MT Bilimsel®

