit ile ön işlem yapılmasının uygun olacağını belirtmiştir. Araştırmacılar Aydın-Çine'den temin ettikleri kuvars örnekleri üzerinde yaptıkları çalışmalar sonunda, %0,031 Fe_2O_3 içerikli kuvarsın Fe içeriğini 1ppm seviyesine indirmişlerdir. Kuvars zenginleştirmesinde kullanılan diğer bir kimyasal yöntem ise klorlama tekniği olup, bu teknikte önce kavurma işlemine tabi tutulan ve parçalanan numunelerin arasından flor gazı geçirilmektedir. İşlem sırasında Fe, $FeCl_2$ olarak buharlaştırılmaktadır. Isıtma işleminde cevherin parçalanması için amonyum klorür kullanımı da söz konusudur (Köse ve Türeli, 1989)

Kaolenden diğer kil minerallerinde empüriteleri (kuvars, muskovit, limonit, anatas, illit, bazı organik maddeler) uzaklaştırmak kolay **(**Bayraktar vd., 1999). Ancak alünitli kaolenlerde kükürt sorunu kavurma ve kimyasal zenginleştirme (liç) ile belirli bir seviyede çözülebilmektedir. Kaolen örnekleri ile yapılan liç çalışmalarında, 60-65 °C sıcaklıkta sodyum karbonat kullanılarak alkali ortamda yapılan liç işleminde malzemenin $S0_3$ içeriği %0.75 e kadar düşürülebilmiştir. Hidrometalurjik ve pirometalurjik yöntemlerle kükürt içeriğinin önemli oranda azaltılmasına karşın, kaolinin yapısını bozmadan hedeflenen % 0.5 SO_3 değerine ulaşmak günümüz teknolojileri ile mümkün görünmemektedir. Mahmoud vd. (2007) ise talk bünyesindeki demir içeriklerini minimize edebilmek için flotasyon işlemi sonrasında elde edilen konsantreye liç işlemi yaptıklarında talk kalitesinin arttığını belirtmişlerdir. Diğer taraftan bazı kil minerallerine ve zeolitlere ürün kalitelerini artırmaya yönelik zenginleştirme öncesi yada sonrası asit, baz, anyonik-katyonik reaktif

ve ısıl işlem ile aktivasyon çalışmaları yapıldığında istenilen ürün standartlarına ulaşıldığı görülmüştür (Çetinel, 2008; Çınar vd., 2009).

Kimyasal zenginleştirme yöntemlerine alternatif olarak endüstriyel silikatlardan demir giderimine yönelik biyoliç çalışmaları da yapılmıştır. Arslan (2008) çeşitli bölgelerden temin ettiği kuvars, feldspat ve kaolen örnekleri üzerinde biyolojik liç deneyleri yapmıştır. Biyoliç deneylerind kaolen ve feldspat numunelerine A. ferrooxidans, A. thiooxidans ve A. niger, kuvars kumu numunesinde ise sadece A. Niger isimli bakteriler kullanılmıştır. Kimyasal zenginleştirme ile biyoliç karşılaştırıldığında kimyasal liç ile ürün kalitesinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Ancak ekonomiklik ve çevresel etkiler göz önünde bulundurulduğunda biyolojik liç ön plana çıkmaktadır.

Genel olarak, endüstriyel silikatlar insan yaşamı için vazgeçilmez kaynaklar olma özelliklerini tarih boyunca devam ettirmiş ve devam ettirecektir. Çok çeşitli alanlarda kullanılan endüstriyel silikatlar kullanım yerine göre çeşitli özelliklere ve standartlara sahip olmak zorundadır. Bu amaçla başta cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemleri olmak üzere çeşitli aktivasyon işlemlerine ihtiyaç göstermektedirler. Bu çalışmada, cevher yatağının oluşumuna bağlı olarak farklı boyutlarda serbestleşen silikatların özellikle başta demir oksitler olmak üzere çeşitli safsızlıklar içerdiği görülmektedir. İri boyutta serbestleşen minerallerin kazanılmasında fiziksel yöntemlerin başarılı olduğu görülürken, ince boyutta başta flotasyon olmak üzere kimyasal zenginleştirmenin kullanıldığı görülmektedir. Diğer taraftan bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı veya birbirlerine alternatif olduğu çalışmalar ile endüstriyel uygulamalar literatürde izlenmektedir. Özellikle seçimlilik, verimlilik, çevresel etkenler ve ekonomik nedenler ile bazı zenginleştirme uygulamalarında aşılması gereken sorunlar oluşmaktadır. Bu nedenle gelişen teknoloji ile birlikte silikatlerin zenginleştirilmesinde ya da atıklarının değerlendirilmesinde yeni teknoloji cihazların ve

yöntemlerin uygulandığı görülmektedir. Ülkemiz açısından da oldukça önemli olan endüstriyel silikatların maksimum verim ve ekonomik şartlar ile üretilmesi gerekmekte olup, bu konuda araştırmalara ve yatırımlara olanak sağlanması beklenmektedir.

5. SONUÇLAR

Endüstriyel silikatlar, geleneksel teknoloji ürünlerden ileri teknoloji ürünlere kadar insanlığın ihtiyacı olan birçok ürünün hammaddesidir. Silikat mineralleri nihai ürün kalitesini doğrudan etkilediğinden standartlar ile belirlenmiş fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmalıdır. Farklı jeolojik koşullarda cevherleşen minerallerin bu özelliklere uygun ürünlere dönüştürülmesi madencilik faaliyetlerinden başlayarak cevher hazırlama ve zenginleştirme proseslerindeki süreçlere bağlıdır. Bu çalışmada; endüstriyel silikatların kullanım standartları ile zenginleştirme yöntemleri değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

-Silikatların endüstride kullanımına yönelik dünyada çeşitli standartlar oluşturulmuştur. Türkiye'de Türk Satandartları Enstitüsü tarafından bu standartlar oluşturulmaktadır. Endüstriyel silikatlar ile ilgili TSE standartları incelendiğinde daha çok nihai ürüne göre standardizasyon oluşturulduğu, zenginleştirme sonucu elde edilen konsantreler için sınırlı sayıda standardın belirlendiği görülmüştür. TS kodlu standartların tüm endüstriyel silikatların konsantrelerini ve nihai ürünlerini kapsayacak şekilde genişletilmesi ihtiyaçtır.

-Endüstriyel silikatları içeren cevher oluşumları endüstriyel değeri olan ikincil cevherleşmeleri bünyelerinde barındırdığı gibi, çeşitli safsızlıkları da içermektedir. Bu tür kompleks oluşumlardan birincil ve ikincil kaynakların üretilmesi ve safsızlıkların uzaklaştırılması cevher hazırlama ve zenginleştirme prosesleri ile sağlanmaktadır. Kompleks feldspat cevherleşmeleri, geleneksel olarak manyetik

ayırma ve üç aşamalı flotasyon işlemleri ile zenginleştirilmekle birlikte, karışık tip yataklardan üretilmesi yine flotasyon teknolojisi ile gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde karışık tip endüstriyel cevherleşmelerin (Na-Ca'lu bentonitler, Na-K'lu feldspatlar vb) atıl kalmaması, bu kaynaklarda üretime yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

- Silikatların zenginleştirilmesinde basit fiziksel yöntemler yanında kompleks fiziko-kimyasal, kimyasal hatta biyolojik yöntemler kullanılmakta olup, katma değeri yüksek ürün üretimine yönelik mevcut yöntemlerin geliştirilmesi, yeni ve çevreci teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca ülkemiz açısından dışa bağımlı olduğumuz maden makinelerinin ve kimyasallarının yerlileştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesi zorunluluktur.

-İnce boyutta serbestleşen endüstriyel silikatların zenginleştirilmesinde yaygın olarak flotasyon teknolojisi kullanılmaktadır. Ancak, özellikle feldspat-kuvars ayrımı aşamasında kullanılan HF, kuvars ve diğer minerallerden demir oksitlerin uzaklaştırılması kullanılan kimyasal reaktifler çevresel sorunlar oluşturmaktadır. Bu alanlarda çevreci kimyasalların, karışım reaktiflerin hatta bakterilerin kullanılması daha çevreci ve ekonomik olacaktır.

-Flotasyon ile zenginleştirme her ne kadar günümüz cevher zenginleştirme teknolojileri arasında önemli bir yer tutsa da, flotasyonda kullanılan kimyasallar ile ilgili problemler yanında çalışma parametreleri ve alet ile ilgili sınırlar (tane boyutu, tank hacmi gibi) söz konusudur. Flotasyonda yaşanan bu problemleri aşmaya ve sınırları genişletmeye yönelik yeni teknoloji flotasyon hücreleri geliştirmektedir. Bu alanda yeni teknolojilerin geliştirilmesine ve sahada kullanımına yönelik araştırmalar yapılmalıdır. Diğer taraftan flotasyon süreçlerine alternatif olarak silikatların

zenginleştirilmesinde geleneksel ve yeni teknoloji gravite ayırıcıları yanında, yeni teknoloji manyetik ayırıcıların kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca, Kimyasal zenginleştirme ve biyolojik zenginleştirme ise yine flotasyon ve manyetik ayırmaya alternatif olarak, minerallerin kristal yapılarında ya da yüzeylerinde sıvalı halde bulunan flotasyon demir oksit gibi safsızlıkların uzaklaştırılamasında uygulanabilmektedir.

- Flotasyon ve kimyasal zenginleştirme süreçlerinin fiziksel, kimyasal ve yüzey analiz teknikleri ile takip edilmesi oldukça hassas olan bu süreçlerin mekanizmalarının iyi anlaşılıyor olması gerekmektedir. Bu aşamada endüstriyel süreçlerin Ar-Ge çalışmaları ile desteklenmesi bu alanda üniversite-sanayi işbirliklerinin geliştirilmesi faydalı olacaktır.

-Endüstriyel silikatların geleneksel teknolijiler ile üretiminde büyük miktarda artık üretilmektedir. Bu arıklar değerli mineral ve/veya farklı endüstriler için hammadde olma özelliğine sahip mineraller içermektedir. Artıkların çevre unsurları gözetilerek depolanması önem arz ederken, gelecek nesiller için bu sahaların hammadde kaynağı olma potansiyeli unutulmamalıdır. Bu kaynakların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar halen devam etmekte olup, yeni teknolojiler üreterek devam ettirilmesi kaynaklardan yüksek verimle faydalanılması açısından önem arz etmektedir.

Özetle; endüstrinin gelişiminde ve günümüz bilgi teknolojileri çağında vazgeçilmez hammadde kaynağı olan silikatların yüksek verim ve ekonomik olarak konsantre edilmesi ve katma değeri yüksek nihai ürünlere dönüştürülmesi zorunluluktur. Bu kapsamda yapılacak araştırmaların ve yatırımların desteklenmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Ardha, N., Atangsaputra, K., 1998, Mineral Technology research and Development Center, Bandung, Indonesia.

Arslan V., 2008, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

Arslan, V., Bayat, O., 2008, Madencilik, Cilt 47, Sayı 1, Sayfa 35-41, Mart 2008

Banza, A.N., Qunidt, J., Gock, E., 2006, Int. J. of Mineral Processing, 79, p. 76.

Bayraktar, İ, 2012, 8. End. Hmd. Semp., Bildiriler Kitabı, İzmir, syf. 1.,

Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö., 1999, 3.End. Min. Semp. Kitabı, İzmir, p.22.

Boylu, F., Bulut, G., Hacıoğlu,S., Yüce, A.E., Çinku, K., Çelik, M.S., 2008, Proceedings of XXIV IMPC, Vol.3, p. 4309

Boylu, F., Çinku, K, Esenli, R. F., Çelik, M.S., 2010, International Journal of Mineral Processing, Vol. 94, No.3-4, p.196

Boylu, F., Hojiyev, R., Ersever, G., Ulcay, Y., Çelik, M.S., 2012, Separation Sci end Tech., Vol. 47, No.6, p.842

Buckhenham, M.H., Rogers, J., 1954, Trans. AIME., c. 64, 11-30.

Bunge, 1965, USA Patent No: 3.179.250 ve Kanada Patent No: 709.873.

Burat, F., Kokkilic, O., Kangal, O., Gurkan, V., Celik, M.S., 2007, Miner. Metall. Proc. 24, p.75.

Burat, F.,2017, Çukurova Dergisi, 32(3), syf. 205

Chase , W.E. , 1963 ; "Platy Talc Beneficiation", U.S . Patent , No.3,102 , 856.

Çelik, M.S., Can, İ., Eren, R.H., 1998, Minerals Engineering, Vol. 11, No. 12, p.1201.

Çetinel, T., 2008, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya

Çınar, M., Can, M.F., Sabah, E., Karagüzel, C., Çelik, M., 2009, Applied Clay Sci., 42 (3-4), p.422.

Çilek, C.E., 2006, Mineral Flotasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No:59, S. 158.

Dean, R.S., Ambrose, P.M., 1944, USBM Bulletin, 449.

Demir, C., 2001, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demir, C., Abramov, A., Çelik, M.S., 2001, Minerals Engineering, 14, p. 733.

El-Salmavy, M.S., Nakahiro, Y. and Wakamatsu T., 1990, Proceedings of II. International mineral processing symposium, İTÜ, İstanbul, 16-18 Eylül, p. 449.

El-Salmavy, M.S., Nakahiro, Y. and Wakamatsu T., 1993, Minerals Engineering, 6, 1231.

El-Salmavy, M.S., Nakahiro, Y., Wakamatsu T., 1993, 'Proceedings of XVIII International Mineral Processing Congress, Sydney, Australia, 23-28 May.

Erkan, İ., 2008, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Ünivetrsitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, syf. 116.

Feldspat Raporu, 2010, Maden Mühendisleri Odası

Feldspat raporu, 2010, Maden Mühendisleri Odası, Ankara

Gülgönül, I., Karagüzel, C., Çelik, M.S., 2008,. J. Miner. Process. 86 (1-4), pp.68-74

Gülgönül, İ., 2004, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Gülsoy, Ö.Y., Bayraktar, İ., Can, M.C., 2003, Madencilik, Cilt 2, Sayı 3, syf 3.

Hacıfazlıoğlu, H., 2011, Madencilik, Cilt 50, Sayı 3, syf. 35

Hearn, S., Sadowski, J., 2011, Outotec Technology, Technical paper, p.1.

Kademli, M., Gülsöy, Ö.Y., 2004, Yerbilimleri, 30, syf. 81.

Karaguzel, C., Gulgonul, I., Demir, C., Cinar, M., Celik, M.S., 2006, Int. J. Miner. Process. 81 (2), pp.122–132

Karagüzel, C., 2000, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Karagüzel, C., 2005, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir

Karagüzel, C., 2010, Minerals Engineering., X(Y), p.

Karagüzel, C., 2010, Minerals Engineering, 23, (1), p.17-24.

Karagüzel, C., Çobanoğlu, G., 2010, Separation and Purification Technology, 74 (1), p. 100.

Karagüzel, C., Çobanoğlu, G., 2010, Separation and Purification, X(Y), p.

Karagüzel, C., Sönmez, E., Çelik, M.S., 2007, 6. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu

Bildiriler Kitabi, İzmir, syf. 144.

Katayanagi, A., 1974, 'Flotation separation of feldspar', United States Patent, Patent No: 3,844,939, October 1974.

Katayanagi, T., 1973, 'A new feldspar flotation process without hydrofluoric acid', Seramics Japan, 8, 58-61, (CA.79:55468v).

Kılavuz, F.Ş. ve Gülsoy, Ö.Y., 2000, , Mineral Processing on the Verge of 21st Century, , Ankara, 16-18 October, p. 225.

Klyachin, V.V., Danisova, N.N., Kropanev, S.I., 1969, Mineral exploration, mining and processing patents, SSCB Patent No: 213.724

Kovalenko, V.I., 1967, Obagashch Rud, 12(1), p. 8.

Köse ve Türeli, 1989, Madencilik, 25 (4), sfy. 21.

Kurama, H., Karagüzel, C., Mergan, T., Çelik, M.S., 2010, Desalination, 253 (1-3), pp. 147-152.

Lv, Z.F., Li, H.C., Zhang, H.X., Tian, M., 2013, Adv. Mater. Res-Switz. 826, p. 97.

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporları, 2001, DPT:2613, ÖİK:624,

Mahmoud, M. A., Galal, A. İ., Mohamed, M. A. H. (2007). "Improvement of Egyptian talc quality for industrial uses by flotation process and leaching", Mining and Metalurgical Engineering Department, Faculty of Engineering, Asssiut University, 27 Temmuz 2007.

Manser, R.M.,1975, Handbook of Silicate Flotation, Warren Spring Labarotory, England.

Nikel'skaya, N.I., Skobev, I.K., 1967, Tr. Irkutsk Politekh. Inst., No: 33, p.135.

NTE Raporu, 2017, Dünyada ve Türkiyede Nadir Toprak elementleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Daire Başkanlığı, Ankara

Okur, E., 1984, Anadolu Üni. Müh.-Mim. Fak. Yayın No: 13, Eskişehir, Türkiye.

ÖİK (Özel İhtisas Komisyonu) Raporları, 2007, 9. Beş yıllık kalkınma planı, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara

Rao, K.H., Forsberg, K.S.E., 1993, Proceedings of XVIII International Mineral Processing Congress, Sydney, Australia, 23-28 May.

Rau, E., (1985). Vermiculite. Mineral Processing Handbook. SME, 29, 21-22p. New York

Revnivtzev V. I., Putrin, A.M., Archangelskaya, I.N., 1968, Proceedings of 8th Int Min Processing Cong., Vol. D7, Leningrad, Rusia, p.1.

Schubert, H., Abido, A.M., 1967, Bergakademie, 19 (10), p. 601-605.

Shapolov, G.M., Polkin, S.I., 1958, Sborn. Nauch. Trud. Moscow. Inst. Tsvet. Metal, izolate, 31, 256-268.

Smith, R.W., 1965, SME Transactions, 232, p.160-168.

Shimoiizaka, J., Nakatsuka, K., Katayanagi, T., 1978, 'World Min. Met. Technology Proc., AIME meeting, New York, 1, p. 423.

Soonthornwiphat, N., Saisinchai, S., Parinayok, P., 2016, Engineering Journal Thailand, 20, p. 69

Sümer, G., Kaya, M., 1995, Endüstriyel hammaddeler sempozyumu bildiriler kitabı, 21-22 Nisan, İzmir, Türkiye.

Tatar, İ., Ediz, N., Aydın, A., 2016, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, Sayı 36, syf.13.

Terzi, M., Kursun, I., 2015. Russ. J. Non-Ferr. Met., 56, p.235.

Toncuk, A., Akçıl A., Madencilik, Cilt 52, Sayı 2-3, Sayfa 9-20, Haziran-Eylül 2013

Strand, P. R., (1983). Vermiculite. Lefond, S. J. AIME. (Ed.), Industrial Minerals And Rocks (1375-81), SME, United States

Utine, T., 1987, Madencilik, 26(4), syf. 7.

Verhayden, 1972, Mineral Exploration, Mining and Processing Patents, UK Patent No: 1259738.

Vidyadhar, A., Hanumantha Rao, K. and Forssberg, K.S.E., 2002, Journal of Colloid and Interference Science, 248, p.19.

Wang, W., Cong, J., Weng, X., Lin, Y., Huang, Y., Peng, T., 2018 Minerals 8(4) p. 149

www.mta.gov.tr

Yanis, N. A., 1968, USSR Patent No: 227234.

Zhanga, Y., Hua, Y., Suna,H., Liua,R., Wangb, Z., Wanga, L., Suna, W., 2018, Minerals Engineering 128, p. 141.

KÖMÜR HAZIRLAMADA
KÖMÜR ÖZELLİKLERİNİN ÖNEMİ

Prof. Dr. Vedat ARSLAN

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

1. KÖMÜR ÖZELLİKLERİ

Bir kömür yatağının bulunuşu ile birlikte ilk düşünülen, bu kömürün değerlendirme olanaklarıdır. Bu nedenle maden yatağı oluşumu yanında kömür kullanımına yönelik sınıfı, kimyasal ve fiziksel özellikleri vb. birçok bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Aşağıda verilen özellikler hem kömürün oluşum koşulları hem de geçirdiği olgunlaşma süreci ile ilişkilidir.

- Kömürleşme derecesi ve kömür sınıfı
- Kömür kısa analiz bilgisi (nem, kül, uçucu madde, kükürt oranları)
- Isı değeri
- Kömür elementer bileşimi (karbon, hidrojen, oksijen azot, kükürt)
- Kömür petrografik bileşenleri ve vitrinit yansıtma değerleri, vb.
- Koklaşabilme özellikleri
- Kömür mineral madde bileşenleri ve bunlara bağlı kül bileşenleri

Bu özelliklerin yanında kullanım amacına yönelik daha birçok bilgi gerekebilmektedir.

Kömür hazırlama ve/veya yıkama, üretici açısından en yüksek değerle ve sürekli pazarda tercih edilen bir ürün oluşturmak için izlenmesi gereken bir yoldur. Tüketici açısından ise enerji değeri yüksek, kullanım verimi yüksek, çevreyi daha az kirleten ve verdiği paranın karşılığı olan bir kömürün oluşmasını sağlayan bir aşamadır. Düzgün çalışan ve kontrolleri iyi yapılan bir piyasaya ve çevre açısından serbest piyasa koşullarında her ürünün yeri bellidir ve özel koşullarda pazarda yer alabilmektedir. Bu nedenle de üretilen tüvenan kömürlerin bu ihtiyaçları sağlayacak şekilde hazırlama ve yıkama işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir. Burada bazı sorular ortaya çıkmaktadır; her kömür yıkanabilir mi, her kömüre aynı hazırlama süreçleri uygulanmalı mı? Bilindiği üzere kömür hazırlama açısından önemli kömür özelliklerini 2 ana grup altında toplamak mümkündür (1):

- Mineral maddenin kömür içindeki dağılımı ve mineral madde cinsi,

- Kömürün, kömürleşme derecesi ve petrografik yapısı.

Mineral maddenin kömür içindeki dağılım durumu, kömür hazırlamanın can damarını oluşturmaktadır. Bu konu, kömür yıkanabilirlik özelliğini belirlemektedir.

Tüvenan kömür içindeki mineral maddelerin kaynaklarını 2 ana grup altında toplamak mümkündür (1):

Birinci tür mineral maddeler, üretim esnasında kömüre karışmaktadır. Tavan ve tabandan koparak kömüre karışan kayaçlar, birinci gruba giren mineral madde kaynaklarını oluştururlar. Kömür külünü oluşturan bu tür malzemelerin kömürle herhangi bir bağları yoktur ve uygun bir yöntemle, kömürden ayrılmaları ve atılmaları mümkündür.

İkinci tür mineral maddeler ise 2 grup altında toplanabilir:

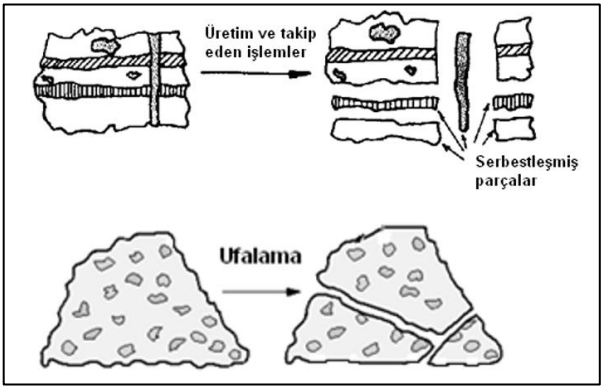
- Bitkisel kaynaklı mineral maddeler (primer mineral maddeler),
- Kömürleşme esnasında ve kömürleşme sonrasında kömüre karışan mineral maddeler (sekonder mineral maddeler).

Bitki yapısından gelen mineral maddeler (primer mineral maddeler), kömür mineral madde içeriğinin çok az bir bölümünü oluştururlar (% 0.2-1.2). Bunlar, kömür organik yapısına kimyasal olarak bağlı olduklarından ve/veya kolloid halinde kömürün içinde dağıldıklarından, kömür hazırlama yöntemleriyle kömürden ayrılamazlar.

Kömür mineral madde içeriği daha ziyade sekonder kaynaklıdır, yani kömürleşme esnasında (syngenetik) ve kömürleşme sonrasında (epigenetik) kömüre karışmıştır.

Syngenetik mineral maddeler, kömür yatağının oluşumu esnasında bitkilerle beraber çökelen kil mineralleri, karbonatlar ve sülfit minerallerinden oluşmaktadır. Syngenetik mineral maddeler kömür içine mercekler halinde (küçük veya büyük) yerleşmiş durumda ise, kömürle mineral maddenin birbirinden ayrılmaları (serbestleşmeleri) mümkün olmakta, dolayısıyla kömür iyi yıkanma özelliğine sahip olmaktadır (Şekil 1.a). Mineral maddenin kömür içine çok ince tanecikler halinde dağılmış olması durumunda ise, kömür yıkanma özelliği kötüleşmektedir (Şekil 1 b). (2)

Epigenetik mineral maddeler de syngenetik mineral maddelerde olduğu gibi, çökelme yoluyla kömüre karışmaktadır. Bunlarda, kil, karbonat ve sülfit mineralleri olup, genellikle tektonik hareketler sonucu damarda açılan çatlaklara girmiştir. Epigenetik mineral maddeler de syngenetik mineral maddelerde olduğu gibi, çökelme yoluyla kömüre karışmaktadır. Bunlarda, kil, karbonat ve sülfit mineralleri olup, genellikle tektonik hareketler sonucu damarda açılan çatlaklara girmiştir.



Şekil 1. Kömür oluşumu esnasında mineral maddenin kömür içerisine yerleşimine bazı örnekler; a) serbestleşme olasılığı yüksek, b) Serbestleşme sağlanması mümkün değil.

Bunlarda, kil, karbonat ve sülfit mineralleri olup, genellikle tektonik hareketler sonucu damarda açılan çatlaklara girmiştir. Bu bakımdan (syngenetik mineral maddelerin değişimine bağlı epigenetik oluşum hariç) kömür içinde küçük zerrecikler halinde dağılmış durumda bulunmazlar. Kömür hazırlama tekniği açısından; syngenetik oluşumlu mineral maddelere göre, daha kolay yıkanma özelliğine sahiptirler.

Kömürleşme derecesi ve kömürün petrografik yapısına gelince;

- Kömürün nem oranı,
- Kömürün kırılganlığı ve parça sağlamlığı,
- Kömürün su ile teması halinde, su alıp almaması, dolayısıyla suda şişme ve dağılma durumu,
- Kömürün, taşıma, depolama ve kömür hazırlama işlemleri esnasında, tane iriliğini muhafaza edip etmemesi,

gibi kömür hazırlama açısından çok önemli kömür özellikleri, kömürleşme derecesi ve kömürün petrografik yapısına bağlı olarak değişmektedir.

Kömürleşme derecesi kömürün kullanım alanını belirlemede birinci parametredir. Kömürün kullanım alanına göre genel bir gruplama yapılacak olursa, koklaşır kömürler, termal amaçlı kömürler (ısınma, buhar üretimi, enerji üretimi), gaz ve sıvı ürün üretim amaçlı kömür ve özel kömürler (karbon elektrod, aktif karbon üretim amaçlı) gibi gruplamalar yapmak mümkündür. Bu isimlerle anılmalarının nedeni, kullanım yerlerine göre aranan nitelikleridir. Bu nitelikler ise kömürleşme süreci ile doğrudan ilişkilidir.

Kömürleşme derecesine göre kömürler ülkemizde 4 ana gruba ayrılmaktadır:

- Turbalar

- Linyitler

- Taşkömürleri

- Antrasit

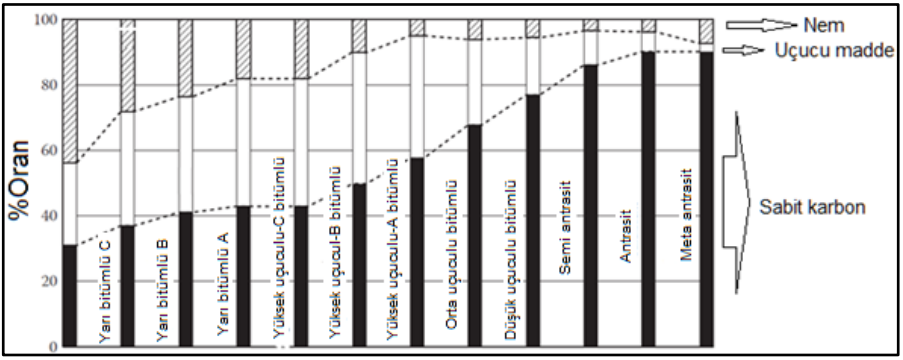
Turbalar, %60'ın üzerinde orijinal nem içerirler ve bunların en büyük sorunları, nem oranlarının düşürülmesidir. Kömür hazırlama alanında turbaların herhangi bir ağırlığı yoktur.

Linyit kömürleri ise, yumuşak linyitler ve sert linyitler olmak üzere 2 ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan yumuşak linyitlerin nem oranları yüksektir (%35'in üzerinde) ve suda şişerek dağıldıkları için, yaş metotlarla yıkama işlemine tabi tutulmaları zordur ve çok zaruri olmadıkça yaş yöntemle yıkanmalarından kaçınılır.

Sert linyitler (nem oranları %25'in altında) suda şişmezler ve yaş metotlarla da yıkama ve hazırlama işlemine tabi tutulabilirler. Bu bakımdan, kömür yıkanmasını da içine alan kömür hazırlama işlemi, sert linyitlerden itibaren başlamakta ve taşkömürlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Taş kömürleri ve antrasitlerin ise yaş yöntemle yıkanmalarında, kömürleşme derecesi açısından bir sorun yoktur. (1)

Kömürleşme sürecinde genel olarak C, H, O ve belirli oranda da S ve N içeren bitki yapısından, çeşitli bileşiklerin ayrışması sonucu, değişik türde kömürler oluşmaktadır. Kömürleşme derecesi ilerleyen kömürün, karbon oranı yükselmekte ve buna karşın oksijen oranı azalmaktadır. Bu sebepledir ki, kömürleşme derecesi, karbon oranı ile de ifade edilmektedir. Bunun yanında kömürleşme derecesi arttıkça, kömür uçucu madde oranı ve nem oranı da düşmektedir (Şekil 2)

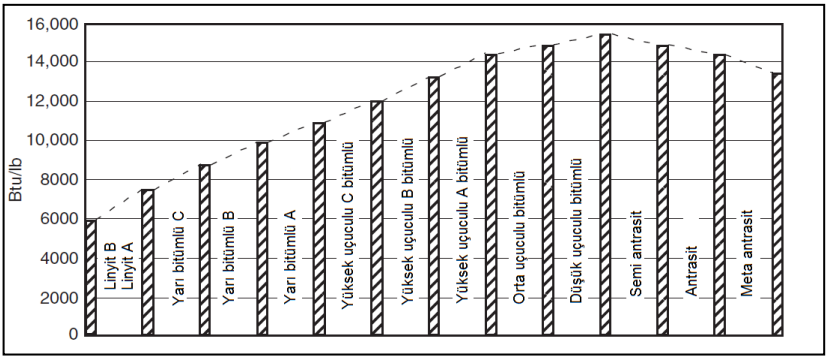


Şekil 2. Kömürleşme derecesi ile kömür nem, uçucu madde ve sabit karbon oranlarının değişimi (3,4)

Kömür moleküler yapısındaki değişimle, kömürleşme derecesi arttıkça karbon oranının artmasına karşın, kömür ısı değerini belirlemede önemli bir parametre olan hidrojen oranı özellikle antrasit grubu kömürlerde hızla düşmektedir. Bu nedenle de kömürleşme derecesi arttıkça artmaya devam etmesi gereken ısı değeri, Şekil 3'te görüldüğü gibi, bu noktada bir miktar düşüş göstermektedir.

Kömür sınıfı aynı zamanda kömüre uygulanabilecek işlemler için de bir referanstır. Kömürleşme derecesi ile birlikte kömür fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimler, kömür

hazırlama işlemlerinin hangi seviyeye kadar uygulanabileceğinin bir göstergesidir.



Şekil 3. Kömürleşme derecesine bağlı kömür ısı değeri değişimi (4)

Kömürleşme derecesi arttıkça kömür karbon oranı arttığından, yüksek karbon oranına sahip bu kömürler, ocak çıkışı yüksek kül oranı nedeni ile düşük ısı değerlerine sahip olsalar bile, kömür yıkama işlemleri ile oldukça değerli hale gelebilmektedir. Ancak genç kömürler hem karbon oranının düşüklüğü hem de yüksek nem tutma kapasiteleri nedeniyle, kömür yıkama işlemleri ile istenen kaliteye getirilememekte, bazen de kömür yıkama işlemi ekonomik olamamaktadır. Bu nedenle kömür kullanımına yönelik, kömür hazırlama araştırmalarında kömür özelliklerinin, kullanım alanına göre irdelenmesinin doğru yapılması ve buna göre hazırlama ve pazarlama/kullanım stratejilerinin geliştirilmesi gereklidir.

2. KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRME (YIKAMA)

• 2.1. Kömür Yıkamanın Avantajları

Yakıtta enerjiyi konsantre etmek (kül ve nemi azaltmak), nakliyat, stoklama-aktarma, kırma-öğütme ve uçucu kül depolama maliyetlerini azaltmaktadır.

Kömür hazırlama –yıkama ile;

- Kül oranı azaltılır.
- Partikül madde emisyonu azalır.
- Kül atma maliyetleri düşer.
- Kükürt emisyonu azaltılır.
- Kömürün aşındırıcılığı azalır, ufalama devrelerinde bakım maliyetleri düşer.
- Curuflaşma problemi kontrol altına alınır.
- CO2 ve NOx emisyonu azalır.
- Birim enerji başına nakliyat giderleri azalır.
- Her zaman kömürün belli ısı değeri aralığında teminini garanti eder.
- Yakma tesisi verimi artar.

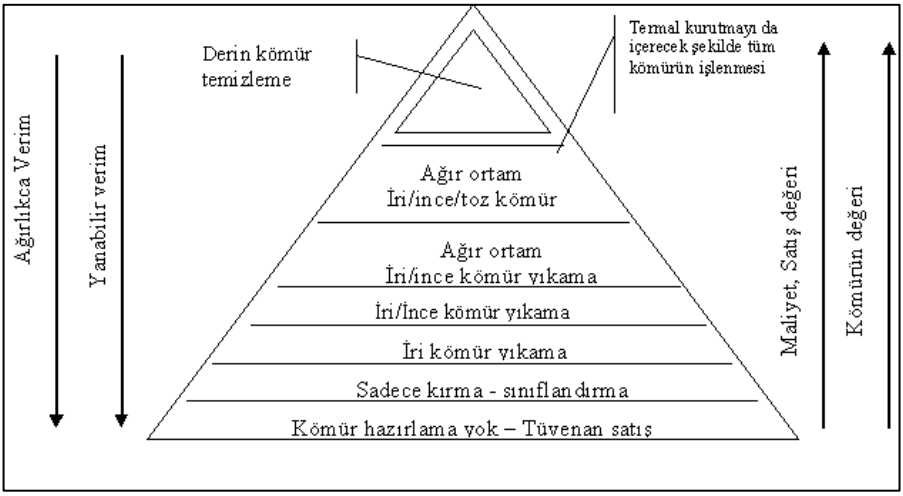
2.2. Kömür Hazırlama

Kömür hazırlama işlemlerinde amaçlar, kömürün kül, nem, kükürt gibi istenmeyen içeriklerinin azaltılması yanında kırma ve öğütme işlemleri ile kullanım yerine uygun boyuta getirme de vardır. Ancak kömür hazırlamanın diğer cevher hazırlama işlemlerinden farkı, kömür sınıfına göre farklı beklentiler yaratmasıdır.

Özellikle ülkemiz kömürleri bu açıdan irdelendiğinde, 3 ana grup kömürden bahsetmek mümkündür; taşkömürü, sert linyitler ve yüksek nemli kömürler (yumuşak linyitler). Taşkömürleri teknik olarak tüm kömür hazırlama proseslerinin uygulanabildiği kömür türüdür. İri boyuttan, en ince boyuta kadar zenginleştirme yapmak mümkündür. Ancak ağırlıkla ekonomik nedenler ve bunun yanında kömür özellikleri, Zonguldak havzasında yer alan taşkömürlerinin %11-14 civarı küllerle üretilmesini mümkün kılmaktadır. İnce boyutlarda bu oran bir miktar daha yükselebilmektedir. Bu tür

kömürlerde teknik olarak daha düşük kül oranlarına ulaşmak mümkün görünse de ekonomik anlamda tercihi uygun değildir.

Şekil 4'de kömür hazırlama süreçlerinin seviyeleri görülmektedir. Burada yöntemlerin teknik olarak uygulanabilirliği, kömür özelliğinin uygunluğu, maliyetler (yatırım ve işletme giderleri), ürün beklentisi ve verimlilik uygulanacak seviyeyi belirlemektedir.



Şekil 4. Kömür hazırlamanın uygulama seviyeleri (1)

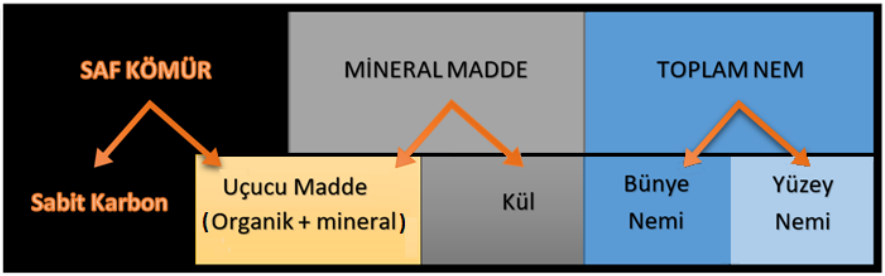
Kömür yıkama işleminde, kömürün iri boyutta daha fazla ekonomik değere sahip olması, iri boyutta depolama ve taşıma işlemlerinin daha kolay ve güvenli olması nedeniyle, kömür fazla boyut küçültme işlemlerine tabi tutulmadan yan kayacından temizlenmeye çalışılır.

Bunun sonucu olarak da kömür-yan kayaç serbestleşmesini hedeflemek yerine, kömürün belli bir kül oranına sahip olabilecek şekilde zenginleştirilmesi hedeflemektedir.

Kömür zenginleştirmede amaç kömürün ısı değerini yükseltmektir. Bunun yanında yakma, kok üretim ve kullanımı,

gazlaştırma gibi proseslerde çeşitli sorunlara neden olan mineral madde içeriğini ve nem oranını belli bir değerin altına çekmektir.

Aşağıda kömür yapısının şematik görünümü yer almaktadır (Şekil 5). Bütünsel olarak bakıldığında kömür, organik kökenli kısım (saf kömür), mineral maddeler ve nem olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Ancak burada kömür türü, yakıt kalitesinin ana parametresi olan saf kömür (yanıcı kısım) özelliklerini ön plana çıkarmaktadır. Kömürden yıkama işlemi ile mineral maddeler uzaklaştırılırken, saf kömür konsantrasyonunun artması için, nem oranının en azından yükselmemesi gerekmektedir. Bu daha önce ifade edildiği gibi, sert linyitlerin bazıları, taş kömürleri ve antrasitlerde mümkün olmakta, hatta bu tür kömürlerde bile boyut küçüldükçe, yıkama işlemi ile nem oranı artış göstermektedir.



Şekil 5. Kömür yapısının şematik görünümü

Buradan; kömür zenginleştirme, kömürün mineral madde içeriğini ve mümkün olduğunca nem oranını azaltmaktır.

Sorun kömüre uygulanacak iyileştirmenin getireceği faydanın ne olacağı ve buna karşın ortaya yeni sorunlar ve büyük maliyetler çıkabilme olasılığıdır. Kömür hazırlama işlemlerinin uygulanış seviyesine göre bir maliyeti vardır ve bu maliyet uygulanan yöntem ne kadar ileri derecede olursa o kadar artmaktadır. Buna karşın her

kömürde oluşan maliyetin karşılığı faydayı sağlamak mümkün değildir.

Termik santralda kullanılan kömürlerde, kömür hazırlama işlemlerinin uygulanması ile, üretimden, tesiste oluşan atıklara kadar birçok fayda beklenmektedir. Kömür hazırlama ve yıkama işlemleri ile; taşıma ve stok maliyetlerini azaltmak, yakma sistemindeki curuflaşma problemlerini azaltmak, daha stabil ve verimli bir yakma sağlamak, yanma sonucu oluşan zararlı emisyonları azaltmak, kullanılan yardımcı malzeme (fuel oil, su, vb.) miktarını azaltmak, bakım giderlerini düşürmek gibi faydalar beklenmektedir. Beklenen faydaları sağlamak için atılan adımlarda uygulanan prosesler, kömür cinsi, yakıt-kazan uyumu, proses kontrol mekanizmaları önem taşımaktadır.

3. KÖMÜR YIKAMA YÖNTEMLERİNİN ESASLARI VE KÖMÜR ÖZELLİĞİ İLİŞKİSİ

Kömür, hazırlamada şu fiziksel özelliklerden yararlanmak mümkündür:

- Optik özellik (Elle ayıklama, optik ayırıcılarla zenginleştirme, vb.)
- Mekanik ve yapısal özellik (Döner kırıcılar, sarsıntılı elek kırıcılar, vb.)
- Yoğunluk farkı
- Elektriksel özellik (Tribo elektrostatik ayırma, endüstriyel uygulama yok)
- Yüzey özelliği (Flotasyon, yağ aglomerasyonu)
- Manyetik özellik farkı (verimsiz, endüstriyel uygulamaya girme şansı yok)

Kömür yıkama tesisi kurma kararı vermeden önce, kömürü iyi tanımak gerekmektedir. Daha önce bahsedilmiş olan kömür özellikleri yöntem seçimi açısından muhakkak ele alınmalıdır.

Turbaların kömür hazırlama yöntemleri açısından bir anlamı olmadığı daha önce ifade edilmiştir.

Linyit kömürlerinde, özellikle de genç linyit kömürlerinde yıkama işlemi açısından önemli olan 3 özellik vardır.

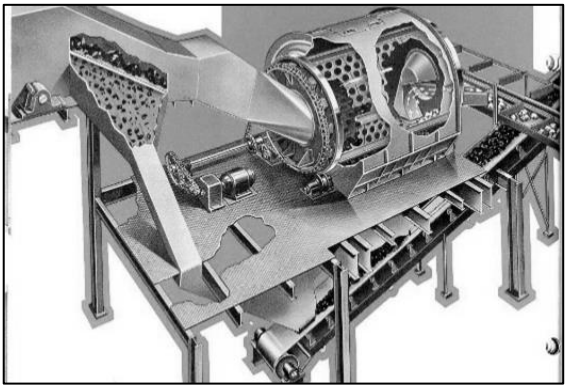
- Birincisi genç linyit kömürü, kömürleşme derecesine bağlı olarak nemsiz-külsüz halde daha düşük ısı değerine sahiptir.
- İkincisi, genç linyit kömürleri su ile temas ettiğinde bünyesine büyük miktarda su almakta, daha sonra ise kuruma ile büzülerek parçalanmaktadır. Dolayısıyla, iri ve sağlam parçalı kömür elde etmek zordur.
- Üçüncüsü ise, yıkama sürecinde kömür bünyesine aldığı aşırı miktardaki su ile, yıkama işleminden beklenen ısı değeri artışının çok düşük seviyelerde kalmasına sebep olabilmektedir.
- Kömürleşme derecesi açısından kömür yıkamanın faydalı olduğu düşüncesi oluştuğu takdirde, kömürün kullanılacağı sektörler açısından beklenen nitelikleri irdelenmelidir.

Taş kömürlerinde tüm yöntemleri uygulamak mümkündür.

Aşağıda kömürlerin kömürleşme derecesi ve yan kayaç özelliklerinin uygulanabilecek yöntem açısından önemi özetlenmektedir.

Kırma-eleme ile ön zenginleştirme; Bu amaçla kömür hazırlama da kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan en bilineni döner kırıcılardır (Şekil 6). Bu kırıcılarda kömür ile yan kayaç arasındaki kırılganlık farkından yararlanılmakta, uygun sınıftaki gevrek yapılı kömür kırılıp ufalanırken, yan kayacın iri boyutta kalanları

uzaklaştırılarak bir ön zenginleştirme sağlanabilmektedir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için kömürün gevrek yapılı olması gerekmektedir. Bu ancak bazı sert linyitler ve bazı taşkömürlerinde söz konusu olabilmektedir. Bunun yanında da yan kayacın kırılmaya mukavim tipte olması ve kil ağırlıklı olmaması gerekmektedir.



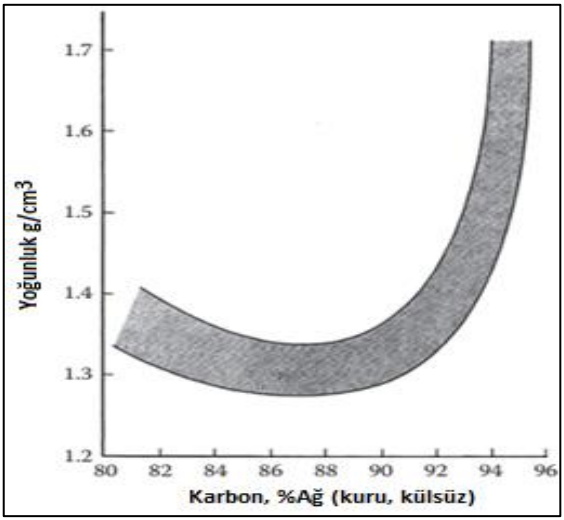
Şekil 6. Döner kömür kırıcısı

Yoğunluğa göre zenginleştirme; bu yöntem sert linyit, taşkömürleri ve antrasitlere uygulabilir. Ancak yantaşın yoğunluğu yanında kömür yoğunluğu da seçilecek yıkama yoğunluğu açısından önemlidir. Şekil 7'den görüleceği gibi, taşkömürlerini (eğer yeterli serbestleşme var ise) oldukça düşük yoğunluklarda yıkamak mümkündür. Linyitlerde görece daha yüksek yoğunluklarda çalışmak gerekmektedir. Buradaki en büyük sıkıntı ise genç kömürlerin yan kayaçları da genelde daha düşük yoğunluklu mineral maddelerden oluşmaktadır.

Yoğunluğa göre zenginleştirmede bir diğer alternatif kuru yöntemlerdir. Ülkemizde de son zamanlarda sıkı sık gündeme getirilmektedir.

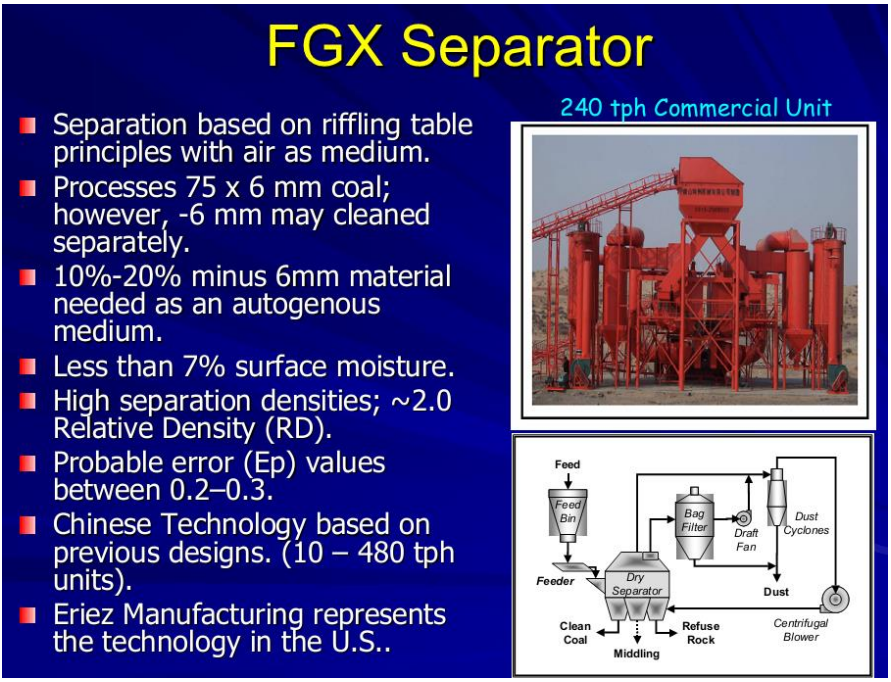
Kömürler yaş yöntemle zenginleştirmeye uygun değilse veya yaş yöntemin kullanımında çevre vb. sorunlardan kaynaklı sıkıntılar var ise, ilk sorulan soru kuru yöntemler olmaz mı? Aşağıda bu kuru

zenginleştirme anlamında en çok söz sahibi olan bir firmanın kataloğunda yer alan bilgiler verilmektedir (Şekil 8). Buradan da görüleceği üzere, bu cihazlar ancak yüksek yoğunluklarda (yaklaşık 2 g/cm^3) ayırım yapabilmekte, yani düşük küllü temiz kömür kazanımına uygun olmamaktadır. Ancak ülkemiz şartlarında, ön zenginleştirme veya termik santrala kömür hazırlama da uygun olmaktadır. Burada başka bir sınırlama devreye girmekte, yüzey neminin %7'yi geçmemesi istenmektedir. (5)



Şekil 7. Kömür karbon oranı ve yoğunluk ilişkisi. (3)

Yüzey Özelliklerine göre zenginleştirme (flotasyon); Flotasyonla zenginleştirme kömürlere de uygulanabilen bir yöntemdir. Hatta bazı kömürler neredeyse doğal hidrofobdur. Ancak bu yöntemin uygulanabilmesi de ilk başta kömür tipine bağlıdır. Kömürleri flotasyon işleminin uygulanabilirliğinde en iyi kömür için 1 puan olmak üzere puanlama aşağıdaki gibi olmaktadır.

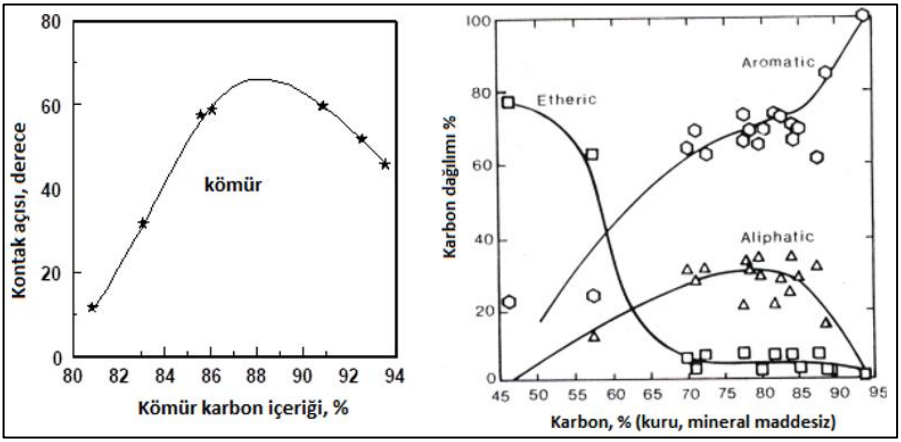


Şekil 8. FGX separatör ile ilgili katalog bilgileri

Kömürleşme derecesi	Flotasyon kolaylık derecesi
Antrasit	4
Düşük uçuculu bitümlü kömür	1
Orta uçuculu bitümlü kömür	2
Yüksek uçuculu bitümlü kömür	3
Yarı bitümlü kömür	5
Linyit	6

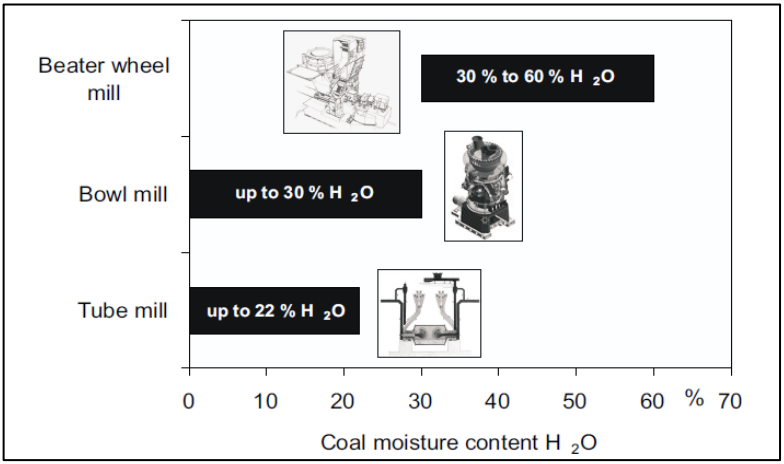
Şekil 9.a'da da görüleceği gibi kömür flotasyonu en iyi düşük uçuculu taşkömürlerinde uygulanabilmekte, linyit ve antrasitlerde ise zorlaşmaktadır. Bunun nedeni ise tamamen kömürleşme sürecinde moleküler yapıda meydana gelen değişimlerdir. Şekil 9.b'de flotasyonu kolay olan kömürlerde, alifatik yapının en yüksek orana

ulaştığı görülmektedir. Dolayısıyla da moleküler yapıdaki bu değişim flotasyonda ana etken olarak görülmektedir. Bunun yanında kömür oksidasyonu, mineral tipi ve kömür içerisindeki dağılımı gibi parametreler de flotasyondaki diğer etkenler olmaktadır.



Şekil 9. a) Kömür karbon içeriği ve temas açısı ilişkisi. b) Moleküler yapının kömürleşme ile değişimi. (6)

Kömür öğütme; kömürün öğütülebilirliği Hard Grove indeksi ile belirlenmektedir. Ancak burada önemli olan bir parametre de kömürleşme derecesi önemli oranda bağlı olan nem içeriğidir. Şekil 10'dan da görüleceği üzere kömür nem oranı kullanılabilecek değirmen tipini etkilemektedir.



Şekil 10. Kömür değirmenleri için neme bağlı seçim kriterleri (7)

4. SONUÇLAR

Kömür hazırlamanın hem çevresel hem de ekonomik faktörler açısından uygulanması çok önemlidir. Ancak "kömür" denildiğinde tek tip bir hammadde akla gelmemelidir. Kömürün oluşum koşullarına bağlı sahip olduğu fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri çok iyi tanımlanmalı ve bunun yanında kömürün özellikle bünyesinde kalan mineral madde kaynaklı kül bileşimi iyi araştırılmalıdır. Bunlar kömürün tanımlanması için önemlidir. Bunlara ilaveten kömür yıkanabilirliği, tüvenan ve yıkanması durumundaki ekonomik değeri iyi etüt edilmelidir. Her kömüre yıkama işlemi uygulamak akılcı olmayabilmektedir. Kömürün tüvenan olarak ekonomik değere sahip olması durumunda yıkamadan değerlendirme bazen ekonomik tercih yolu olabilmektedir. Aşağıdaki tabloda daha önce yapılmış olan bir çalışmadan yapılan alıntıdan, kömür yıkamanın her zaman ekonomik olamadığı açıkça görülmektedir.

Söz konusu olan ileri derecede kömürleşmiş kömürler olduğunda ise yıkama işlemi ekonomik olmakta hatta koklaşır kömür

ve benzeri amaçlarla kullanılan kömürler için yıkama işlemi bir zaruret haline gelmektedir.

Kömür yıkamanın etkisine bir örnek: Tınaz kömürü ile yapılan çalışmalar

	1 ton tüvenan için oluşacak miktarlar		1 milyon kcal için	
	Tüvenan	Yıkanmış	Tüvenan	Yıkanmış
Miktar	1000 kg	575,8 kg		
Nem	277,6 kg	230,3 kg	158,0 kg	182,2 kg
Kül	387,3 kg	110,0 kg	220,4 kg	87,0 kg
AID	1757000 kcal	1263881 kcal		

5. KAYNAKLAR

1. Kemal, M., Arslan, V., Kömür Teknolojisi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, 2010.

2. CQ Inc, Coal Clening Primer

3. James G. Speight, The Chemistry and Technology of Coal, Third Edition, Taylor and Francis Group, 2013.

4. Bruce G. Miller , David Tillman) Combustion Engineering Issues for Solid Fuel Systems. Academic Press; 1 edition (July 2, 2008)

5. R.Q. Honaker. Coal preparation plant advancements. Kentucy Professional Engineers in Mining Seminar Lexington, Kentucy, August 29, 2007.

6. Jie Liu, Chemical composition of coal surface as derived from micro FTIR and its effects on contact angle, B.S., Master of Applied Science thesis, The University of British Columbia, Vancouver, July 2016.

7. Angleys, M., Rieker, W., Stegelitz, P.; Grinding Systems for Advanced Firing Systems, IX Koferencja Kotlowa 2002.

AGREGA OCAKLARININ DOĞAYA KAZANDIRILMASI, ÖRNEK UYGULAMALAR

Arş. Gör. Dr. Tuğçe ÖNGEN
Doç. Dr. Doğan KARAKUŞ
Prof. Dr. Gürcan KONAK
Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

Açık ocak madenciliği ile üretim yapılması, görsel ve fiziksel olarak çevresel etkilere neden olmaktadır. Açık ocak madenciliğinde arazi tahrip edilmekte ve toprak kayıpları yaşanmaktadır. Dolayısıyla üretim sürecinde arazinin yapısı bozulmakta çevre dengesi değişmektedir. Madencilik faaliyetleri sırasında veya sonrasında tahrip edilen ve doğal dengesi bozulan araziyi, işletme sonrasında çeşitli yöntemlerle ilk haline getirmek olası değildir. Yapılan onarım çalışmalarının amacı, bozulmuş araziyi eskiye en yakın konuma getirmeye çalışarak, çevresiyle her açıdan uyumlu olmasını sağlamaya yöneliktir (Köse vd., 1993).

Özellikle agrega ocaklarının nakliye maliyetleri göz önüne alınarak kullanılacak bölgelere yakın olması istenmektedir. Bu durumda inşaat sektörü için hammadde ihtiyacını karşılamak adına şehirlerin yakınında ve/veya içerisinde üretim faaliyetlerinde bulunan

agrega ocakları çevresel baskılardan en fazla etkilenen madencilik faaliyetleri haline gelmektedirler. Söz konusu agrega ocaklarının üretim sonrası doğaya yeniden kazandırılması da sahanın ekolojik olarak sağlıklı hale getirilmesi ve görsel açıdan iyileştirilmesi açısından ayrı bir önem kazanmaktadır.

Agrega ocaklarında üretim amaçlı oluşturulan basamaklarda dekapaj kazısı söz konusu değildir veya çok kısıtlı miktarlardadır. Diğer bir ifadeyle gerçekleştirilen kazı çalışmalarının tamamında üretim yapılmaktadır. Agrega ocaklarının işletilmesinde dekapaj kazısı yapılmadığından üretim sonrası oluşan boşluğun doldurulması ekonomik olarak söz konusu değildir. Bu nedenle arazinin doğaya yeniden kazandırılması işlemi, üretimden sonra oluşan nihai basamakların duraylılığının sağlanması sonrasında bitkilendirmeyle yapılabilmektedir. Farklı bir ifadeyle, basamak yükseklikleri, basamak düzlükleri ve basamak eğimleri ister üretim sırasında ister nihai hale gelindikten sonra bitkilendirmeye uygun hale getirilmelidir. Agrega ocakalrının doğaya yeniden kazandırılması için üretim basamaklarının bitkilendirilmeye uygun hale getirilmiş olması yeterli değildir. Çünkü kireçtaşı yapısı itibariyle bitkilerin yetişemsine uygun değildir. Basamakların uygunluğu sağlandıktan sonra kireçtaşı içerisinde yapay olarak bitki yetişebilecek ortamların hazırlanması gerekmektedir.

Taş ocakcılığı faaliyeti öncesi ve sonrası planlama çalışmalarında peyzaj mimarı, orman mühendisi, jeolog, hidrojeolog, biyolog, ziraat mühendisi, maden mühendisi, çevre mühendisi, arkeolog, sosyolog, ekonomist başta olmak üzere multidisipliner bir çalışma grubu oluşturulmalıdır. Disiplinler arası bir planlamanın yapılması bozulmuş alanların yeniden kazandırılmasında başarılı bir araç olacaktır (Akpınar 1994, Norman et al.1997, Fanuscu 1999, Brown 2005).

Bu çalışmada disiplinler arası bir planlama ile yerleşim yerlerine yakın olan agrega ocaklarının üretim sonrası doğaya yeniden kazandırılması ve düzenleme aşamaları değerlendirilmiş ve İzmir İli Belkahve Bölgesi kalker ocaklarında uygulanan arazinin yeniden düzenlemesi örnek çalışma olarak verilmiştir.

2. AGREGA OCAKLARINDA REKÜLTİVASYON

Kalker üretimi yapılan ocakların doğal estetiğine kavuşması ve ekolojik olarak sağlıklı hale getirilmesi için iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalarda ön koşul bitkilendirme öncesi ocak alanının uygun olarak düzenlenmesidir. Agrega ocaklarında madencilik faaliyetleri yürütülürken veya ocak terk edilmeden önce basamak yükseklikleri, basamak düzlükleri ve basamak eğimleri bitkilendirmeye uygun şekilde tasarlanmalıdır. Bitkilendirme öncesi arazinin şekillendirilmesi olarak değerlendirilen bu çalışmalar planlanırken göz önünde bulundurulması gereken unsurlar; Ocak sahası ve çevresinin görsel niteliği, doğal hayat habitatı ve arazinin emniyeti, duraylılığıdır. Arazinin düzenlenmesi maliyetler açısından değerlendirildiğinde toplam rekültivasyon maliyetlerinin önemli bir oranını kapsamaktadır. Bu nedenle arazinin düzenlenmesi çalışması konuyla ilgili disiplinlerinde katkısıyla iyi planlanmalıdır. Madencilik sonrası açılan boşluğun doldurulması en pahalı rekültivasyon tekniğidir. Yapılması gereken, üretim esnasında planlama yaparak, sahada mümkün olan en az kazı miktarı ile lokal duraylılık sağlanmalıdır (Karakuş vd, 2009). Bu bilgiler ışığında bazı araştırmacıların gerçekleştirmiş oldukları agrega ocaklarının doğaya kazandırılmasına yönelik çalışmalara aşağıda değinilmektedir.

Özcan (2009), Ankara ili Elmadağ ilçesinde bulunan Hasanoğlan Taş Ocakları'nı da kapsayan 2 yıllık çalışma alanının faaliyet öncesi doğal ve kültürel yapısı incelemiş, çevre üzerine

etkisi modeller yardımıyla belirlenmeye çalışmıştır. Taş ocaklarının üretim öncesi durumu hakkında herhangi bir değerlendirme olmamakla birlikte, sadece üç firmanın ÇED raporu mevcut olup bu raporlarda herhangi bir doğaya kazanım planlaması bulunmadığı, üretime başlarken üst toprağın depolanmadığı, üretim sonrası topografyanın bozulduğu, 75 metre derinliğe 800 metre genişliğe ulaşan çukurlar oluştuğu bilgisi verilmiştir. Bu çukurlar yüzünden su rejiminin de zarar gördüğü, ayrıca görsel açıdan da kötü görüntü sergilediği belirtilmiştir. Bu durumları göz önüne alarak alan kullanım alternatifleri oluşturulmuştur. Çalışma alanında özel, hazine ve orman mülkü bulunduğu göz önüne alınarak her alan kullanım alternatifi için uzmanların yardımı ile değerlendirme faktörleri, etki ve katkı dereceleri bulunmuş, Değerlendirme faktörleri ayrı ayrı analiz edilmiş ve kazı sonrası doğaya kazandırma çalışmaları için hobi bahçesi ve rekreasyon alan kullanım tipi uygun bulunmamış, ağaçlandırma ve özel ağaçlandırma için alanın iyileştirilmesi ve bitkilendirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuş, fiili uygulama yapılmamıştır (Özcan, 2009).

Topay vd 2007 Batı Karadeniz Bölgesi Bartın ili sınırlarında bulunan 4 adet taş ocağında açık ocak madenciliğinin genel olarak peyzaja yaptığı etkileri, üretim sonrası yapılabilecek rekültivasyon çalışmaları seçeneklerini Peyzaj Mimarlığı bakış açısıyla ortaya koymuştur. Bu kapsamda söz konusu taş ocaklarının işletme sonrası bulunduğu çevrenin sosyal, kültürel ve ekonomik koşulları dikkate alınarak yeniden kullanımı veya doğaya kazandırılması yönünde öneriler geliştirmişlerdir. Çalışmada ele alınan dört taş ocağının doğada neden olduğu başlıca değişimleri topografyanın, toprak profillerinin ve jeolojik katmanların kazı nedeniyle değişimi, kütle kaybı, drenaj deseni ve su ekonominin değişmesi, verimli üst toprağın kısmen kaybolması, topraktaki canlıların (bitki ve hayvan) yok olması ve tüm bunlara bağlı olarak ekolojik dengenin yok olması olarak

sıralamışlardır. Bu ocaklar, turizm noktası olan İnkumu beldesi karayolu güzergahında yer almaktadır. Ayrıca, taş ocaklarının orman arazisi içinde bulunmaları, malzeme alımı sonucu bölge bitki dokusunu yok etmeleri ve topoğrafyayı değiştirmeleri Bartın Irmağı'nın oluşturduğu görsel kaliteyi olumsuz etkilemektedir ve doğada açılan yaralar olarak dikkat çekmektedir. İşletme alanında bulunan kırma-eleme tesislerinden çıkan toz da görsel kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Tüm bu durumlar göz önüne alınarak 4 ocakta da rekreasyon yapılması uygun bulunmuş, bir ocağın yerleşim yeri olarak değerlendirilmesi diğer 3 ocağın da farklı şekillerde değerlendirilmesi önerisi yapılmıştır. Örneğin üç ocağın durumu göz önüne alınarak kazı çukurlarının su ile doldurularak olta balıkçılığı amaçlı kullanımı gibi suya yönelik yapılacak aktivitelerde değerlendirilmesi, kazı yollarının Go Kart etkinliği için değerlendirilmesi, ormanla bütünleşik olması için ağaçlandırma yapılması ve kamping alanı olarak değerlendirilmesi önerileri yapılmıştır (Topay vd 2007). Konu ile ilgili herhangi bir uygulama çalışması yapılmamış bu görüşler sadece öneri niteliğinde kalmıştır.

Türkiye'de açık ocak işletmelerinde en çok onarım ve rehabilite konularında çalışmalar kömür ocaklarında yapılmaktadır (Akpınar 1994, Karakurt 2002, Bascetin 2007). Yukarıdaki iki örnekten de görüldüğü gibi agrega ocaklarının doğaya kazandırılmasında ise teorik olarak yapılan birkaç çalışma mevcuttur (Pamukcu ve Simsir 2006, Aktaş 2008, Topay vd 2007, Özcan, 2009). Hem teoriyi hem de uygulamayı içeren İzmir Belkahve Taş Ocakları'nın rehabilite edilmesi tek çalışmadır. Türkiye'de taş ocağı onarımı ya da rehabilitasyon çalışmaları üzerine uygun ve yeterli uygulamalara rastlamak güçtür (Özcan, 2009). Türkiye'de ilk defa teori ve uygulaması bir arada yapılan çalışma olarak agrega ocaklarının doğaya kazanımda öncü çalışma olduğundan dolayı İzmir İli Belkahve Bölgesinde yer alan agrega ocaklarında gerçekleştirilen

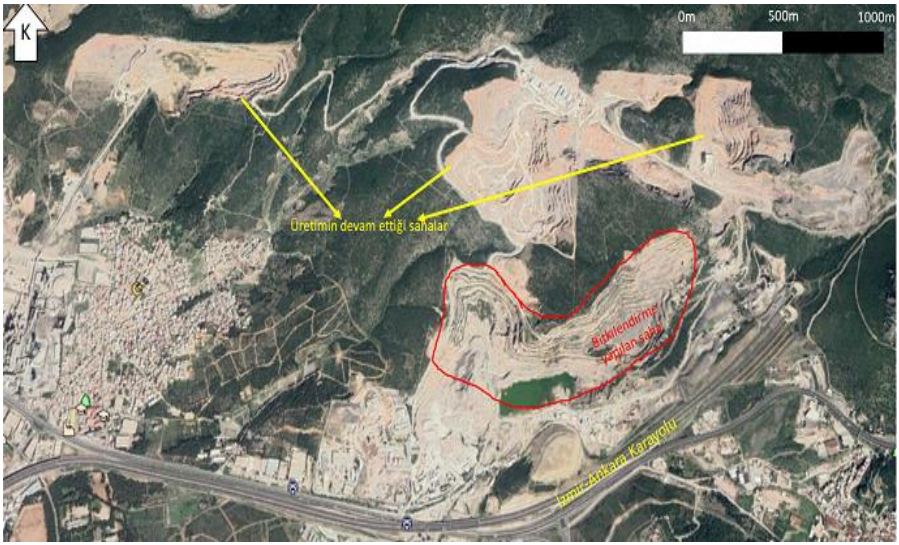
doğaya yeniden kazandırma çalışmaları bir sonraki bölümde değerlendirilmiştir.

3. ÖRNEK UYGULAMA: İZMİR İLİ BELKAHVE BÖLGESİ AGREGA OCAKLARI

İzmir ilinde inşaat sektörü hammaddelerinden olan agrega ihtiyacının neredeyse tamamı taşıma maliyetleri de göz önüne alınarak il sınırları içerisinde bulunan agrega ocaklarından sağlanmaktadır. Bu ihtiyacın yarıdan fazlası ise İzmir ilinin kuzey doğusunda bulunan Belkahve bölgesindeki işletmelerden temin edilmektedir (Şekil 1). Bu bölgede geçmiş yıllarda dokuz farklı firma tarafından agrega ocağı işletilmiştir. Bu durumda da yapılan üretim çalışmaları sonucu tahrip edilen arazi geniş alanları kaplamakta, ekolojik dengeyi bozmakta ve yerleşim yerleri için kötü görüntü vermektedir.

Özellikle İzmir – Ankara karayoluna cepheli ocaklar kötü bir görüntü vermektedir. Anayol kenarında bitkilendirme yaparak mevcut basamakların yüksekliğinden dolayı kapatılması mümkün olmadığından, bu cephede bulunan ocaklar ile yaşanan çeşitli hukuksal problemler neticesinde de doğaya yeniden kazandırılması amacıyla faaliyetlerinin durdurulması ve aynı bölgede yer alan farklı alanlara taşınması gerekmiştir.

Projelerin hazırlık aşamasında, İzmir Büyükşehir Belediyesi, Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından oluşturulan bir heyete, projeler hazırlanırken brifingler verilmiş, planlama sürecinin her aşamasında bilgilendirilmişlerdir. Bunun yanında, yukarıda bahsedilen anlaşma öncesi, Tabipler Odası ve İzmir Barosu dâhil olmak üzere pek çok meslek odası temsilcileri, planlanan sahalar hakkında yerinde bilgilendirilmiş, projeler hakkında yazılı görüşleri alınmıştır. Proje çalışmalarının her aşamasında, ruhsat sahibi firmalar bilgilendirilmiş, proje aşamaları tartışılmıştır (Onur vd, 2015).



Şekil 1. Belkahve bölgesi kalker ocakları kompleksinin konumu

Bu kapsamda söz konusu bölgede bulunan agrega ocaklarının taşınarak doğaya kazandırılmasında öncelikle belirli teknikler dahilinde rekültivasyon planlamaları yapılmıştır. Planlama yapılırken göz önüne alınan unsurlar aşağıda belirtilmiştir;

✓ Olası şev kaymalarını bertaraf etmeye yönelik önlemler (basamak yükseklikleri, basamak eğimleri vb)

✓ Doğal morfolojiye uyumlu ağaçlandırma seçimleri

✓ Yok olan canlı yaşamını yeniden oluşturabilmek ve görsel kirliliği bertaraf etmek amacıyla uygulanması gereken peyzaj mimarlığı tekniklerinin değerlendirilmesi

Bu çalışmalar 3 ana başlık altında incelenmiştir. Öncelikle söz konusu agrega ocaklarının doğaya kazandırılması için arazi düzenlemelerinin yapılması şarttır. Bu işi takiben bitkilendirme planlaması ortaya konulmuştur. Son aşamada ise işin takibi yapılmış

ve proje uygulandığından günümüze kadar gerçekleşen değişim gözler önüne serilmiştir.

3.1 Arazi Düzenlemesi

Bölgede bulunan kazı şev ve basamaklarının yüksekliği fazla olduğundan anayol kenarı bitkilemesi ile kapanamayacağına karar verilmiştir. Konu dahilinde olan agrega ocaklarının mevcut durumu incelendiğinde, batı kısmında yer alan basamakların genelde düzenli olduğu, herhangi bir şev düzenleme çalışması ve/vey ilave kazıya ihtiyaç duyulmadığına karar verilmiştir. Fakat ağaçlandırma çalışmalarından önce kazı basamaklarının şev altılarında bulunan döküntü malzeme ile basamak düzlüklerinde bulunan malzemelerin temizlenmesi gerekmiştir. Ayrıca basamak şev yüzeylerinde askıda malzeme varlığı olan kısımlarda iş güvenliği açısından ve ileride tehlike yaratmaması açısından iş makinaları yardımıyla temizlenmiştir.

Rekültive edilecek ocağın basamak yükseklikleri ölçülerek basamak yüksekliklerinin aynı olmadığı farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Bilindiği gibi kireçtaşı dayanımı yüksek bir malzeme olduğu için söz konusu ocakta oluşturulan üretim basamaklarına ait şev açıları diktir. Ayrıca basamak genişliklerinin de ocak içerisinde değişimi gözlenmiştir. (Şekil 2). Kısaca ocaktaki basamaklarda herhangi bir arazi düzenlemesi yapılmadan doğaya kazanımın söz konusu olmadığı ortaya konmuştur.

Bölgede geçmiş yıllarda yanlış uygulanan kazı tekniklerinden kaynaklı olarak aşırı yüksek şevler meydana gelmiş, bu şevlerin kazı öncesi doğal topoğrafyaya uygun hale getirilmesi için ocakların bazı bölgelerinde bulunan basamak sistemlerinin yeniden düzenlenmesi gerekmiştir. Yapılan düzenleme işlerinde bazı bölgelerde zorunluluk doğduğu için bakir arazinden kazı yapılmıştır. Burada esas olan en az

kazı miktarı ile ocağı rekültivasyona hazırlamak olmuştur. Bu amaçla madencilik programlarından faydalanılmış ve optimum kazı planı ortaya çıkarılmıştır.

Şekil 2. Ocaklardaki düzensiz basamakların görünüşü (Onur vd., 2007).

3.2 Bitkilendirme Planı ve Uygulaması

Arazi düzenlemesinde öngürülmüş olan basamak şev açısı (70º) ve basamak genişliklerinin sabit olmayışı bitkilendirme için birtakım problemleri de beraberinde getirmiştir. Bu problemler sulu püskürtme yöntemiyle bitkileme yapmanın mümkün olmaması, çok çabuk uygulama (1 hafta) ve çok hızlı çıkma gösterip yeşillenerek (2–3 hafta) şev aynalarının kaplanamamasıdır.

Tamamen kalker kayasından ibaret olan zemin, su yokluğu, konumu itibariyle gün boyunca çok yükselen sıcaklık nedeniyle, bu alana özgü bir toprak karışımı, çok yüksek su tutma kapasitesine sahip perlit, gerekli zamanlarda sulama, tutma oranı düşüklüğü nedeniyle bitkilerde yenileme gibi önlemlerle uygulanması gerekmektedir. Basamak genişlikleri dikkate alınarak; 10 m ve daha geniş olanlarda basamağın dip tarafında 5'er metre arayla 50 cm derinlikte 1mx1m' lik çukurlar, basamağın ön tarafında ise, kenarlardan 2 m içerde 50 cm

derinlikte 1 m genişliğinde basamak boyunca açılacak hendekler patlatmayla oluşturulacağı için çatlaklar içerecektir. Kökleri derine giden bitkilerin gelişimi için yararlı olmakla beraber su tutmayı azaltacağından bu yönde de önlem olarak çukur/hendeğin dibine10 cm kalınlıkta iri daneli perlit serilmiş, hazırlanan karışım bunun üzerine 30 cm kalınlığında serilmesi su tutma yeteneğini dolayısıyla bitki tutma oranını arttırmış öte yandan sulama zaman aralıklarını önemli derecede azaltmıştır. Bu karışımın üzerine 5 cm kadar kalınlıktaki bitkisel toprak karışımı (kompostla) serilmesi bitki tutmasını arttırmıştır (Karakuş vd, 2009).

Öncelikle çabuk gelişen, kökleri derine giderek düşey drenaja ve diğer bitkilerin derine inmesine yardımcı olacak, toprağı özellikle azotça zenginleştirerek bitki yaşamını güçlendirecek, çok güneşli, çok sıcak, kurak, kireçli zeminde yetişme şansına sahip, bazıları nispeten kısa zamanda gelişip alanı diğer bitki türlerine hazırlayıp terk edecek, bir kısmı farklı ekstrem koşullara dayanıklı olarak birbirini destekleyen bitkiler kullanılmıştır (Onur vd., 2007). Bitkilendirme amacıyla basamaklarda oluşturulan dikim çukuru/dikim hendeği kesiti Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. Belkahve Bölgesi Bitkilendirme Projesi dikim çukuru/dikim hendeği kesiti (Onur vd., 2007).

Söz konusu ocakların doğaya yeniden kazandırılması amacıyla yapılan projeye göre arazi düzenleme ve bitkilendirme çalışmaları bir arada yürütülmüştür. Bu çalışmalar bir yıllık bir dönemde

gerçekleştirilmiştir. Bitkilendirme çalışmalarında ekimi gerçekleşen bitkilerin % 90-95'lik bir kısmı hayatta kalmıştır. Bitkilendirme çalışmalarına ait görüntüler Şekil 4'te verilmektedir.

Şekil 4. Kanal kazısı görüntüsü (A) ve bitkileme çalışmalarının başlangıcı (B) görüntüleri

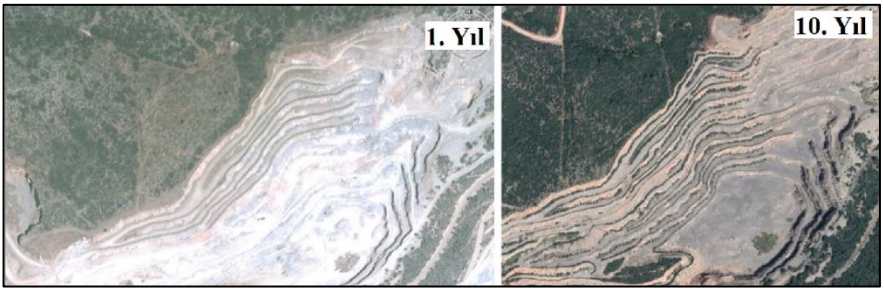
3.3 Projenin Güncel Hali

2007 senesinde projelendirilerek temelleri atılan bu proje neticesinde söz konusu bölgede bitkilendirme çalışmaları devam etmiştir. Yapılan çalışmalarda hedeflenen uzun yıllar sonunda bozulan arazinin doğal topoğrafyayla uyumlu bir görüntü elde etmesi ve yerleşim yerlerinden görünen kötü görüntünün ortadan kalkmasıdır.

Bu amaçla yapılan bitkilendirme çalışmaları 2007 senesinden günümüze kadar takip edilerek ağaç büyümeleri gözlemlenmiştir. Şekil 5'te düzenlenen basamaklarda yapılan bitkilendirmenin 1.yılı ve 10.yılındaki değişimin uydu görüntüsü verilmiştir. Şekil 5'ten görüldüğü üzere basamaklarda yeşil görüntü gözle görülür şekilde artmıştır.

Şekil 6, projenin tamamlanması ve hayata geçirilmesinden sonra farklı yıllarda bitkilerdeki değişimi göstermektedir. Bitkilendirme yapılan ortamda nebati toprağın bulunmaması, kireçtaşı ortamında ekimi gerçekleşen bitkilerin yeterince su ihtiyacını

alamamasına bağlı olarak Şekil 6'dan da görüldüğü gibi büyüme hızları yavaştır. Fakat şev aynalarının kapanması yıllar da sürse, terkedilen agrega ocaklarının rehabilite edilerek doğaya kazandırılması hem doğal yaşamın tekrar oluşması, hem önceki bitki örtüsüne uyum hem de görsel açıdan önem teşkil etmektedir.



Şekil 5. Bitkilendirilmiş basamaklardaki değişim

Şekil 6. Yıllara göre bitkilerin durumu

Dikimi gerçekleşen ağaçların günümüzdeki durumunu ortaya koymak adına çeşitli açılardan fotoğraflama yapılmıştır (Şekil 7, Şekil 8). Aynı zamanda sahada yapılan incelemelerde her ne kadar ağaçların büyüme hızı çok fazla olmasa da doğal yaşama dair izler

gözlemlenmiştir. Oluşan bitki örtüsünde kekliklerin ve başka kuşların bulunduğu görülmüştür.

Şekil 7. İzmir-Ankara Karayoluna cepheli bitkilendirme yapılan sahaya ait görüntüler

Şekil 8. Bitkilerin yakından görüntüsü

Bugüne kadar 45 hektarlık bir alanda 46 bin fidan dikilmiştir (Şekil 9). Bu çalışma, konusunda öncü bir çalışma olmasının yanı sıra, her ne kadar görsel açıdan basamak şevlerini henüz tamamen kapatmamış olsa da yapılan gözlemlerde çam ağaçlarının 2-2.5 m boya kadar uzadığı ve hayvan yaşantısının başladığı görülmüş, agrega ocaklarının da doğaya kazandırılabileceğini ortaya koymuştur.

Şekil 9. Projesi tamamlanan sahanın nihai durumu

3. SONUÇLAR

Agrega ocaklarının doğaya kazandırılmasının ele alındığı bu çalışmada rekültivasyon projesi yapılan ve fiili olarak hayata geçirilen bir ocak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Madencilik faaliyetleri sonucu doğal topografik yapı bozularak, bitki örtüsü ve canlı çeşitliliği yok olmakta ve bu faaliyetlerin yürütüldüğü ocakların konumlarına bağlı olarak yerel halk ocakların yarattığı kötü görüntüden rahatsız olmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü arazinin geçici olarak

kullanıldığının algılanması ve aynı arazinin kazı öncesi orijinal haline en uygun hale getirilmesi anlaşılmalıdır. Bu da ancak multidisipliner çalışmalar ile bilimsel temellere dayanan rekültivasyon planlamaları ile gerçekleştirilebilir. Kaldı ki hammadde ocaklarının doğaya yeniden kazandırılması planı CED kapsamında da yasal bir zorunluluktur. Hammadde ocaklarının doğaya kazandırılması farklı maden ocaklarına göre zorluklar içerir. Basamak şev açıları dik ve basamak yükseklikleri fazla, ayrıca kazı sonrası kalan kayaç yapısının bitki yetişmesine elverişli olamaması gibi problemler mevcuttur. Bu nedenle hammadde sağlayan ocakların doğaya kazandırılmasında bitkilerin yertişebileceği ortam için yapay organik ortamlar üretilmesi gerekmektedir.

2007 yılında sunulan projeye istinaden İzmir Belkahve Bölgesinde 2008 yılında mevcut ruhsatlı agrega ocaklarında üretim durdurulmuş, mevcut yasal düzenlemelere göre ocakların taşınarak söz konusu ocaklarında doğaya yeniden kazandırılmasına başlanmıştır. Ocakların bölgeden uzaklaştırılması ve yeni bölgelere taşınması ile eş zamanlı olarak terk edilen ocakların doğaya yeniden kazandırılması projesi yapılmış ve uygulamaya alınmıştır.

Üretim farklı bir alana taşındıktan sonra, kapatılan agrega ocağında öncelikle arazi düzenleme çalışmaları yapılmıştır. Burada amaç arazinin bitkilenmesine uygun şartlar sağlamaktır. Söz konusu ocakta nihai şevlerin oluşturulması sırasında özel patlatma teknikleri kullanılmıştır. basamak şev açıları ve yükseklikleri şev emniyetini sağlayacak şekle getirilmiştir. Arazi düzenleme çalışmalarının ardından oluşturulan şev açıları da dikkate alınarak bitkilendirmeye en elverişli yapay ortam hazırlanmıştır. Bu amaçla şev düzlüklerinde kanallar açılmıştır. Açılan kanallarda gerekli ortam sağlandıktan sonra az su isteyen, sıcağa dayanıklı ve nispeten hızlı büyüyen bitkiler seçilerek ekim işlemi yapılmış ve %90-95 oranında başarı elde edilmiştir.

Yıl bazında bitkilendirilen saha gözlemlenmiş, değişimler izlenmiştir. İzmir-Ankara karayolundan ocağa bakıldığında her ne kadar basamak şevleri henüz tamamen kapanmamış olsa da, ağaçların yeşil kaldığı, etrafında doğal ortamlarının oluşmaya başladığı, çeşitli canlı türlerinin tekrar yaşamaya başladığı gözlemlenmiştir. Projenin hayata geçtiği 2008 yılından günümüze kadar 45 hektarlık bir alanda 46 bin fidan dikilerek arazi yeşillendirilmiştir.

Agrega ocaklarında üretim aşamasında erken planlama yapılarak basamakların rekültivasyon için uygun hale getirilerek ocağın terk edilmesi gerekmektedir. Böylece arazi düzeltme aşamasında yalnızca yapay ortamlar oluşturmaya odaklanılabilecektir. Sonuç olarak gittikçe şehirlerin içerisinde kalan agrega ocaklarında üretim odaklı kalmayarak görsel açıdan ve çevreye uyum açısından çok daha çevreci işletilerek, üretim sonrası doğaya yeniden kazandırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akpınar, N., 1994. Açık Kömür Ocaklarında Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Doğa Onarımı Çalısmalarının Milas-Sekköy Açık Kömür Ocağı Örneğinde İrdelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD., Ankara, 277s.

Aktas, E. 2008, Bozulmuş Alanların Ekolojik Rehabilitasyonu ve İzmir- Belkahve Yöresi Taş Ocaklarının Ekolojik Rehabilite Üzerine Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, İzmir.

Bascetin, A. 2007. A Decision Support System Using Analytical Hierarchy Process (AHS) For The Optimal Environmental Reclamation of An Open-pit Mine. *Environmental Geology*, 52, 663-672.

Brown, M.T. 2005. Landscape restoration Following Phosphate Mining: 30 Years of Coevolution of Science, İndustry and Regulation. *Ecological Engineering,* 24, 309- 329

Fanuscu, E.M. 1999. Bozulmuş Alanların Kentsel Kullanım Açısından Değerlendirme Olanakları (İstanbul Ağaçlı yöresi açık maden alanı örnegi). Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Karakurt, H. 2002. Ege Bölgesinde Açık Kömür İşletmeciliği Yapılan Orman Sahalarının Yeniden Ağaçlandırılması İçin Toprak Verimliligi Yönünden Alınacak Önlemler Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

Karakuş D., Onur, A.H., Konak, Pamukçu, Ç., Köse, H., Yalçın, E., 2009. Kalker Ocaklarının Rekültivasyon Olanaklarının Araştırılması, İzmir Belkahve Örneği, *3. Madencilik ve Çevre Semp.,* Ankara.

Köse, H., Simsir, F., Güney, A., 1993. Açık Maden İsletmelerinde Rekültivasyon ve Rekreasyon. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No:236, İzmir, 53 s.

Norman, D.K., Wampler, P.J., Throop, A.H., Schnitzer, E.F., Roloff, J.M. 1997. Best management practices for reclaiming surface mines in Washington and Oregon. Washington Division of Geology and Earth Resources Report 96-2 / Oregon Department of Geology and Mineral Industries Open-File Report O-96-2.

Onur, A.H., Konak, G., Köse, H., Yalçın, E., Güney, A., Karakus, D., Pamukçu, Ç., Aktaş, E., 2007. İzmir İli Bornova Belkahve Mevkiinde Bulunan Kalker Ocaklarının Rehabilitasyonu ve Rekreasyonu Projesi, DEÜ Vakfı Projesi, 41s.

Onur, A.H., Öngen T., Konak, G., Karakuş D., 2015. İzmir Belkahve Hammadde Ocaklarının Doğaya Yeniden Kazandırılmasında Yaşanan Süreçler ve Yeniden Yapılandırma Planı. *7. Ulusal Kırmataş Sempozyumu,* İstanbul.

Özcan A.U., 2009. Ankara-Hasanoğlan Taş Ocaklarının Onarımı ve Kentsel Kullanım Açısından Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlıgı Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Pamukcu, C. and Simsir, F. 2006. Example of Reclamation Attempts at a Set of Quarries Located in İzmir, Turkey. *Journal of Mining Science,* 42(3), 304-308.

Topay M., Sertkaya Aydın Ş., Koçan N., 2007. Taş Ocaklarının Peyzaja Etkileri ve Yeniden Kullanımlarına Yönelik Çözüm Önerileri: Bartın İli Örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 2 (A), 134-144., ISSN: 1302-7085.

AYDIN İLİNİN MADEN VE ENERJİ KAYNAKLARI: İHRACATI BAKIMINDAN TÜRKİYE'DE Kİ ÖNEMİ

Doç. Dr. Avni GÜNEY
Öğr. Gör. Elif AKGÜL

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Maden Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

Aydın İli Ege bölgesinin tarım ve turizm bakımından önemli illerinden biri olarak bilinmektedir. Aynı zamanda madenciliğin de yoğun olarak yapıldığı illerden biridir. Aydın İli'nde metalik madenler olarak altın, bakır, kurşun, çinko, civa ve demir oluşumları bulunmaktadır. Koçarlı–Satılar altın sahasında 1 gr/ton tenörlü 5.630 ton görünür+muhtemel rezerv mevcuttur. Bakır, kurşun, çinko cevherleşmelerine il merkezinde, Söke, Çine ve Koçarlı ilçelerinde rastlanmakta olup, düşük tenörlü küçük boyutlu zuhurlar olduğundan, ekonomik değildir. Bozdoğan–Altıntaş sahasında %2 zinober tenörlü 52.500 ton rezervli bir yatak olup işletilmemektedir. Ayrıca Nazilli ve Germekcik ilçelerinde küçük civa zuhurları vardır. Söke-Koçarlı-Salhane sahasında ortalama %44.51 Fe tenörü tespit edilmiştir. Ayrıca yatakta %54.46'ya kadar varan %Fe değerleri de tespit edilmiştir. Yatağın ortalama silis içeriği ise %28'dir. Buna göre, yatakta 119.000 ton yüksek tenörlü ve 360.000 ton düşük tenör ve yüksek silisli cevher

tespit edilmiştir. Söke-Çavdar demir zuhurunda ise ortalama %42.62 Fe ve %22.05 Si tenörlü 13.500.000 ton görünür+mümkün rezerv bulunmaktadır. Yüksek silis, düşük tenör ve kısmen kükürt değerlerinin yüksek oluşu nedeniyle bu yatak işletilmemektedir. Metalik maden yataklarının yanı sıra endüstriyel hammaddeler yönünden de zengin yataklar mevcuttur. Bunlardan barit, diyatomit, grafit ve kuvars gibi endüstriyel hammaddeler yanında seramik sanayinin olmazsa olmazı olan feldspat yataklarından üretilen madenler dünya pazarına ihraç edilmektedir. Çine-Yeniköy-Ozanbelenin'de düşük tenörlü bir barit zuhuru mevcuttur. Karacasu Dedeler köyünde iyi kaliteli %90 SiO_2 ve %2 Al_2O_3 içeriği olan diyatomit yatağında zaman zaman işletme yapılmaktadır. Bozdoğan–Beyler Mahallesinde düşük tenörlü 6.000 ton görünür rezerve sahip grafit zuhuru bulunmaktadır. Seramik hammaddelerinden birisi olan kuvars, Bozdoğan–Söke–Çine ilçeleri sınırları dahilinde olup %96.21 SiO_2 ve %1.2 Fe_2O_3 ortalama tenörlü 9.663.100 ton kuvars mevcuttur. Karasu–Dandolos sahasında %4–5 S tenörlü, 51.800 ton görünür+muhtemel kükürt rezervine sahip yatak düşük tenörlü olması nedeniyle işletilememektedir. Mermer açısından Karacasu ilçesi önemli potansiyellere sahiptir. İlçede Geyre, Tepecik, Hangediği ve Nargedik sahalarında toplam 30 milyon m^3 potansiyel mermer rezervi tespit edilmiştir. Bu sahalarda özel sektör tarafından işletme yapılmaktadır. Mika yönünden ise Germencik–Dağyeri sahası iyi kaliteli olup rezervi belirlenmemiştir ve herhangi bir işletme mevcut değildir. Bozdoğan–Gerzile'de orta kaliteli 200.000 ton görünür rezerve sahip talk mevcuttur. Koçarlı–Çavdar – Küçükçavdar sahasında %0.0425 U_3O_8 (autinit) tenörlü 208.942 ton görünür, Çavdar- Arapsu sahasında %0.02-0.03 (autinit ve torbernit) tenörlü 10.784 ton, %0.03'den büyük tenörlü 19.508 ton muhtemel uranyum rezervi tespit edilmiştir. Çavdar–Demirtepe sahasında, %0.0234–0.0956 (autinit, bassetit, uranopilit) kalitesinde, %0.0234 tenörlü 263.343 ton U_3O_8, %0.0956 tenörlü 1.456.687 ton U_3O_8 olmak üzere

1.728.207 ton görünür+muhtemel uranyum rezervi mevcuttur. Kisir–Osmankuyu sahasında ise %0.02-0.03 U_3O_8 uraninit, gümmit, uranotil, torbernit, autinit, meta–autinit, meta– torbernit, fosforanilit minerali belirlenmiş olup, %0.02–0.03 tenörlü 11.530 ton U_3O_8 ve %0.03'den büyük tenörlü 34.365 ton U_3O_8 olmak üzere toplam 45.895 ton muhtemel uranyum rezervi mevcuttur. Karacasu ve Söke ilçelerinde %55-60 Al_2O_3 (Karacasu), %44-55 Al_2O_3 (Söke) tenörlü yataklarda korund, manyetit ve zımpara olmak üzere Karacasu'da 172.000 ton görünür+muhtemel, Söke'de 55.000 ton muhtemel rezerv tespit edilmiştir. İşletilen zımpara yatakları mevcuttur. Dünya albit üretiminde Ülkemiz ilk sırayı almaktadır. Üretimin hemen hemen tamamı Çine – Milas'dan yapılmaktadır. Bu bölgede feldspat zenginleştirilmesine yönelik tesisler bulunmaktadır. Çine–Milas bölgesinden 1.5 milyon ton/yıl civarında albit ihraç edilmektedir. İl merkezi, Söke ilçesi ve Çine–Karpuzlu–Akçaova yataklarında %8–11.44 K_2O ve %0.73 Fe_2O_3 içerikli 1.878.516 ton muhtemel, seramikte katkı olarak kullanılabilir nitelikte orta-düşük kaliteli 151.819 ton muhtemel ortaklaz (potasyum feldspat) rezervi ile %8.35–11 Na_2O_3 ve %0.7 Fe_2O_3 içerikli iyi kalitede 67.363.515 ton muhtemel ve 21.987.172 ton orta-düşük kalitede albit (sodyum feldspat) rezervi mevcuttur. Bu yataklar günümüzde seramik ve cam sanayiinde kullanılmak üzere yurt içi ve yurt dışı pazarlara yönelik olarak işletilmektedir.

2. AYDIN İLİ EKONOMİSİ

2018 yılı TUİK verilerine göre, Aydın İli'nin nüfusu 1.097.746 olup Türkiye'nin en kalabalık 20. ilidir. Ekonomik alanda turizm ve tarım sektörleri başta gelmektedir. SGK 2018 Aralık ayı verilerine göre Aydın İli iş yeri sayısı 27.816, Ticaret Bakanlığı 2018 verilerine göre ihracat yapan firma sayısı 327'dir (4). Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 2016-2019 yılları verilerine göre Aydın İli'nde toplam

6.335 kişi istihdam edilmiş ve 7.584 milyon TL sabit yatırım yapılmıştır (5).

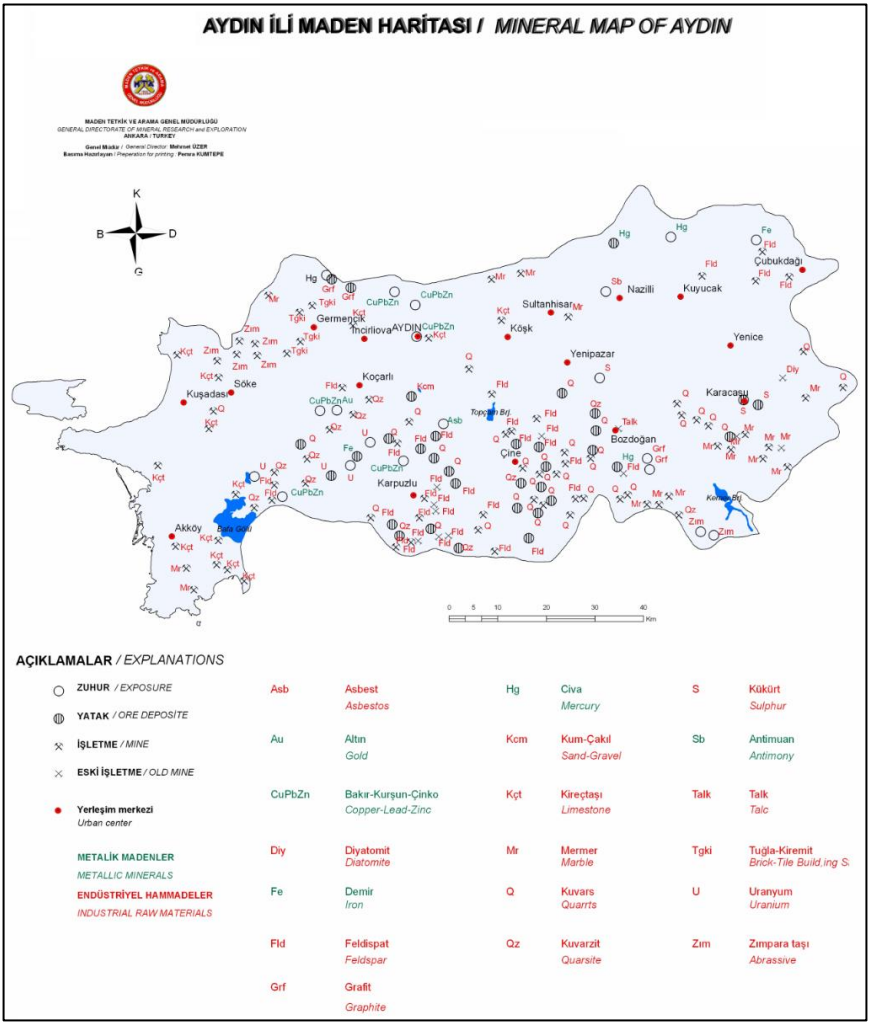
Son yıllarda Aydın, sanayileşme sürecini hızlandırmış ve birçok diğer sektörle birlikte madencilik sektörü de hızla gelişmeye başlamıştır. Ekonomik hayatta önemli bir yeri olan madencilik, Aydın İli'nin sanayi ve ticaret sektörünün gelişmesinde etkin bir rol almaktadır. Zımpara, feldspat, kuvars, mermer, linyit, jeotermal ve diğer birçok maden yataklarında üretim yapılarak ekonomiye büyük katkılar sağlanmaktadır (Şekil 1). İstihdam olanakları artmakta, ayrıca yapılan ihracatla ülke ekonomisine büyük katkılar sağlanmaktadır.

3. AYDIN İLİ'NDE ÜRETİLEN VE/VEYA İHRACATI YAPILAN MADENLER

3.1. Zımpara

Zımpara taşı (veya korundit) aşındırıcı tozlar elde etmekte kullanılan, koyu renkli, granüler yapıda bir kayaçtır. Emery adı, bu mineralin ilk olarak keşfedildiği, Yunanistan'da Naxos adasındaki EMERI Burnu'ndan gelmektedir. Genellikle korundum (aluminyum oksit) minerali içermektedir, bunun yanı sıra demir içeren spineller, hersinit, manyezit ve rutil (titanyum minerali) de içermektedir. Endüstriyel alanda kullanılan zımpara taşı içerisinde magnezya, mullit ve silika gibi bir takım başka sentetik bileşenler bulunabilir.

Gerçek zımpara taşının rengi siyah veya koyu gridir. Özgül ağırlığı 3,5-3,8 arasıdır. Özgül ağırlıktaki bu değişkenlik Emery'nin zımpara taşının içerisinde olabilecek diğer minerallerin etkisiyle meydana gelir. Yine aynı nedenle MOHS sertlik derecesinin de değişiklik göstermesi olasıdır. Zımpara taşının sertlik derecesi 9 iken içerisinde bulunan spinel grup mineralleri nedeniyle 8 civarına, manyezit gibi daha yumuşak mineraller ile karışık olması halinde MOHS sertliği 6'lara kadar düşebilir.



Şekil 1. Aydın İli maden potansiyeli haritası (1)

Kırılmış veya doğal yollardan ufalanmış zımpara (kara kum olarak da bilinir) ve aşındırıcı malzeme olarak kullanılır. Bu malzeme zımparalama yapmak üzere levhalara veya kağıtlara tutturulup kullanılır. Kara yollarında araçların tekerleklerinin yol tutuşunu artırmak ve aynı zamanda yolların dayanıklılığını yükseltmek üzere

asfalta karıştırılabilir. Yakın geçmişte dünyanın en büyük zımpara üreticileri Türkiye ve Yunanistan iken günümüzde Türkiye neredeyse tek başına kalmıştır.

Endüstriyel açıdan büyük öneme sahip bu kayaç türünün ana kaynağı olarak, Yunanistan'ın Naxos adası kabul edilir. Bu kayaç, binlerce yıldan yakın zamana kadar Naxos adasının Doğu kısmından çıkartılmaktaydı. Fakat sinterlenmiş karbit ve oksitli malzemelerin aşındırıcı olarak kullanılabilirliğinin keşfedilmesi ile zımparaya olan talep düşme eğilimine girmiştir.

Üretilen zımparanın bir bölümü aşındırıcı kaplama yapmak için kullanılmakta, büyük çoğunluğu ise özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde aşınmaya dayanıklı zeminler ve yolların yapımında ve Asya ülkelerinde pirincin kabuğunun temizlenmesinde kullanılmaktadır.

Ülkemizin ve Aydın İli'nin önemli ihracat ürünlerinden biri olan zımpara endüstride, taş kesme ve metal parlatma-cilalama işlerinde, taş yüzeylerinin açılması-parlatılması ve ayna camının kaba öğütülmesi amacıyla, öğütücü disklerde kullanılan aşındırıcıların imalatında, zımpara kağıdı veya zımpara kumaşı gibi abrasif kaplama yapımında, beton sertleştirmede ve kaygan zemin, kaldırım, basamak vb. alanların kayganlığını giderici malzeme üretiminde kullanılmaktadır.

Aydın İli sınırları içinde Karacasu-Circivan ve Söke-Gümüşköy ve Kayas Çiftliği Sahaları Kalite: %55-60 Al_2O_3 (Karacasu), %44-55 Al_2O_3 (Söke) korund, manyetit ve zımpara Rezerv: Karacasu'da 172.000 ton görünür+muhtemel, Söke'de 55.000 ton muhtemel rezerv belirlenmiş olup, Karacasu'daki Göztepe ve Bölükardıç yatakları halen işletilmektedir (Çizelge 1, Şekil 2). Diğer yataklar ise terk edilmiştir.

Çizelge 1. Aydın İli zımpara potansiyeli (1)

ZIMPARA	
Karacasu-Circivan ve Söke-Gümüşköy ve Kayas Çiftliği Sahaları	
Kalite	%55-60 Al_2O_3 (Karacasu), %44-55 Al_2O_3 (Söke) korund, manyetit ve zımpara
Rezerv	Karacasu'da 172.000 ton görünür+muhtemel, Söke'de 55.000 ton muhtemel rezerv belirlenmiş olup, Karacasu'daki Göztepe ve Bölükardıç yatakları halen işletilmektedir.

3.2. Feldspat

Feldspatlar yerkabuğunun %60-65'ini oluşturan sodyum, potasyum, kalsiyum, lityum ve bazen de baryum ve sezyum ve bu elementin izomorf birleşimi ile oluşmuş susuz alümina silikatlardır. Bu mineraller her magma kütlesinde değişik şekillerde bulunduklarından bunların soğuyup kristalleşmesi ile yer yer feldspat zonları ve yatakları oluşmaktadır. Temel seramik ve cam hammaddesi olan feldspatlar ülkemizde de yaygın olarak bulunmakla birlikte çoğunlukla gerek alkali içerikleri açısından zenginleştirme gerektirmektedirler. Safsızlık olarak demir ve titan içeren mineraller (rutil, sfen, mika, vb.) tarafından kirletilmiş olmaktadır.

Dünya feldspat kaynağı olarak granitler, metagranitler, gnayslar, pegmatitler, nefelinli siyenitler ve feldspatik kumlar görülmektedir. Bu kaynakların bolluğu nedeniyle dünya feldspat rezervlerinde rakamsal değer bulmak mümkün olmamaktadır. Dünya literatüründe de bu kaynaklardan bahsedilmekte ve kesin rakamlar verilememektedir.

Şekil 2. Türkiye geneli ve Aydın İli zımpara ve grafit yatakları haritası (1)

Feldspat'ın başlıca kullanım alanları aşağıda özetlenmiştir:

Cam Sanayi: Cam sanayi halen en büyük feldspat ve nefelinli siyenit tüketicisi olma durumunu muhafaza etmektedir. Feldspatik mineraller, cam reçetesinde esas olarak alümina kaynağı şeklinde yer alırlar. Bununla birlikte eritici (flaks) özellikleri de faydalıdır. Feldspat bünyesindeki alkaliler, erime sıcaklığını düşürecek flaks görevi yaparlar: alümina ise duyarlılık temin eder ve çarpma, bükülme ve termal şoklara karşı mukavemet kazandırır. Geniş anlamda bir genelleme yapmak gerekirse, yukarıdaki yararlarına ilaveten camın saydamlığını kaybetmesini engelleyen imalat sırasında viskozitesini de arttıran alümina içeriği, konteyner (cam, şişe) ve düz cam mamullerde %1,5-2 oranında mevcuttur. Cam elyafında ise, kullanım amacına bağlı olarak %15'e kadar çıkabilen oranda mevcut olabilir. Nefelinli siyenit, önemli bir silika (%59-60), alümina (%23-24 Al_2O_3) ve alkali (%9,8-10,2 K_2O) kaynağıdır. Cam yapımında nefelinli

siyenit, cam hamurunun eritilmesinde flaks olarak kullanılır ve konteynır (kap) camında hamurun %5 ile 15'ini teşkil eder. Nefelinli siyenit en büyük ölçüde yiyecek, içecek, kimyasal madde, ilaç şişeleri ve kavanoz gibi muhafaza cam üretiminde, daha tali oranda ise düz cam, preslenmiş ve şişirilmiş cam mamuller yapımında tüketilmektedir.

Seramik Sanayi: Feldspatik mineraller, yüzyıllardan beri seramik endüstrisinde reçete formülasyonlarında önemli rol oynamışlardır. Yakın gelecekte de, feldspat ve nefelinli siyenit için nihai kullanım alanı olarak en önemli pazarlardan biri olma özelliğini devam ettireceğine hiç şüphe yoktur. Seramik reçetesine flakslar (eriticiler), bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayacak sıcaklığın düşürülmesi amacıyla katılır. Eritici (flaks), pişirme sırasında seramik bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder ve ürün fırından istenen camlaşma derecesinde çıkar. Farklı seramik bünyeler değişik camlaşma derecesi gerektirdiğinden belirli bünyelerde kullanılacak flaks miktarı da değişkendir. Yumuşak porselenlerde (düşük ısıda pişirilmiş) feldspat reçete bileşiminin %25-40'ını: sofra eşyasında %18-30'unu, elektro-porselende %20-28'ini ve kimyasal-teknik porselende %17-30'unu teşkil eder. Sodyum ve potasyum feldspat, ya da nefelinli siyenit gibi flakslardan hangisinin ne miktarda kullanılacağına, çok sayıda teknik ölçüt etki eder ve bu ölçütler belirli bir flaksın ilavesiyle kazanılacak özellikleri de kapsar. Bunlara örnek olarak, nihai üründe aranan beyazlık derecesi, kopma mukavemeti, sır tutma veya reddetme, sır dekorasyonları üzerine metal işleme etkisi ve imalatçının geleneksel alışkanlığı gösterilebilir. Seramik sanayinde potasyum feldspat daha yaygındır. Potasyum feldspatın avantajı, yüksek viskoziteye sahip bir eriyik oluşturmasıdır ve bu eriyiğin sonucu olarak, pişirme sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemet temin eder. Seramik kaplar ve sıralarda esas olarak

feldspat kullanılmakla birlikte, sıhhi tesisat ve karo imalinde flaks olarak nefelinli siyenit tercih edilmeye başlanmıştır.

Kaynak Elektrotları Üretimi: Kaynak elektrotları, feldspatlar için geleneksel son kullanım alanlarıdır, çünkü bunların eritici özellikleri, elektrot kaplama malzemesi yapımında ideal bir bileşen olma özelliği kazandırır. Karışıma ilave edilen feldspatın iki önemli fonksiyonu vardır: ark stabilizörü olarak davranır ve kaynak çukuru korur. Ark stabilizörü olarak kullanılan materyaller, feldspat yanında potasyum ve sodyum silikat, kil, talk, nikel ve demir tozları gibi metalik katkı maddelerini içerir. Bunlar, düşük iyonlaşma potansiyellerine sahip elementler oluşturarak arkı stabilize ederler. Kaynak çukuru doldurulması durumunda ise, feldspat gibi erimiş katı bariyerden cüruf oluşturucular kaynak çukurunu ve yeni kaynatılmış metali korurlar.

Boya Sanayi: Boyalar genellikle bir pigment (renk verici), bir ortam (bağlayıcı) ve bir salvent (inceltici) ten oluşur. Pigmentlere katkı olarak, birçok boyaya, boya üretim maliyetini düşürmek veya daha pahalı pigmentleri kısmen ikame etmek üzere dolgu maddeleri veya ekstenderler ilave edilir. Bunun ötesinde söz konusu katkılar, boyaya parlaklık ve akma özelliği gibi çeşitli fonksiyonel özelliklerde kazandırılabilir. Ekstender olarak feldspat veya nefelinli siyenit kullanılmaktadır. Feldspatlar, barit ve kalsiyum karbonat gibi geleneksel boya dolguları ve ekstenderleri karşısında daha yaygın olarak kullanılan alternatif durumuna geçmektedir. Özellikle dış cephe boyaları, anti-korozif boyalar, sıva ve plaster gibi aside dirençli mamullerde kalsiyum karbonat yerine ikame edilir. Dış etkenlere karşı renk duraylılığında avantaj sağlar. Nefelinli siyenit de bazı ülkelerde gittikçe artan oranda dolgu maddesi olarak tüketilmektedir. Mikronize nefelinli siyenit esas olarak serbest akışlı, toksik olmayan düşük yağ emmeli beyaz ekstender pigmenttir.

Plastik Sanayi: Plastik üretimi, endüstriyel mineraller için katkı maddesi olarak kullandıkları büyük bir pazar teşkil eder ki bunlar, dolgu ve ekstender, renk verici ve yanmayı geciktirici olarak uygulanırlar. Kalsiyum karbonat gibi geleneksel dolgu maddelerinin aksine, feldspat ve nefelinli siyenit daha az miktarlarda kullanılır.

Dünya toplam feldspat rezervi 1.740 milyon ton olup bu rezervin büyük bir bölümü Asya kıtasında yer almaktadır. Türkiye 240 milyon tonluk rezerv ile dünya feldspat rezervinin %14'ünü oluşturmakta ve ülke bazında en büyük sodyum feldspat rezervine sahip durumdadır (Şekil 3). Feldspat 50'den fazla ülkede üretilmektedir. USGS (United State Geological Survey)'nin 2016 yılı verilerine göre Türkiye'nin Feldspat üretimi 6.5 milyon ton civarındadır (dünya toplam üretimi 23 milyon ton).

Aydın İli sınırları içinde Çine, Söke ve Merkez ilçede feldspat yatakları belirlenmiştir (Çizelge 2). Tenör : %8-11.44 K_2O, %0.73 Fe_2O_3 ve %8.35-11 Na_2O, %0.7 Fe_2O_3 Rezerv: Aydın İli'nde %8-11.44 K_2O, %eser-0.73 Fe_2O_3 içerikli, iyi kalitede 1.878.516 ton, orta-düşük kaliteli 151.819 ton muhtemel potasyum feldspat rezervi ile %8.35-11 Na_2O, %eser-0.7 Fe_2O_3 içerikli, iyi kalitede 67.363.515 ton muhtemel, orta-düşük kaliteli 21.987.172 ton muhtemel sodyum feldspat rezervi vardır. Ayrıca, Çine-Kavşit köyünde halen özel sektör tarafından işletilen iyi-orta kaliteli 798.000 ton muhtemel potasyum-sodyum feldspat rezervi vardır. Bu yataklar günümüzde özel sektör tarafından seramik ve kısmen cam sanayi hammaddesi olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 3. Türkiye geneli ve Aydın İli feldspat yatakları haritası (1)

Çizelge 2. Aydın İli feldspat potansiyeli (1)

FELDSPAT	
Aydın İli Çine, Söke ve Merkez ilçesi feldspat yatakları	
Tenör	%8-11.44 K_2O, %0.73 Fe_2O_3 ve %8.35-11 Na_2O, %0.7 Fe_2O
Rezerv	Aydın İlinde %8-11.44 K_2O, %eser-0.73 Fe_2O_3 içerikli, iyi kalitede 1.878.516 ton, orta-düşük kaliteli 151.819 ton muhtemel potasyum feldspat rezervi ile %8.35-11 Na_2O, % eser-O.7 Fe_2O_3 içerikli, iyi kalitede 67.363.515 ton muhtemel, orta-düşük kaliteli 21.987.172 ton muhtemel sodyum feldspat rezervi vardır. Ayrıca, Çine-Kavşit köyünde halen özel sektör tarafından işletilen iyi-orta kaliteli 798.000 ton muhtemel potasyum-sodyum feldspat rezervi vardır. Bu yataklar günümüzde özel sektör tarafından seramik ve kısmen cam sanayi hammaddesi olarak değerlendirilmektedir.

3.3 Kuvars

Kuvarsın formülü SiO_2 (silika) olup, saf halde %46.5 Si ve %53.3 O_2 içerir. Mohs skalasında sertliği 7, özgül ağırlığı 2.65 gr /cm^3, ergime sıcaklığı 1785°C olan ve yer kabuğunda oldukça sık görülen minerallerden biridir. Doğal kuvars içerisinde katı eriyik halinde bulunan başlıca elementler; Li, Na, AI, Ti ve Mg'dur. Genel olarak renksiz, ancak çok farklı renklerde de görülebilmektedir. Renkli oluşumlar gaz, sıvı ve katı kapanımlarla oluşmuştur. Bu kapanımlar, CO_2, H_2O, Hidrokarbon, NaCl, $CaCO_3$, rutil gibi bazı minerallerdir. Kuvars minerali erimemekle beraber, sadece hidroflorik asitte çözünür. Piezoelektrik ve piroelektrik özellikler gösterir.

Kuvars çeşitleri iri kristalli (süt kuvars, ametist, mavi kuvars, pembe kuvars v.s.) ve kriptokristalen kuvars (kalsedon, agat, oniks, akik, çökmetaşı, sard tripoli v.s.) olmak üzere iki ayrı gruba ayrılır. Düzgün ve temiz kristalli kuvars, optik ve elektronik sanayinde frekans kontrol osilatörlerinde, frekans filtrelerinde ve süs taşı olarak kullanılır. Ayrıca, süt kuvars ve camsı kuvars öğütme ve cevher hazırlama işlemlerini takiben cam, deterjan, boya, seramik, metalürji sanayilerinde ve aşındırıcı ve dolgu maddesi olarak kullanılır. Kuvars minerali en çok magmatik kayaçlarda bulunmakla beraber, sedimantasyon yoluyla veya metamorfizmayla da teşekkül edilebilir. Magmatik bir kayacın bünyesindeki veya kumtaşı içindeki kuvarslar bir kuvars madeni olarak nitelendirilemez, ancak fay ve çatlaklarda damarlar halinde seconder olarak oluşmuş kuvars kristalleri veya amorf teşekküller ekonomik değere sahiptir. Kuvarsın GTİP'i 250.610.000.011-19 olarak verilebilir.

Dünyada en büyük kuvars yatakları Brezilya'da bulunmaktadır. Bilinen, tabii, ultra-saf kuvars rezervleri Brezilya, A.B.D, Namibya, Angola, Madakaskar, Çin ve Hindistan'da bulunmaktadır. Bu rezervler ya primer veya sekonder oluşumlar olup

devamlılık göstermezler. Bu tür kuvarslar elektronik sanayinde kullanılacak kadar iyi vasıftadır. Dünyanın en iyi ve en büyük ametistleri de Brezilya'da mevcuttur. Amorf veya kriptokristalin kuvars yatakları ise Arjantin, Avusturya, Belçika, Lüksemburg, Macaristan, Güney Afrika Cumhuriyeti, İspanya ve Norveç'te bulunmaktadır. Dünya kuvars rezervleri ile ilgili güvenilir kaynaklara ulaşılamamıştır. Saf olan kuvars kristalleri optik ve elektronik sanayinde ve süs taşı olarak kullanılmaktadır.

Kimya endüstrisinde, kristal silikon metali ve kroze üretiminde tüketilmektedir. Ultra-saf kuvarslar optik, elektronik ve elektrik sanayilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca kuvars öğütülerek, cam, deterjan, boya, seramik, zımpara, dolgu ve metalurji sanayilerinde de tüketilmektedir. Kuvars genel olarak açık işletme yöntemi ile üretilir. Üzerinde örtü hemen hemen yok denecek kadar az olan kuvars patlayıcı madde kullanılarak patlatıldıktan sonra triyaja tabi tutulur. Temiz ve kaliteli olanlar elle toplanarak stoklanır. Öğütme sonundaki Fe_2O_3 tenörü cevher hazırlama yötemleri ile düşürülür. Bazen kırılan ve ayıklanan kuvars, daha temiz hale getirilmesi için su ile yıkanır. Optik ve elektronik sanayinde kullanılan kuvars kristallerin %99.99 oranında SiO_2 içermesi istenmektedir.

Kuvars, Türkiye'de genellikle fay zonlarında, çatlaklarda, filonlarda ve cevher yataklarında gang minerali olarak bulunur. Türkiye kuvars rezervlerinin tespitine yönelik araştırma ve etüd çalışmaları yetersizdir. Kuvars cam, seramik, deterjan, dolgu malzemesi, filtre sanayininin önemli bir girdisidir. Kuvars kristallerinin üretimi elle toplama şeklinde sürerken, filonlardan kuvars üretimi açık ocak işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Kırılmış kuvars gerekirse su ile yıkanmaktadır. Talep edilen boyuta ve kaliteye, öğütülerek ve cevher hazırlama yöntemleri uygulanarak getirilmektedir.

Düzgün ve temiz olan kuvars kristalleri optik ve elektronik sanayilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca süs taşı olarak da kullanılmaktadır. Kuvars kristalleri elektronik sanayinde frekans kontrol asilatörerinde ve frekans filtrelerinde kullanılmaktadır. Süt kuvars ve camsı kuvars ise öğütülerek ve hazırlama işlemlerinden geçirilerek cam, deterjan, boya, seramik, zımpara, dolgu ve metalurji sanayilerinde kullanılmaktadır. Cam sanayinde kristal eşya ve züccaciye imalatında, seramik sanayisinde ise sırfrit yapımında, yer ve duvar karosunda, izolatör, elektro-porselen, glazur, sofra eşyası ile vitrifiye seramik yapımında kullanılmaktadır.

Türkiye kuvars rezervi toplamı 65 milyon ton olarak ifade edilmekte olup, Aydın ve Muğla bölgelerinde bulunan toplam kuvars rezervinin 12 milyon ton civarında olduğu bilinmektedir (Çizelge 3 ve Şekil 4). 2017 yılında Türkiye'den 504.000 ton kuvars ihracatı yapılarak 76 milyon $ tutarında gelir elde edilmiştir.

Çizelge 3. Aydın İli kuvars potansiyeli (1)

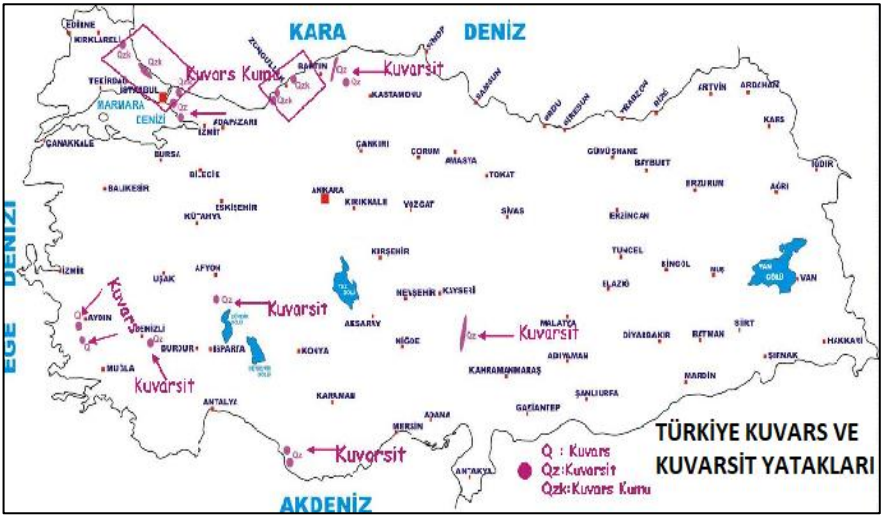
KUVARS	
Çine-Boğagediği	
Tenör	İyi kaliteli
Rezerv	29.446 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Karpuzlu-Karacaağaç	
Tenör	%97.53 SiO_2, %2.1 Fe_2O_3
Rezerv	2.000 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Karpuzlu-Mutaflar	
Tenör	Orta kaliteli
Rezerv	4.387 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Karaağaç	
Tenör	%98.15-99.31 SiO_2, %0.28-1.74 Fe_2O_3

Çizelge 3. Aydın İli kuvars potansiyeli (Devamı) (1)

KUVARS	
Rezerv	4.239.401 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılıyor.
Çine-Karpuzlu-Kuşcamii	
Tenör	Seramikte kullanılabilir
Rezerv	144.357 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Alabayır	
Tenör	%98.5-99 SiO_2, %0.1-0.4 Fe_2O_3
Rezerv	120.000 ton muhtemel rezerv. Geçmiş yıllarda işletilmiş.
Çine-Kuruköy	
Tenör	%99.23-99.37 SiO_2, %0.03 Fe_2O_3
Rezerv	2.025.000 ton muhtemel rezerv. Hiç işletilmemiş.
Çine-Eskiçine	
Tenör	%99.52 SiO_2, %0.02 Fe_2O_3
Rezerv	1064 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Mutaflar	
Tenör	%99.37-99.50 SiO_2, %0.02-0.07 Fe_2O_3
Rezerv	38.000 ton muhtemel rezerv. İşletiliyor.
Çine-Kavşıt-Türbetepe	
Tenör	%96.10-97.30 SiO_2, %0.5-1 Fe_2O_3
Rezerv	14.500 ton muhtemel rezerv. Geçmiş yıllarda işletilmiş.
Çine-Karacaören	
Tenör	%96.10 SiO_2, %0.1 Fe_2O_3
Rezerv	4.442 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Kavşıt	
Tenör	%97.9 SiO_2, %0.5 Fe_2O_3
Rezerv	28.302 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Kavşıt-Madranbaba	
Tenör	%97-98 SiO_2, %1.38-2 Fe_2O_3
Rezerv	896.000 ton muhtemel rezerv. Geçmiş yıllarda işletilmiş.
Çine-Yeniköy-Kovanlıktepe	
Tenör	Orta kaliteli
Rezerv	73.000 ton muhtemel rezerv. Geçmiş yıllarda işletilmiş.
Çine-Karpuzlu-Çukurköy	
Tenör	%98.17 SiO_2, %1.4 Fe_2O_3
Rezerv	115.151 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Topçam	
Tenör	Orta kaliteli
Rezerv	13.246 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.

Çizelge 3. Aydın İli kuvars potansiyeli (Devamı) (1)

KUVARS	
Çine-Karpuzlu-Çamköy	
Tenör	-
Rezerv	3.974 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Çine-Ovacık	
Tenör	<%95 SiO_2, >%0.5 Fe_2O_3
Rezerv	66.800 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Bozdoğan-Altıntaş	
Tenör	%99.13 SiO_2, %0.01 Fe_2O_3
Rezerv	317 ton muhtemel rezerv. İşletme yapılmıyor.
Koçarlı-Gözkayası	
Tenör	%96-97 SiO_2, %0.4-0.7 Fe_2O_3
Rezerv	28.000 ton muhtemel rezerv. Geçmiş yıllarda üretim yapılmış.



Şekil 4. Türkiye geneli ve Aydın İli kuvars ve kuvarsit yatakları listesi ve haritası (1)

3.4. Mermer

Mermerin bilimsel ve ticari olmak üzere iki ayrı tanımı yapılmaktadır. Bilimsel anlamda, başkalaşım (metamorfizma) süreci geçiren ve başkalaşımın izlerini taşıyan, kalker ve dolomit gibi %90 ve üzeri karbonat (CO3) bileşimli kayaçlara mermer denilir. Ticari anlamda, ticari standartlara uygun boyutlarda blok verebilen, kesilip parlatılan veya yüzeyi işlenebilen ve taş özellikleri (malzeme özellikleri) kaplama taşı normlarına uygun olan her türden taş (tortul, magmatik ve metamorfik) ticari dilde mermer olarak bilinmektedir. Bu tanım uyarınca kalker, traverten, kumtaşı gibi tortul; gnays, mermer, kuvarsit gibi metamorfik; granit, siyenit, serpantin, andezit, bazalt gibi magmatik taşlar da mermer olarak isimlendirilmektedir.

Uzun yıllar ekonomimiz içindeki gerçek potansiyeline ulaşamamış olan doğal taş sektörümüz, 1985 yılında Maden Kanunu kapsamına alınması ile yeni bir döneme girmiştir. Sektör, bu tarihten sonra her geçen yıl bir önceki yıla göre biraz daha büyümüş ve bugün maden ihracatımız içinde ilk sıradaki yerini almıştır.

Günümüzde klasik mermer üretim yöntemleri terk edilerek modern üretim yöntemlerine geçilmiştir. Mermer işleme kapasiteleri sürekli büyümekte, modern tesislerimizin sayısı sürekli olarak artmakta ve uzun yıllar blok mermer üzerine olan ihracatımız artık büyük oranda mamul hale getirilerek yapılmaktadır. Mermer, blok veya kesilmiş parlatılmış olarak ihraç edilmektedir. Doğal taş ihracatında katma değeri en yüksek ürün, işlenmiş mermer ve işlenmiş travertendir. Sektörün ihracat potansiyeli, yatırımlara paralel olarak hızla gelişmektedir. 2003-2016 arasında doğal taş ihracatımız %333 artışla 1,5 milyon tondan 6,5 milyon tona yükselmiştir.

İhracat geliri ise 2014 yılında 2,1 milyar dolardan 2015 yılında 1,9 milyar dolara düşmüştür. 2013 yılı doğal taş ihracatının %53,7'sini

işlenmiş ürünler oluşturmaktadır. İhracatın en önemli kısmını oluşturan işlenmiş mermer ve traverten ihracatında ilk sırada yer alan ülke ABD'dir. ABD'yi Suudi Arabistan, Irak takip etmektedir. Blok mermer ihracatında ise en önemli alıcı yine Çin Halk Cumhuriyeti'dir. Bu ülkeyi sırasıyla Hindistan ve Tayvan takip etmektedir.

Dünya doğal taş ihracat sıralamasında daha birkaç yıl öncesine kadar sekizinci sırada yer alan Türkiye doğal taş sektörü, 2006 yılı itibari ile beşinci sıraya yükselmiştir. Özellikle mermer ve traverten ihracatında 2009 yılında da Çin, İtalya ve İspanya'yı geride bırakarak en fazla ihracat gerçekleştiren ülke olmuştur.

Türkiye genelinde mermer sektöründe, 2.468 adet mermer işletme izinli ruhsat sahası (mermer ocağı), küçük ve orta ölçekli yaklaşık 2.000 fabrika ve 9.000 atölyede bulunmakta ve yaklaşık 300.000 kişi istihdam edilmektedir. Üretimin tamamına yakın kısmı özel sektör tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de 2017 yılında yaklaşık 18 milyon m^3 doğal taş üretimi yapılmış olup, toplam 8.5 milyon ton doğal taş ihracatı karşılığında 2.1 milyar USD gelir elde edilmiştir.

Aydın İli'nin mermer potansiyeli Çizelge 4 ve Şekil 5'de verilmektedir.

Çizelge 4. Aydın İli mermer potansiyeli (1)

MERMER	
Karacasu-Geyre Sahası	
Kalite	İyi
Rezerv	2.500.000 m^3 mümkün rezerv.
Karacasu-Tepecik Sahası	
Kalite	Orta
Rezerv	9.000.000 m^3 jeolojik rezervli yatak geçmiş yıllarda işletilmiştir.
Karacasu-Yazır Hangediği Sahası	
Kalite	Orta
Rezerv	3.000.000 m^3 mümkün rezervi olan yatak geçmiş yıllarda işletilmiştir.
Karacasu-Nargedik-Düğünyurdu Sahası	
Kalite	Orta, iyi
Rezerv	15.000.000 m^3 jeolojik rezervi olan sahada işletilmekte olan birçok yatak vardır.
Bozdoğan-Başalan Çilebabat Sahaları	
Kalite	İyi
Rezerv	562.500 m^3 jeolojik rezerv vardır.

Şekil 5. Türkiye geneli ve Güney Ege Bölgesi mermer yatakları haritası (1)

3.5. Linyit ve Jeotermal

MTA Genel Müdürlüğünün il dahilinde kömür ve jeotermal enerji hammaddelerine yönelik yaptığı çalışmaları sonucunda da yeni linyit ve jeotermal alanlar ortaya çıkarılmıştır (Çizelge 5). Linyit oluşumlarının gözlendiği sahalardan bazıları Şahinali, Söke, Küçükçavdar ve Dalama linyit sahaları olup, sahalardan zaman zaman üretim yapılmıştır. Aydın İli jeotermal enerji kaynakları bakımından önemli potansiyele sahiptir. Kaplıca, Kaplıca tesisi ısıtılması, sera ısıtması, elektrik üretimi, şehir ısıtmacılığı gibi çok yönlü kullanım özelliğine sahip olan bu jeotermal sahalar, il turizmi ve sanayisinin gelişiminde çok etkilidir. İl dahilindeki önemli bazı jeotermal alanlar Yılmazköy, Germencikömerbeyli, Bozköy-Çamur, Umurlu-Serçeköy, Pamukören, Germencik-Gümüş, Sultanhisar, Salavatlı, Kuşadası-Ilıca, Buharkent-Ortakçı ve Nazilli-Gedik sahalarıdır. Bunlardan Pamukören jeotermal alanında gerçekleştirilen sondajda 188ºC sıcaklık ve 58 lt/sn debiye sahip akışkan görünür hale getirilmiş ve 37 MWt termal güce sahip jeotermal enerji kazandırılmıştır. Bozköy-Çamur sahasında 59-142ºC sıcaklık ve 280 lt/sn debi, Ömerbeyli sahasında ise 203-232ºC ve 725 lt/sn debiye sahip akışkanlar 107 MWt ve 594.83 MWt termal güce sahiptir.

Çizelge 5. Aydın İli linyit ve jeotermal potansiyeli (1)

LİNYİT

Saha Adı	Rezerv (1000 ton)								Analiz Sonuçları				Eş değeri (1000 ton)		Kullanım Yeri	İşletme Şekli
	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam	Kaynak	Potansiyel	Genel Toplam	İşletilebilir	Su %	Kül %	S %	AID KCal/kg	Petrol	Taş Kömürü		
Şahnalı	14.192	-	-	14.192	-	-	14.192	8.510	20,46	27,24	0,98	3120	4.428	6.326	Teshin Sanayi	Kapalı
Söke	1.455	1.000	-	2.455	-	-	2.455	-	16,00	22,00	3,16	3800	933	1.333	Teshin Sanayi	Kapalı
Küçükçavdar	-	-	2.440	2.440	-	-	2.440	-	20,00	28,00	0,00	3000	732	1.046	Teshin	Açık
Dalama-Kulaoğulları	-	-	10.000				10.000									
TOPLAM	15.647	1.000	12.440	19.087	-	-	29.087	8.510					6.093	8.705		

JEOTERMAL

JEOTERMAL ALAN ADI	SICAK SU DOĞAL ÇIKIŞ ADI	DOĞAL ÇIKIŞ			SONDAJ			KULLANIM ALANI	KURULU TESİS	DEĞ. BEL.
		Sıcaklık (°C)	Debi (lt/sn.)	Potansiyel (MWt)	Sıcaklık (°C)	Debi (lt/sn.)	Potansiyel (MWt)			
YILMAZKÖY	Ilıcabaşı	34-38	1,1		84-142	47	19	Kaplıcada ve kaplıca tesisi ısıtılmasında	-	*,**,***
GERMENCİK-ÖMERBEYLİ	Ömerbeyli Sahası				203-232	725	594,83	Elektrik üretimi, ve reenjeksiyon kuyularına bağlı diğer uygulamalar, şehir ısıtması-soğutması, sera ısıtması, kurutmacılık (incir üzüm) Tekstil endüstrisi (İplik), soğuk hava depoları,kaplıca ve kaplıca tesisi ısıtmasında	-	*,**,***
BOZKÖY-ÇAMUR	Bozköy-Çamur	36-92	4		59-142	280	107	Kaplıcada, kaplıca tesisive sera ısıtılmasında	Kaplıca	*,**,***
SALAVATLI	Salavatlı				167-172	93,8	53,79	Elektrik üretimi ve reenjeksiyon kuyularına bağlı diğer uygulamalar, şehir ısıtması, soğutması, sera ısıtması, kurutmacılık, endüstriyel proses ısı, kaplıca ve kaplıca tesisi ısıtılması	Kaplıca	*,**,***
SULTANHİSAR	Sultanhisar				145-146	200	89			
MALGAÇEMİR-GÜVENDİK	Güvendik	38	0,5					Termal turizm		
ORTAKLAR-GÜMÜŞ	38,7							Kaplıcada, kaplıca tesisi ve sera ısıtılmasında	Kaplıca	*,**,***
SÖKE-SAZLIKÖY	Sazlıköy	27								
KUŞADASI	Ilıca		-	-	26	3	-	Kaplıcada, kaplıca tesisive sera ısıtılmasında	-	*,**
BUHARKENT-ORTAKÇI	Ortakçı	51	0,3		-	-				**
NAZİLLİ-GEDİK	Gedik	32	-		36	1	1			**
DAVUTLAR	Davutlar-Karina	26-42	-							**
UMURLU-SERÇEKÖY					124-155	116	143			**
ATÇA					63-124	95	35			
PAMUKÖREN					188	58	37			
ÇİFTLİK	-	-	-	-	58	35	3,37	Isıtma, termal turizm		

* MTA, 1996, Türkiye Jeotermal Envanteri

**MTA, 2005, Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri

***DPT, 2001, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu raporu.

Not: Sondajlardaki potansiyel değerleri, kuyuların ilk üretim debilerinin toplamına göre hesaplanmıştır.

1-Kuyuların ilk üretim debilerinin toplamına göre.

2-Yüksek sıcaklıklı sahalarda (sıcaklığı 100°C'nin üstünde) rezervuar sıcaklığına göre hesaplanmıştır.

Aydın endüstriyel hammaddeler yönünden zengin olup özellikle seramik sanayiinin olmazsa olmazı feldspat madeni açısından zengin yataklar üzerinde bulunmaktadır. Bozdoğan-Söke-Çine ilçeleri sınırları içerisinde yine seramik hammaddelerinden kuvars mevcut durumdadır. Bunun gibi madenleri dışında Aydın mermer açısından Karacasu ilçesi önemli potansiyellere sahiptir. İlçede Geyre, Tepecik, Hangediği ve Nargedik sahalarında toplam 30 milyon m^3 potansiyel mermer rezervi tespit edilmiştir. Bu sahalarda özel sektör tarafından işletme yapılmaktadır. Mermer rezervleri Karacasu-Geyre sahasında iyi kalitede 2,5 milyon m^3 mümkün rezerv, Karacasu-Tepecik sahasında orta kalitede 9 milyon m^3 mümkün rezerv (geçmiş yıllarda işletilmiş), Karacasu-Yazır-Hangediği sahasında orta kalitede 3 milyon m^3 mümkün rezerv (geçmiş yıllarda işletilmiş), Karacasu-Nargedik-Düğünyurdu sahasında orta ve iyi kalitede 15 milyon m^3, (halen işletilmekte olan), Bozdoğan-Başalan Çilebebet sahasında iyi kalitede, 5 jeolojik rezerv bulunmaktadır (MTA İl Raporları, 2011) (Çizelge 6).

Çizelge 6. Aydın İli'nin diğer madenlerin potansiyeli (1)

ALTIN	
Koçarlı-Satırlar altın sahası	
Tenör	1 gr/ton Au
Rezerv	5.650 ton görünür+muhtemel rezerv
ASBEST	
Çine-Kızılkaya zuhuru	
Tenör	Damarlar şeklinde, düşük kaliteli asbest talk-tremolit şistlerin içinde yer alıyor.
Rezerv	Zuhur olduğu için rezerve yönelik çalışma yoktur.
BAKIR-KURŞUN-ÇİNKO	
Aydın İli merkez, Söke, Çine, Koçarlı ve Nazilli zuhurları	
Tenör	Düşük tenörlü bakır-kurşun-çinko.
Rezerv	Zuhur olduğu için rezerve yönelik çalışma yoktur.

Çizelge 6. Aydın İli'nin diğer madenlerin potansiyeli (Devamı) (1)

BARİT	
Bozdoğan-Yeniköy-Ozanbeleni zuhuru	
Tenör	Düşük
Rezerv	Zuhur olduğu için rezerve yönelik çalışma yoktur.
CİVA	
Bozdoğan-Altıntaş Sahası	
Tenör	%2 zinober.
Rezerv	52.500 ton rezervli bir yatak olup, işletilmemektedir. Ayrıca Nazilli ve Germencik ilçelerinde küçük civa zuhurları vardır.
DEMİR	
Söke-Koçarlı-Salhane Fe Sahası	
Tenör	%44.51 Fe
Rezerv	119.000 ton yüksek tenörlü, 360.000 ton düşük tenörlü ve yüksek silisli cevher rezervi tespit edilmiştir.
Söke-Çavdar Fe Zuhuru	
Tenör	%42,62 Fe %22.05 SiO_2
Rezerv	13.500.000 ton görünür+mümküm rezerv olup tenörün düşük olması nedeniyle işletilmemektedir.
DİYATOMİT	
Karacasu-Dedeler Köyü Sahaları	
Tenör	SiO_2 içeriği %90, Al_2O_3 içeriği %2
Rezerv	Zaman zaman işletilen yatak, filtre yardımcı malzemesi ve dolgu maddesi olarak kullanıma uygundur.
GRAFİT	
Bozdoğan-Beyler Mahallesi ve Genzile Köy Zuhurları	
Tenör	Düşük.
Rezerv	Beyler Mahallesi zuhurunda 6.000 ton görünür rezerv mevcuttur.
KÜKÜRT	
Karacasu-Dandalos Kükürt Sahaları	
Tenör	%4-5 S
Rezerv	51.800 tonluk görünür+muhtemel rezerv olup yatak tenörün düşük olması nedeniyle işletilmemektedir.
VERMİKÜLİT	
Germencik-Dağyeni Köyü Zuhuru	
Tenör	İyi kalite.
Rezerv	Belirlenmemiş, herhangi bir işletme yoktur.

Çizelge 6. Aydın İli'nin diğer madenlerin potansiyeli (Devamı) (1)

TALK	
Bozdoğan-Genzile Köyü Sahaları	
Tenör	Orta.
Rezerv	350.000 ton görünür rezerv
URANYUM	
Koçarlı-Çavdar-Küçükçavdar Sahası	
Tenör	%0.0425 U_3O_8 autinit.
Rezerv	208.942 ton görünür rezerv.
Çavdar-Arapsu Sahası	
Tenör	%0.02-0.03 autinit ve torbernit
Rezerv	%0.02-0.03 tenörlü 10.784 ton U_3O_8, %0.03'den büyük tenörlü 19.508 ton U_3O_8 muhtemel rezerv.
Çavdar-Demirtepe Sahası	
Tenör	%0.0234-0.0956 autinit, bassetit, saleeyit, uranopilit
Rezerv	%0.0234 tenörlü 263 343 ton U_3O_8, ortalama %0.0956 tenörlü 1.456.867 ton U_3O_8 olmak üzere toplam 1.729.207 görünür+muhtemel rezerv.
Kisir-Osmankuyu Sahası	
Tenör	%0.02-0.03 U_3O_8 uraninit, gümmit, uranotil, torbernit, autinit, meta-autinit, metatorbernit, fosforanilit
Rezerv	%0.02-0.03 tenörlü 11.530 ton U_3O_8, %0.03'den büyük tenörlü 34.365 ton U_3O_8 olmak üzere toplam 45.895 ton muhtemel rezerv.

4. Aydın İli 2011-2018 Yılları Arası Maden İhracatı

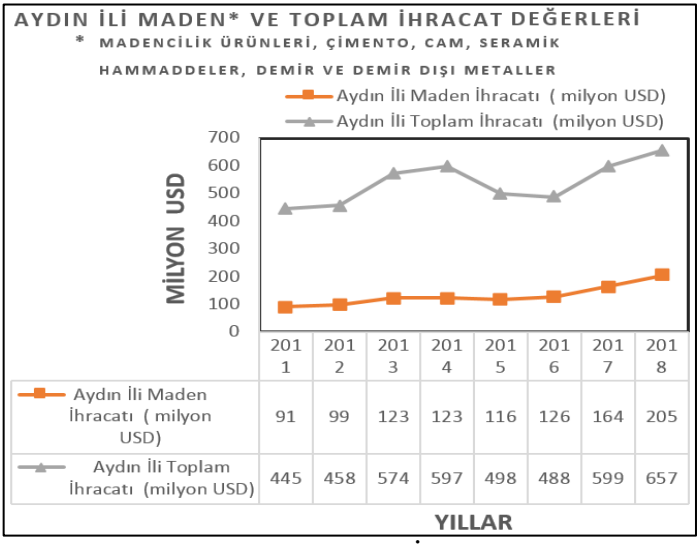
TUİK, İMMİB, vb. çeşitli kurumlarının dış ticaret verileri incelendiğinde Aydın İli'nin ihracattaki payının ülkemiz ekonomisinde çok önemli bir yeri olduğu görülmektedir.

TUİK 2018 yılı ve 2019 yılı ocak-mayıs ayları sektörel ihracat verileri incelendiğinde, 2018 yılında 3. sırada yer alan taş ocakçılığı ve madencilik sektörünün ihracat getirisi 145.821.660 $, toplam ihracat içerisindeki payı %20,2 olarak verilmiştir. 2019 yılı verilerinde 2. sıraya yükselen taş ocakçılığı ve madencilik sektörünün ihracat değeri 64.489.527 $ olarak hesaplanmış ve toplam ihracat içerisindeki payı %21,6'ya yükselmiştir (6).

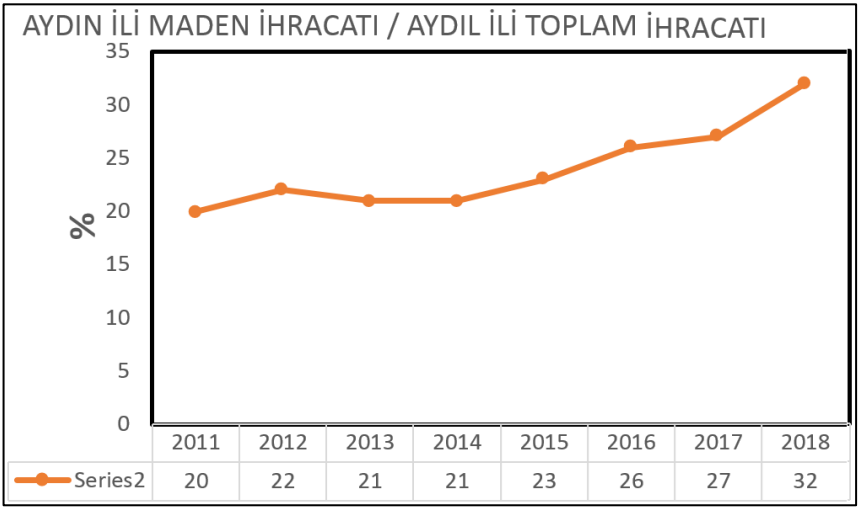
İMMİB'nin 2012-2019 yılları arası madencilik sektörü yıllık ihracat rakamları incelediğinde, maden ihracatının önceki yılın aynı dönemine göre değişim oranları 2012, 2013 ve 2017 yıllarında %8,19, %20,46 ve %23,77 artış gösterirken, 2014, 2015, 2016, 2018 ve 2019 yıllarında %8,84, %15,92, %9,22, %2,66 ve %20,76 düşüş gözlenmiştir. Bu değerler dolar bazında incelendiğinde maden ve doğal taş sektörü toplam ihracatı 2012 yılında 6.080.729 $, 2018 yılında 6.128.724 $ ve 2019 ocak-haziran ayı verilerine göre bu değer 2.417.947 $ olarak hesaplanmıştır (7).

Aydın İli 2011-2018 yılları toplam ihracat değerleri incelendiğinde, 2011-2014 yılları arasında artış gözlenmiş ancak 2014-2016 yıllarında 109 milyon dolarlık bir düşüş olmuştur. Bu olumsuz etki kısa sürede toparlanmış ve 2018 yılında toplam ihracatta 657 milyon dolarlık bir gelir elde edilmiştir (Şekil 6). 2011-2016 yılları arasındaki maden ihracatı değerleri incelendiğinde bazı dalgalanmalar gözlenmiştir. 2016-2018 yılları arasında ise toplam ihracat yaklaşık 126 milyon dolardan yaklaşık 205 milyon dolara artmıştır. 2011-2018 yılları arasında maden sektörü ihracat gelirini 91 milyon dolardan 205 milyon dolara yükseltmiştir. 212 milyon dolarlık toplam ihracattaki artışta maden sektörünün payı 114 milyon dolar olmuştur.

Aydın İli maden ihracatının toplam ihracata oranları Şekil 7'de verilmiştir. Maden sektörünün ihracattaki payı 2011 yılından 2018 yılına kadar %20 ve üzerinde hesaplanmıştır. 2011'de %20 olarak verilen bu değer, 2018 yılında %32'ye yükselmiştir. Bu veriler, madenciliği Aydın İli'nin toplam ihracatında her geçen yıl artan, önemli bir payı olduğunu kanıtlamaktadır.



Şekil 6. 2011-18 yılları arası Aydın İli maden ve toplam ihracat değerleri (2)



Şekil 7. 2011-18 yılları arası Aydın İli'nden yapılan maden ihracatının il toplam ihracatına oranı (2)

Aydın Sanayi Odası açıklamalarına göre Aydın İli 2019 mayıs ayında 55,6 milyon $ dış ticaret fazlası vererek, ihracatın ithalatı karşılama oranı %445 olarak hesaplanmıştır. Ülke ihracatından aldığı pay ise, geçen yılın aynı ayına göre %5,3 artışla %0,45 olmuştur. Aydın en çok ihracat yapan iller arasında 21. sırada yer almaktadır. Ayrıca, mayıs ayında 106 ülkeye ve 4 serbest bölgeye ihracat gerçekleştirilmiştir. Yapılan açıklamalar Aydın İli'nin Türkiye dış ticaret açığının kapanmasında ve ihracatın yükselmesinde önemli bir payı olduğunu işaret etmektedir (8).

5. SONUÇLAR

Son beş yıllık Türkiye toplam ihracat değeri TUİK verilerine göre 683.948.258.853 $, Aydın İli'nin buradaki payı 2.977.305.049 $ olarak açıklanmıştır (9, 10). TUİK verilerine göre 2019 yılı ocak-mayıs aylarında **298.016.371 $** olarak gerçekleşen Aydın İli toplam ihracatından %21,6 pay alan madencilik sektörü ihracatı, bir önceki yıl %20,2 olan toplam ihracat içerisindeki payını arttırarak, **64.489.527 $** olarak gerçekleşmiştir (6).

Teknolojik sınıflandırma ile Aydın İli mayıs ayı ihracatı incelendiğinde; %0,27 yüksek, %44,46 orta-yüksek, %4,96 orta-düşük ve %50,30 ile düşük teknolojili ürünler iç ve dış pazarlara ihraç edilmiştir. İhracat pazarlarına bakıldığında; Aydın'dan mayıs ayında 106 ülkeye ve 4 serbest bölgeye ihracat gerçekleşmiştir (8).

TUİK 2018-2019 verilerine göre Aydın İli'nden ihracat yapılan ilk beş ülke İtalya, İspanya, ABD, Almanya ve Fransa olarak listelenmiştir. 2018 ve 2019 Ocak-Mayıs ihracat toplam değerleri sırasıyla 720.941.629 $ ve 298.016.371 $, toplam ihracat içerisindeki payları %62,6 ve %63,3 olarak verilmiştir (11).

En fazla ihracat yapılan ülke 8 milyon $ ile İtalya olmuştur. İtalya'yı 6,8 milyon $ ile İspanya, 6,2 milyon $ ile ABD ve 3,8 milyon $ ile Çin Halk Cumhuriyeti izlemiştir. Ülkeler bazında en dikkat çekici ihracat artış değerleri %23.304,7 artışla Sierra Leone, %2.325,2 artışla Libya, %1.906,1 artışla Özbekistan ve %637 artışla Tayland'da gözlenmiştir. 2018 yılından farklı olarak 2019 yılı mayıs ayında Guyana, Myanmar, Panama, Bursa Serbest Bölgesi, Kayseri Serbest Bölgesi, Honduras, Tanzanya, Kenya, Peru, Venezuela, Uruguay, Kotdivuar ve Etiyopya gibi ülke ve bölgeler ihraç pazarları arasına katılmıştır. Ülke gruplarına göre ihracatta; AB'ye ihracat %14,5 artarak 32,6 milyon $ olarak gerçekleşirken AB'nin Aydın ihracatındaki payı %45,5 olmuştur. AB'yi 7,8 milyon $ ile Orta Doğu ülkeleri ve 7,3 Milyon $ ile Uzakdoğu ülkeleri izlemiştir (8).

Sektörlerin ihracat performansına bakıldığında; Aydın İlinde mayıs ayında 22 farklı sektör içinde makine ve teçhizat 19,4 milyon $ ile en çok ihracat yaparak lider sektör olurken, onu 18,7 milyon $ ile taş ocakçılığı ve diğer madencilik, 11,3 milyon $ ile gıda ürünleri ve içecek sektörleri izlemiştir (8).

Tüm veriler göstermektedir ki Aydın İli'nin ve burada yapılan madencilik sektöründeki üretim faaliyetlerinin ülke ekonomisine katkısı oldukça büyüktür. Son yıllarda yapılan ihracat oranları incelendiğinde Aydın İli'nin ekonomiye yaptığı katkının giderek arttığı gözlenmektedir ve madencilik sektörü ihracatta ilk sıralarda yer almaktadır.

KAYNAKLAR

1. MTA, Aydın İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2011.
2. https://www.tim.org.tr/tr/default.html
3. T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı Güney Ege Bölgesinde Madencilik Sektörüne Sağlanan Destekler Bilgi Notu
4. Aydın İli Gelişmişlik Sıralamaları, TUİK, SGK, Ticaret Bakanlığı, 2018.

5. 2016-2019 (Ocak-Nisan) Yatırım Teşvik Belgelerinin Sektörel Dağılımı, 2019, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
6. Aydın İli İlk 5 Sektörel İhracat ve İthalat, TUİK, 2018-2019 Ocak-Mayıs.
7. Yıllar İtibariyle Madencilik Sektörü İhracat Rakamları, İMMİB, 2019.
8. Aydın İli Mayıs Ayı İhracat Performansı, AYSO, 2019.
9. Yıllara Göre Aydın İli İhracatı ve İthalatı, TUİK, 2019.
10. Yıllara Göre Türkiye İhracatı ve İthalatı, TUİK, 2019.
11. Aydın İli İhracatı ve İthalatında İlk 5 Ülke, TUİK, 2018-2019 Ocak-Mayıs

MADENCİLİKTE MEVCUT MEVZUATLAR, KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

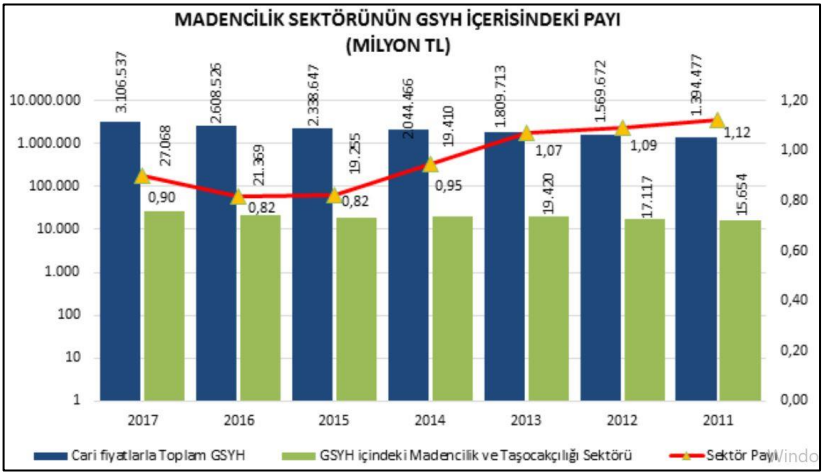
Mesut KÖKEN

Hakser Madencilik Çevre Danışmanlık

1. GİRİŞ:

Madencilik sektörü, dünyada olduğu gibi ülkemizde de ekonominin temel taşlarından, lokomotiflerinden birisidir. Türkiye'de madencilik sektörünün GSYH (Gayri Safı Yurtiçi Hasıla) oranı %1 civarındadır (Şekil 1). Türkiye'nin sahip olduğu maden rezervi potansiyeli dikkate alındığında bu oran oldukça düşük bir değerdir. Sektörde faaliyetler arttıkça bu oranda artacaktır. İyi planlama politikaları, şeffaf uygulama esasları ve doğru stratejiler uygulandığında Türkiye'nin lokomotif sektörü olması kaçınılmazdır.

Madencilik faaliyetleri gerek etkilediği alanlar gerekse ocak üretimlerinden tesis faaliyetlerine kadar olan aşamalarında birçok mevzuatın içerisinde yer almaktadır. Bu da sektörün her aşamasında bulunan yatırımcıları, sektör çalışanlarının idarecilerini sık sık mevzuat uygulayıcısı kamu kurumları ile karşı karşıya getirmektedir.

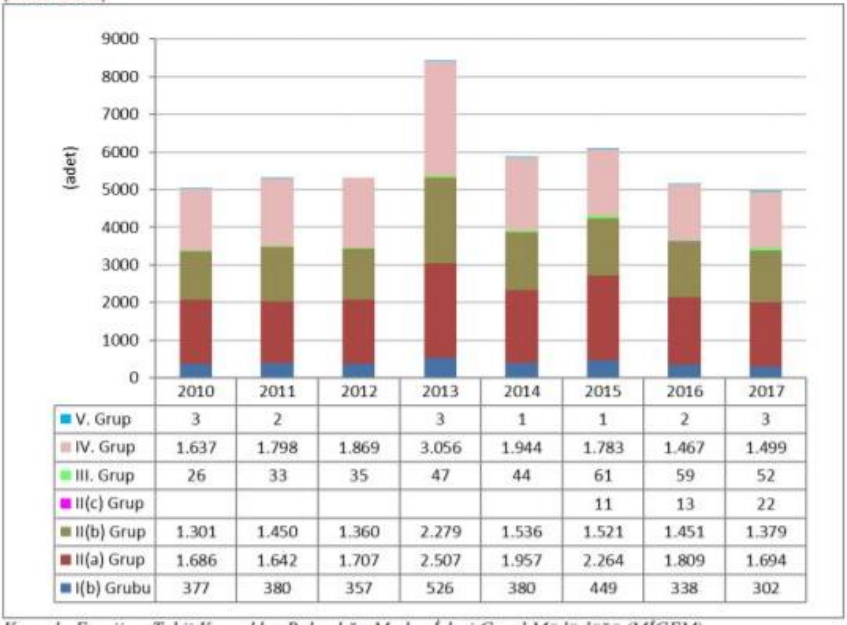


Şekil 1. Madencilik sektörünün GSYH (Gayri Safı Yurtiçi Hasıla) oranı

Kamu ile madencilik sektörü yatırımcısı bu kadar sık karşılaşmasına karşın mevzuatlar konusunda yaşanan sıkıntılar da azalma olmadığı gibi, geçen her süreçte yeni problemler ortaya çıkmaktadır. Bu da yatırımcının maliyetlerinin artışını, zaman kaybı gibi maddi kayıplarının yanında moral ve motivasonunun azalmasını ve şevkinin kırılmasını getirmektedir. Bu da sektörü geriletmekte, var olan ülke potansiyelinin değerlendirme kapasitesini düşürmektedir.

Madencilikte Bazı Temel Esaslar ve Sayısal Gerçekler:

Maden üretim faaliyetlerinin yer aldığı ocak işletmeciliği alansal bazlı çalışmaları gerektirir. Karşılaştırılacak birçok sektöre göre geçici de olsa daha fazla alan gerektirmektedir. Buna rağmen ülkemizde işletme izni alıp faal çalışılan 5.000 civarında ruhsat sahası olup bunların faaliyet alanlarının toplamının tahmini 250-300 bin hektar civarında olduğu, bu alanın ise ülke topraklarının ancak %0,3 civarına karşılık geldiği bilinmektedir (Şekil 2).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
V. Grup	3	2		3	1	1	2	3
IV. Grup	1.637	1.798	1.869	3.056	1.944	1.783	1.467	1.499
III. Grup	26	33	35	47	44	61	59	52
II(c) Grup						11	13	22
II(b) Grup	1.301	1.450	1.360	2.279	1.536	1.521	1.451	1.379
II(a) Grup	1.686	1.642	1.707	2.507	1.957	2.264	1.809	1.694
I(b) Grubu	377	380	357	526	380	449	338	302

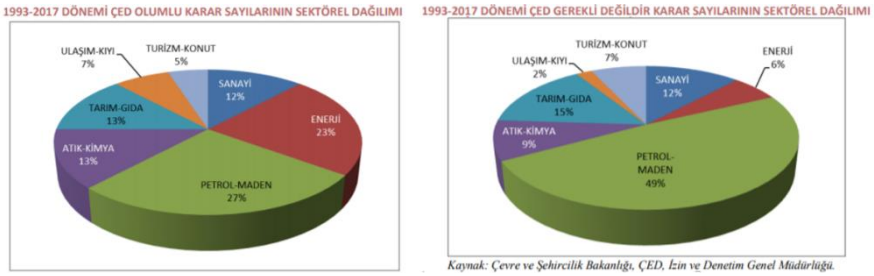
Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Maden İşleri Genel Müdürlüğü (MİGEM) http://www.migem.gov.tr/İstatistik.aspx

Şekil 2. Faaliyette olan maden ruhsatlarının dağılımı

Madencilikte sık sık karşı karşıya gelen zeytincilik alanları ise aktif madencilik alanlarından çok fazla olup, tahmini 900.000 hektar ile ülke topraklarına oranı %1,1'i civarındadır. Ayrıca yine madenciliğe kısıtlı alanlar kapsamında yer alan sit, turizm, sulak alanlar gibi yerlerin toplam alanları da madencilik alanlarından çok daha fazla yer kaplamaktadır. Örneğin ülkemizdeki mevcut doğal sit alanları toplamı 2.085.000 ha. olup, Aydın ilindeki çeşitli derecelerdeki doğal sit alanları toplamı 26.000 ha. iken Muğla ilindeki doğal sit alanları ise 185.000 ha. dır. Bu sayısal gerçekler de madenciliğin kısıtlı alanlar veya zeytinlikleri etkileme miktarının ne kadar cüzi değerlerde kalacağını göstermektedir.

Madenlerin yerinde üretilmesi zorunluluğu gereği yer seçme imkanı bulunmamaktadır. Madenler milyarlarca yıllar içerisinde oluşurken daha sonra madenlerin üzerinde oluşan kullanım alanları; tarım, orman, dere, yerleşim vb. alanlar maden üretim çalışmalarına kısıtlamalar getirmektedir. Bu nedenle her farklı kullanım alanı için oluşan yazılı hukuk kuralları da madenciliği etkilemekte, kısıtlamakta ve sonucunda yatırımın başlangıç ve üretimin devamı sırasında tüm bu mevzuatlarla karşı karşıya getirmektedir. Bu da yatırımların başlama sürelerini oldukça uzatırken faaliyetler sırasında alan bazlı çakışma ve hukuki çatışmalar yaşanmaktadır.

Tüm Türkiye düzeyinde Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinin yürürlüğe girdiği 1993 yılından bugüne yönetmeliğin Ek-1 (Çevresel Etki Değerlendirmesi Uygulanacak Projeler) listesi kapsamında incelenip değerlendirilen projelerde maden sektörü %27'lik bir orana sahiptir (Şekil 3). Bu oranın yönetmeliğin Ek-2 listesi için ise %49 olduğu görülmektedir. Madencilik faaliyetleri Çevresel Etki Değerlendirmesi projeleri içerisinde diğer faaliyetlerle karşılaştırıldığında oldukça yüksek sayıda olup, Ek-2 listesi kapsamında yer alan her iki faaliyetten birinin madencilik sektörüne ait olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3. ÇED belgeleri sektörel dağılımı

Madenciliği Diğer Sektörlerden Ayıran Temel Özellikler: Madencilik sektörü, sanayi başta olmak üzere, ekonominin diğer sektörlerinin temel hammadde gereksinimlerini sağlar. Madencilik sektörü ekonomik kalkınmayı başlatan "öncü sektör" konumundadır. Madencilikte yer seçme şansı yoktur, madenin bulunduğu yerde üretilmesi zorunludur. Birçok sektörde faaliyetler planlı ve küçük alanlarda yapılırken, madencilik faaliyetleri için oldukça geniş alanlara ihtiyaç vardır.

Madenciliğin her aşaması oldukça zorlu, riskli, yatırımın geri dönüş süreci uzundur. Madencilik faaliyetleri devam ederken kısa süreli de olsa durdurulması çok mümkün değildir, süreklilik gerektirir. Madenciliğin yapıldığı bölgeler altyapı, sosyal, kültürel ve ekonomik açıdan oldukça hızlı kalkınırlar. Madencilik faaliyetlerinin yol, su, elektrik, haberleşme gibi alt yapılara ihtiyacı vardır. Bu alt yapılar ise kalkınmanın temel unsurlarıdır. Madencilik istihdam ağırlıklı bir sektör olup, genelde, kırsal kesimlerde yapılır. Bu nitelikleriyle, göçü sınırlayıcı bir rol üstlenir. Madencilik sektörü faaliyetleri ile beraber diğer sektörlerinde iş kapasitelerinin artmasını sağlamakta, diğer sektörlerle beraber çalışma imkanı yaratmaktadır.

2. MADENCİLİKTE MEVCUT MEVZUATLAR

Maden Kanunu ve Uygulamaları:

Maden üretim faaliyetlerinde bulunmak için öncelikle maden ruhsatı almak zorunluluğu vardır. Ruhsat hukuku ve madenlerde üretim ve tesis faaliyetleride meri Maden Kanunu ve uygulama yönetmelikleri kapsamında yürütülmektedir. Bu konuda uygulayıcı kurum Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) dür.

Ruhsatın her aşamasında; ruhsat alımı, ihale işlemleri, proje onayları, yerinde denetimler, birim fiyat tespitleri, idari ve cezai uygulamalar, sertifikasyon işlemleri gibi konularda yetkili kurum

MAPEG olup, ruhsatların işlemlerinin hepsini sadece Ankara'dan takip etmekte ve yönetmekte veya yönetmeye çalışmaktadır. Tek merkezden bu kadar uygulaması çok fazla olan iş ve işlemleri yürütmek oldukça zor olmakta, çeşitli sıkıntılar yaratmakta, var olan sıkıntıları çözmek yerine çoğaltmakta ve madencilik potansiyelinin artışına engel yaratmaktadır.

Yaşanan her uzun süreç yatırımcının planlamasında belirsizlik yaratmakta bu da özellikle satış planlamasında belirsizlik ve sonucunda pazar kaybına sebep olmaktadır. Verilemeyen veya tutulamayan her söz pazar kaybı, fiyat düşmesi olarak yatırımcıya dönmektedir. Belirsizlikler ve uzun süreçler yerli yatırımcıyı sıkıntıya sokarken yabancı yatırımcının da ülkeye girişine engel olmakta veya ayrılmasına neden olmaktadır.

Yazılı hukukta uzun süreçlerden şikayet edilirken, bazen yazılı hukukta yeri olmayan uygulamalar sektörü durma noktasına getirebilmektedir. (Orman izin onayları, ruhsat devir onayları örneği gibi)

Yeni uygulamalarda maden ruhsatı ihale ile daha faaliyete başlamadan ödenecek rakamlarla elde edilmekte, üretim aşamasına gelebilmek için ise çeşitli maliyet ve çeşitli arama ruhsatı aşamaları prosedürü yaşanmaktadır. Ayrıca üretim öncesinde izin aşamalarında maliyetlerle beraber uzun süreçler yaşanmaktadır. Bu da üretime geçişi dolayısı ile katma değeri geciktirmektedir.

Sektörü geliştirmesi gereken, ruhsat sahibinin en kısa sürede üretime geçip piyasaya ve sektöre katkı yapmasını sağlaması konusunda yardımcı ve yönlendirici olması gereken kurum olan MAPEG, maalesef bunları yaratmadığı gibi yatırımcının en temel hukukuna bile karşılık verememektedir.

Basit örnekle ruhsat süresi bitimi yaklaşırken verilen temdit projelerinin sonuçlandırılıp yeni ruhsat tanzim edilmesi ayları ve hatta yılları bulmaktadır. Bu arada oluşan hukuk boşluğunda madenci ile diğer resmi kurumlar karşı karşıya gelmekte, çeşitli üretim, zaman ve para kaybına ve karmaşaya sebep olmaktadır.

Maden İşletme İzni, 7. Madde Uygulamaları:

İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatı

İzin aşamasının en kolay uygulaması gibi görünürken kurumların uygulamada birlikteliği olmadığından, ilden ile ve idari yapılanmadaki farklılıklardan dolayı bazen bu süreçte de beklenmeyen ve yatırımcıya sıkıntı yaratan sonuçlar yaşanmaktadır. Bazen bir belediyenin itfaiye birimi kendini ruhsat merciinin en önemli aşaması durumuna getirebilmektedir.

Madencilik işyerini normal bir esnaf dükkanı gibi düşünüp m^2 üzerinden hesap yaparak anlamsız rakamlar dahi çıkarabilmektedirler. Ya da ilden ile farklı ödeme rakamları ve isteklerle karşı karşıya gelinmektedir. Ya da ruhsat vermesi gereken birim kendi sorumluluğunu paylaşmak için birçok birimi de ruhsat aşamasına dahil etmekte, madenci her birime derdini anlatma sırasında sabrının son haddine kadar zorlanmaktadır.

Mülkiyet Hukuku

Orman Kanunu ve Mevzuatları

Madencilikte ocak çalışmalarının önemli bir bölümü ormanlık alan içerisinde yer almaktadır. Bu madencinin değil doğanın tercihidir. Orman alanında faaliyete geçebilmek için birkaç çeşit proje (maden işletme, kapatma, rehabilitasyon, pasa, tesis, yol gibi) hazırlatmanız gerekir. Tabi her biri için ayrı proje bedelleri ve çeşitli katsayılarla

yapılan hesaplamalar ve sonucunda ödemeniz gereken çok yüksek bedeller ortaya çıkmaktadır. Proje değerlendirme aşaması ise adeta kapalı bir kasadaki mücevhere ulaşmak kadar aşamalar geçirilerek yapılır. 4-5 kopyadan oluşan çok sayfalı proje ve çeşitli haritaları, işletme şefliği, işletme müdürlüğü, bölge müdürlüğü ve onay için Orman Genel Müdürlüğüne gitmekte, bazen onay harici Bakanlık üstü birimlerce inceleme süreçleri yaşanmaktadır. Her birimde kendilerine göre yapacağı değerlendirme olurken, sizin içinde her aşama kaybedilmiş zamanınız olmaktadır.

Daha faaliyete geçmeden orman idaresine oldukça yüksek bedeller ödenmektedir. Öyle ki bazı yerlerde ormana ödeyeceğiniz bir yıllık bedel, mücavirdeki aynı miktar alandaki tarlanın satın alma değerinden fazla olabilmektedir. Bu hesaplamaların hiçbir gerçekliğe uymadığı aşikardır. Orman alanını istenilen birçok yerde geliştirme imkanı varken, madencinin madenin yerini değiştirme imkanı bulunmamaktadır. Bu da orman idaresini madenci üzerinde tek taraflı hüküm kurma fırsatını yaratmakta ve idarede bu fırsatı değerlendirmektedir. Şahıs mülkiyetlerinde bu tür fırsatçılıklar karşısında azda olsa kamulaştırma hukukuna başvurma imkanı varken, ormanlık alanlarda itiraz hakkınız bulunmamaktadır.

Oluşan yüksek maliyetlere mecburen de olsa katlanılırken, izin alma süreçlerindeki geçen zaman ise madenci açısından tam bir kayıptır. İzin süreçleri çok uzun sürerken bazen de sürecin ne kadar süreceğinin bilinmemesi de yatırımcıyı çileden çıkma noktasına getirebilmektedir.

Hektarlarla hesaplanan geniş alanlarda faaliyet yapılıp yüksek bedeller ödenirken, kurumun yaptığı denetimlerde ise en küçük metre bazlı madenciden kaynaklı bir hatada esneklik gösterilmemektedir.

Tarım ve Mera Mevzuatı

Madencilikte yer seçme imkanı olmadığından maden sahası üzerinde yer alan her kullanım biriminden ki, ruhsat veren kurumun böyle bir hizmeti olmadığından madencinin kendisi ayrı ayrı izin almak durumundadır. Tarımsal alanda faaliyet için önce ÇED mevzuatı kapsamında Tarım Müdürlüklerinden ön görüş alma ihtiyacı vardır. Bu yetmeyip tarım dışı kullanım kararı içinde başvurup valilik düzeyinde komisyondan da izin almanız gerekmektedir.

Bölgemizde yaşanan en önemli sıkıntı elbette zeytincilik yasasında yer alan ve yasadaki gerçek amacının dışında uygulanmak istenen mesafe bazlı kısıtlamadır. Bu kısıtlamanın uygulaması madenciliğin yasal olarak yapılmasını imkansız kılabilmektedir. Bu konunun gerçekçi olmadığını tüm taraflar bilmekteyken, kamunun idari bir uygulama ve yasal bir düzenleme yapamaması kamu adına gerçekten üzücüdür. Bu konuda yapılan her bilimsel ve akılcı çalışma ne yazık ki yasal uygulama safhasına gelmeden kağıtlar üzerinde, masalarda, kürsülerde kalmakta emek ve zaman kaybından öteye gidememektedir. Konuya taraf birimlerin her olumlu ve ılımlı bilimsel, hukuksal ve teknik çalışmaları, konuya taraf olmayan yetki ve sorumluluk dışı kişilerin etkisiyle yarım ve sonuçsuz kalmaktadır. Ayrıca yeriniz mera alanı ise bu alanın kullanımı içinde yine valilik düzeyinde oluşturulan komisyondan hesaplanan çeşitli bedelleri ödeyerek ve yine bulunduğunuz ile göre yaşayabileceğiniz belli süreleride aşarak izin almanız gerekir. Eğer komisyonda madenciliğe ön yargılı bir kuruluş veya kişilerin olması durumunda derdinizi anlatıp izni almanız aylarca sürebilmektedir.

Şahıs Mülkiyetleri

Maden alanlarının bir kısmı kamu alanlarında yer alırken bir kısmı da özel mülkiyetler içerisinde yer almaktadır. İlk bakışta en kolay izin

olarak görülmektedir. Tabii ki şahısla anlaşabilirseniz. Uygun lisanla ve uygun insana rastladığınızda kiralama, satın alma vb. bedellerle anlaşıp kısa sürede bu alanda çalışma imkânınız olacaktır. Madenlerde yer seçimi olmadığından maden işletmecisi de mecburiyetçi konumundadır. Alanın sahibi ile anlaşmaya mecburdur. Bu da karşı tarafın istediği bedeli ödemek zorunluluğudur. Bu zorunlulukta bazen kamu hukuku ve tespit edilen resmi bedeller ile karşınıza çıkarken bazen de şahısların insafına veya dilinin kemiğine kalmaktadır. Madencinin geldiğini ve mecburiyetini gören vatandaş tarlasındakinin mermer veya kuvars olduğunu değil, kendiliğinden, masraf edilmeden, çıkarılıp işlenilen bir altın madeni zannedebilmektedir. Bazen de bir tarla üzerinde hukuku olan birden fazla mirasçıyla anlaşmak için uğraşmak, uzun zaman süreçlerini alabilmektedir. İstemeseniz de kamulaştırma yoluna gitmek zorunda kalırsanız karşınıza yine uzun süreçleri yaşamanız gereken bir yol çıkacaktır. Bu sürecin ne zaman sonuçlanacağı ise alanınıza, bölgenize, mirasçı sayısına, kurumların hızına ve sizin sabrınıza kalmaktadır.

Madencilik mühendislik teknikleri ve hazırlanacak projeyle yapılması gerekir. Alanın kullanım hakkı gibi hususlar teknik dışında idari konulardır. Proje alanında yaşanılan her kısıtlama sizin projenizin tekniğinden sapması, projenizin yanlışlığı ve nihayetinde uygunabilirliğinin bitmesine kadar gidebilmektedir. Bu durumda mühendislik hesapları da anlamsız hale gelebilmekte ve sektörün çok önemli kayıplar (araştırılamayan veya değerledirilemeyen doğal kaynak kaybı) yaşamasına sebep olmaktadır.

Çevre Mevzuatları ve Uygulamaları:

Maden sektörünün, cevher üretim alanları, zenginleştirme ve işleme tesisleri önemli çevresel etkiye sahiptir. Bu sebeple sektörün her bir aşaması çevre mevzuatı ile doğrudan ilişkilendirilmiştir.

Madencilik faaliyetlerinde çevre mevzuatı; Çevre Kanunu, ÇED Yönetmeliği, Çevre İzin Yönetmeliği ve diğer yönetmelikler kapsamında yürütülmektedir. Çevresel Etki Değerlendirmesi; faaliyetlerin henüz başlamadan seçilen yer ve teknoloji alternatiflerinin tespit edilerek çevrenin kalitesine olumsuz etki etmeyecek bir yapıya dönüştürülmesini sağlamak veya olabilecek olumsuz etkinin en düşük seviyelere indirilmesini içeren çalışmaları kapsamaktadır. ÇED bir süreç olup ekonomik ve ekolojik değerlendirmelerin yatırım kararına dönüşmesinde rol oynayan planlama işlemidir. ÇED kararı aşamasında çevrenin ekolojik ve jeolojik hassasiyetleri (flora, fauna, tarım, orman, depremsellik vs.) ile halkın görüşleri yer alır.

Çevrenin yönetilebilmesi, doğanın yenilenebilme özelliğinin zarar görmemesi ve kirletici unsurların kontrolü ile sağlanabilir. Bu amaçla doğanın korunmasının yasal düzenlemelerinden biri de çevre mevzuatıdır. Her türlü atığın üretilmesinden bertarafına kadar olan aşamalardaki izlenilecek yollar Çevre Kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılmış yönetmeliklerle düzenlenmiştir.

ÇED; Her sektördeki yatırımcının ilk tanıştığı mevzuatın başında ÇED Yönetmeliği gelmektedir. Nedeni yapacağınız faaliyete başlamadan önce projenizin çevresel etkilerinin hesaplanması ve onaylanması gerekmesidir. Çevre Kanunu ve ÇED Yönetmeliğinde yer alan hükümde gerçekleştireceğiniz faaliyetin öncelikle ÇED yönetmeliği kapsamında sorgulaması ve o konuda ilgili kurumdan görüşün veya belgesinin alınması zorunluluğudur. Bu belge olmadan inşaata, herhangi bir ruhsat alımına veya teşvik uygulamasına başvuramazsınız. Bu da ÇED uygulamasını önceliğe taşımaktadır.

Madencilik faaliyetleri; maden arama, hammadde üretim, zenginleştirme ve işleme tesisleri ÇED Yönetmeliği hükümleri kapsamında yer almaktadır. Yönetmeliğin Ek-1 ve Ek-2 listelerindeki

madencilik faaliyetleri ayrı başlık ve alt maddeler şeklinde sıralanmıştır.

En fazla değişiklik yapılan yönetmeliklerin başında ÇED Yönetmeliği ve en fazla değişiklik yapılan kısmı madencilik faaliyetlerine ilişkin değişikliklerdir. Gerek yönetmeliklerin tam oturmaması, gerekse uygulamada yaşanan sorunlar ve bazen de alınan uygulama niteliğindeki hukuki kararlar neticesinde yönetmelikte çok sık değişiklikler yaşanmıştır. Bu da işletmecilere ve uygulayıcılara zorluklar yaşatmaktadır. Bir önceki yönetmelikte yaptığınız uygulama bir sonraki değişiklik getirilen yönetmelikte çok farklı bir uygulama şekline gelebilmektedir.

Madencilik sektörünün çevresel etki değerlendirme sürecinin diğer sektörlere göre en büyük farkı ve problemi, bu sürecin çok uzun sürmesidir. Çünkü yapılan faaliyetler alansal bazlı olduğundan etki alanında birçok farklı kullanımlar olmakta, bu da görüş oluşturma süreçlerini uzatmaktadır. Bu nedenle kurumların maden alanlarındaki planlama ilkelerinin önceden oluşturulması önemlidir. Kurumlar madencilik faaliyetlerine ilişkin görüş oluşturma ve karar verme aşamasında kişiye ve kurumun farklı birimlerine göre değişmeyen mevzuatta tanımlandığı şekilde değerlendirmeler yapmalıdırlar.

Çevrimiçi e-ÇED sürecinin aktif olmasına rağmen sistemde ve sürede yaşanan aksaklıklar; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri ve paydaş kurumların öne sürdükleri çeşitli sebeplerle süreleri yok saymalarından, mevzuata süre konusunda diğer kurumlar için süre konulmasına rağmen uyulmaması yönetmelik uygulamasındaki aksaklıkların bir araya gelip değerlendirilmemesinden kaynaklıdır. Paydaş kurum ve kuruluşların görüşlerini sunmaları bazen aylarca sürebilmektedir. Bu konuda yaşanan çok fazla örnek mevcuttur.

Çevre Müdürlüğünce ÇED projesi kapsamında bir kuruma görüş sorulduğunda o kurum kendi içinde de bazen konu ile ilgili 5-6 şubeye yazıyı havale etmektedir. Bu şubelerin bir kısmı yerinde inceleme yapması, yazının yazılıp birkaç yetkili tarafından imzalanması aşaması ÇED sürecinin uzamasının en büyük sebepleri arasında olmaktadır. İyi niyetli mevzuat iyileştirmelerine, elektronik ortamın inceleme, değerlendirme sürecine sağladığı avantaja rağmen henüz Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği proje değerlendirme iş ve işlemleri arzu edilen seviyede değildir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın paydaş kurumlarla düzenleyeceği çalıştaylarla, ortak toplantı imkânlarıyla aksaklıklara yol açan hususların tespitinin yapılması ve çözüm yollarının tespit edilmesi ve mevzuatların uygulanabilir hale getirilmesi gerekmektedir.

Paydaş kurumlardan kaynaklı diğer bir konu da proje tanıtım dosyası incelemeleri kapsamında kurumların, sunulan projenin içeriğine ve etkilerine gerektiği kadar bakmadan sadece harita üzerinden değerlendirerek kendi uygulama projeleri ile çakıştı diye olumsuz görüş bildirmeleri ve Çevre Müdürlüklerinin bu görüşleri dikkate almalarıdır. ÇED aşamasında projelerin fayda maliyet, öncelik ve kamu yararı gibi hususları paydaş kamu kurumların kendi mevzuatları ile birlikte değerlendirilmelidir.

ÇED yönetmeliğinin (25.11.2014 tarih ve 29186 sayılı) geçici 2. Maddesinde; "Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinin ilk yayım tarihi olan 07.2.1993 tarihinden önce üretime ve/veya işletmeye başladığı belgelenen projeler Çevresel Etki Değerlendirmesi kapsamı dışındadır" denilmektedir. Yönetmeliğin bu hükmüne tabi ruhsat sahalarında, ruhsat alanının tamamına muafiyet uygulanmaktadır. Muafiyeti olan sahalar için, üretim miktarı kapasitesinde mevzuatta herhangi bir tanımlı miktar bulunmamaktadır. Ancak, Bakanlık uygulamalarında daha önceki yılların üretim kapasitesi esas alınarak, bir önceki yılın üretim miktarının aşılmaması koşulu

istenebilmektedir. ÇED Yönetmeliğin kapsamı dışında olan işletme ruhsatlı alanın kapasiteleri hakkında yönetmelikte herhangi bir hüküm bulunmamaktadır.

Ek-2 listesinde yer alan maden üretimi konulu proje tanıtım dosyalarında, bir hammadde üretim alanında istihdam edilen personel sayısı ne olursa olsun fosseptik yapımı, tıbbi atık sorgulaması, revir sorgulaması, kullanım suyunun temin edileceği yere ilişkin belge istenmesi, evsel katı atıklar için yine belediyeden alınmış atık kabul belgesinin dosyasında olması istenilmektedir. Bu tür ayrıntı niteliğindeki istekler projenin hassasiyetini ve önemini kaybettirmekte, müdürlükte işlemleri uzatmakta ve yatırımcı için zaman kaybı oluşturmaktadır. Faaliyet aşamasında, çevre kalitesinin korunması kapsamında bu tür taleplerin bir kısmı makul sayılabilir. Ancak bunun personel sayısı bakımından herhangi bir kıstası bulunmamaktadır. 3-5 personelden oluşan bir proje alanında da 80-100 personelden oluşan proje alanında da yönetmelik uygulamalarında farklılıklar bulunmamaktadır. Yine bu kapsamda üretilen madenin türüne göre de yönetmelikte bir tanımlama bulunmamaktadır. Yani metalik bir cevher ile metalik olmayan bir cevher çok farklı prosesleri ve atıkları olmasına rağmen mevzuatta aynı kategoridedir. Dosyada istenilen taahhütlerde aynıdır. Bazen bu taahhütler mantıksız ve anlamsız hal almaktadır. Üretilen hammaddenin oluşturacağı çevresel etkiler için alınacak tedbirler madenin çeşidine, istihdam edilen personelin sayısına göre oluşturulacak kıstaslara göre belirlenmelidir.

Ek-1 listesi kapsamındaki projelerin İDK (inceleme değerlendirme kurulu) kapsamında Bakanlıkta toplantısı yapılmaktadır. Bu toplantıya görüş talep edilen kuramların en az yarısının görüşü istenmektedir. Önceden görüş veren kurumların toplantıya katılması zorunluluğu varken yönetmelik değişikliği ile bu zorunluluk kalkmıştır. Bu projeler E-ÇED sistemi üzerinden sürdürülürken birçok kurum yetkililerinin bir saatlik bir toplantı

nedeniyle bazen çok uzun mesafelerden getirilmesi gereksiz zaman kaybı değil midir?

Madencilik faaliyetleri ile ilgili ÇED Yönetmeliğinde Ek-1 ve Ek-2 listelerinde cevher zenginleştirme tesislerinden bahsedilmektedir. Burada tanımlama çok net olmadığından uygulayıcıdan uygulayıcıya göre doğru veya yanlış birbiriyle örtüşmeyen değerlendirmeler yapılmaktadır. Çoğunlukla proje adı esas alınarak, proses göz ardı edilmektedir. Her kimyasal kullanılan tesis ek-1 listesinde kabul etmenin doğru olmayacağı buna örnektir.

Bugüne kadar ÇED belgesi verilen şirketlerin sektörel dağılımına bakıldığında en fazla Madencilik sektörünün olduğu istatistiklerle görülmektedir. ÇED dosyalarının hazırlanmasında ÇED yeterlilik firmalarında dosya hazırlayanların arasında bir maden mühendisi veya yer bilimci olması istenirken, Çevre Bakanlığı ve İl Müdürlüklerindeki personellere bakıldığında Maden Mühendisi sayısının bu oranlardan çok uzak ve yok kıvamında olduğu görülmektedir. Bakanlıkta birkaç şubede Maden Mühendisi bulunurken birçok ilde Maden Mühendisi olmadığını bu nedenle dosyaların incelenmesi sırasında madenciliği anlatmak adına çok büyük sıkıntıların yaşandığı da bilinmektedir. Çevre Bakanlığının personel alımında sektörleri temsil edecek şekilde davranması hem yatırımcı hem de bakanlık açısından daha faydalı olacaktır.

Diğer Mevzuatlar:

İSG Mevzuatları

İş güvenliği mevzuatlarının temel çıkışı madencilik sektörü ile başlamıştır. Doğal olarak iş güvenliği mevzutları yeni kanundan önce madencilik sektöründe uygulanmakta olup, gelişmesi de sektör sayesinde olmuştur. Yeni İş Güvenliği Kanunu çıktığında iş güvenliği uzmanlarının çok büyük kısmı Maden Mühendislerinden

oluşmaktaydı. Bu nedenle sektörde iş güvenliği hususlarında belli bir altyapı ve kültürü vardı. Ancak uygulamalarda ve denetimlerde yine de en fazla zorlanan, esneklik tanınmayanda yine sektörümüz olmaktadır.

Ülkemizde maalesef her gün iş kazası birçok sektörde olmakta, can kayıpları, işgücü kayıpları yaşanmaya devam etmektedir. Bu karanlık tabloda değişiklik hala olmamıştır. Yeni ve bağımsız bir kanun olması olumlu bir adım olarak değerlendirilmekle birlikte neticelerine henüz ulaşılamamıştır. Zaman içerisinde insanlarımızda iş güvenliği kültürü oluşumuyla bu istenmeyen tablonun azalmasını beklemekte ve dilemekteyiz.

Farklı sektörlerde yaşanan iş kazaları basında, kamuoyunda önem arz etmezken, madencilik sektöründeki bir kaza kamuoyunda diğerlerine göre çok büyük puntolarda yer almakta, gündem oluşturmakta ve sektör üzerinde de baskı yaratmaktadır. İlgili Bakanlığın uygulamaları da bu doğrultuda sektörü daha fazla denetim ve yatırımcının gücünün üstü uygulamalar ve talepler şeklinde zorlamaktadır.

Diğer Uygulamalar

Birçok ocakta üretim de patlayıcı madde kullanımı söz konusudur. Ancak patlayıcı ruhsatı almak için yapılan müracaatların sonuçlanmasına kadar geçen süre ve istekler oldukça uzundur. Her geçen gün uygulamada kendi içinde yeni değişiklikler meydana gelmekte, bir sonraki müracaatınızda farklı uygulama ve taleplerle karşılaşılmaktadır. İzinler aşamasında ilgili kurumlardan görüşler olmasına rağmen bu konu içinde tekrar aynı kurumlardan güncel görüşler istenmektedir. Diğer mevzuat uygulamalarında olduğu gibi patlayıcı konusunda da uzman firmalar oluşmasına rağmen patlayıcı izni aşamasında uzman firmalarda aynı sorunları yaşamaktadırlar.

Madencilik sektörü teşvik uygulamalarından çok fazla yararlanmamakla birlikte, yapılan teşvik müracaatları da tıpkı diğer uygulamalarda yaşadığımız sorunlarla aynı paralelde karşımıza çıkmaktadır. Temel sorun projemizin anlatılamaması veya ilgili kurumda madencilik konusunda nitelikli uzman olmayışıdır. Çok kısa sürede sonuçlanması gereken müracaatlar ilgili kurumun istediği evrağı dahi bilmemesi, ilgili personelin bilgi yeterliğinin olmaması nedeniyle yanlış yapma korkusuyla hareket etmesinden oldukça uzun ve gereksiz işlem ve zaman kaybı oluşturmaktadır.

Faaliyetlerimiz için yol, su, enerji gibi ihtiyaçlar içinde müracaatlar olmaktadır. Bu durumda ilgili kurum bu konuda uygulama yaşamışsa biraz daha derdinizi anlatmak kolay olurken, hiç uygulama yapmamış veya nitelikli personeli olmayan kurumlarda kontrolü kaçırdığınızda işin nereye gidebileceğini kestirmek mümkün olmamaktadır. Bazen aldığınız belgenin yanlışlığının düzeltilmesi sizi yeniden müracaat süresinden çok daha fazla zaman kaybı şeklinde yansıyabilmektedir.

SONUÇLAR

Kamu kurumları mevzuatlarını oluştururken mutlaka farklı kurumların mevzuatlarını da dikkate almalı, aynı konu hakkında farklı kurumların yetki kullanımından kaçınılmalıdır. Mümkün olduğu kadar yazılı mevzuatlar ve kurumların iç uygulamaları basitleştirilmeli, karmaşadan kurtarılıp netleştirilmelidir. Bu yatırımcıya ve uygulayıcı memurlara kolaylık sağlayacak ve zaman kayıplarını azaltacaktır. Kurumlar arasında en büyük problemde uygulamada birlikteliğin sağlanamamasıdır. Yatırımcı ilden ile, odadan odaya farklı uygulama ile karşılaşmaktan kurtarılmalıdır. Bunun için kurumların kendi içlerinde daha fazla toplantı ve eğitimler düzenlemesi gerekecektir. Bu

konuda uygulama en tepe birimden, ilgili bakanlıktan başlamalı ve hükümet nezdinde bakanlıklar arası koordinasyonla sağlanmalıdır.

Madencilik faaliyetleri çok farklı kullanım alanlarında ve geniş alanlarda yer aldığından çok fazla kurum ve kişileri etkilemektedir. Günümüzde çevre duyarlılığının bilinçli veya bilinçsiz gelişmesi madenciliğe karşı bir antipati oluşturmuştur. Bunda sektördeki yanlış uygulamalar kadar kamuoyunu çıkarları, politik ve farklı hesapları için yanlış yönlendiren ulusal ve uluslararası çıkar guruplarının payları vardır. Bu konuda madencinin öncelikle yaptığı işi çevre duyarlılığı bilinci ile yapması ve bu tür provatif etkilere karşı kendi içinde ve bağlı olduğu birliklerle ortak hareketle kamuoyunu bilgilendirmesi ve kendini daha iyi anlatması gerekir.

Ülkenin farklı birçok bölgesinde üniversitelerde maden mühendisliği ve yer bilimleri bölümleri bulunması, sektörde birçok farklı sivil toplum kuruluşları, dernekler, birlikler, odalar bulunması madenciliğin her ayrı sektörünü temsili açısından oldukça önemlidir Sektörü temsil eden tüm kuruluşların birbirleriyle daha fazla bir araya gelip ortak davranış bilinci ve güç birliği oluşturmaları, sektörel politikaların oluşturulmasında, yön verilmesinde ve sektöre katkıda bulunmasında çok önemlidir.

Madencilik sektörünün alansal bazlı çalışma yapması, çalışma alanlarında farklı kullanımlar olması, çok fazla ve farklı izin alımlarına ihtiyaç duyması, işgücü ihtiyacı ve etkilediği sektör ve kurumların fazla olması nedeniyle birçok mevzuatla iç içe olması sonucunu doğurmaktadır. Madencilik daha fazla uzmanlık gerektirmekte ve toplumda daha az bilinmektedir. Kurumlarda yaşanan sıkıntıların sebeplerinden biride madenciliği tanımamaktan ya da sektörün kendisini tanıtamamasındandır

Bütün sektörlerde olduğu gibi olmazsa olmaz üçgen sanayi, üniversite ve dernekler sivil toplum kuruluşlarıdır. Bunların bir araya gelme ve birlikte çalışabilme kapasitelerinin artması sektörün sorunlarına çözümde önemli destek olacaktır. Bu konuda zaman zaman üniversitelerin, Maden Mühendisleri odasının yaptığı öncülükler ve organizasyonlar sektöre önemli katkılar sağlamaktadır. Bu tür organizasyonlar, bilimsel toplantı ve çalışmalar, fuarlar, eğitimler, sertifikasyon işlemleri, reklamasyon ve tanıtımların çoğalması, daha fazla kişiye ulaşılması ve topluma sektörümüzün anlatılması gerekir.

Sektörde güncel mevzuatlardan yeni teknolojilere kadar kendimizi yenilememiz, günceli yakalamamız, yerelden küresele doğru ilerlenmesi önem arz etmektedir. Çalışma şekillerinde, yeni teknolojilerde şeffaflık, ekonomiklik, çevre duyarlılığı, bilimsellik ilkeleri ile hareket edilmelidir.

Her sektörde olduğu gibi bizim sektörümüzünde gelişmesi için ARGE çalışmalarının geliştirilmesi, yüksek nitelikli teknolojilerin kullanılması mal ve hizmetlerde kalitenin arttırılması ve uluslararası standartlara ve belgelere göre çalışmaların yapılması ve desteklenmesini temin etmek gerekecektir.

Sektöre yön verecek veya destek olacak kamu kurumları olup, bu konuda yeni ve geliştirici politikalar üretilmesi, sektörün önünü açacak uygulamaların geliştirilmesi, ruhsat müracaat aşamasından yatırımlarda ve üretimin her aşamasında bulunan yasal mevzuatlarda sektör lehine olumlu gelişmeler yaratılması, en önemlisi de mevzuatlarda çoklu bürokrasiyi azaltıp zaman kayıplarının önlenmesi ile katma değer ve nitelikli hammadde üretilmesi sağlanacaktır.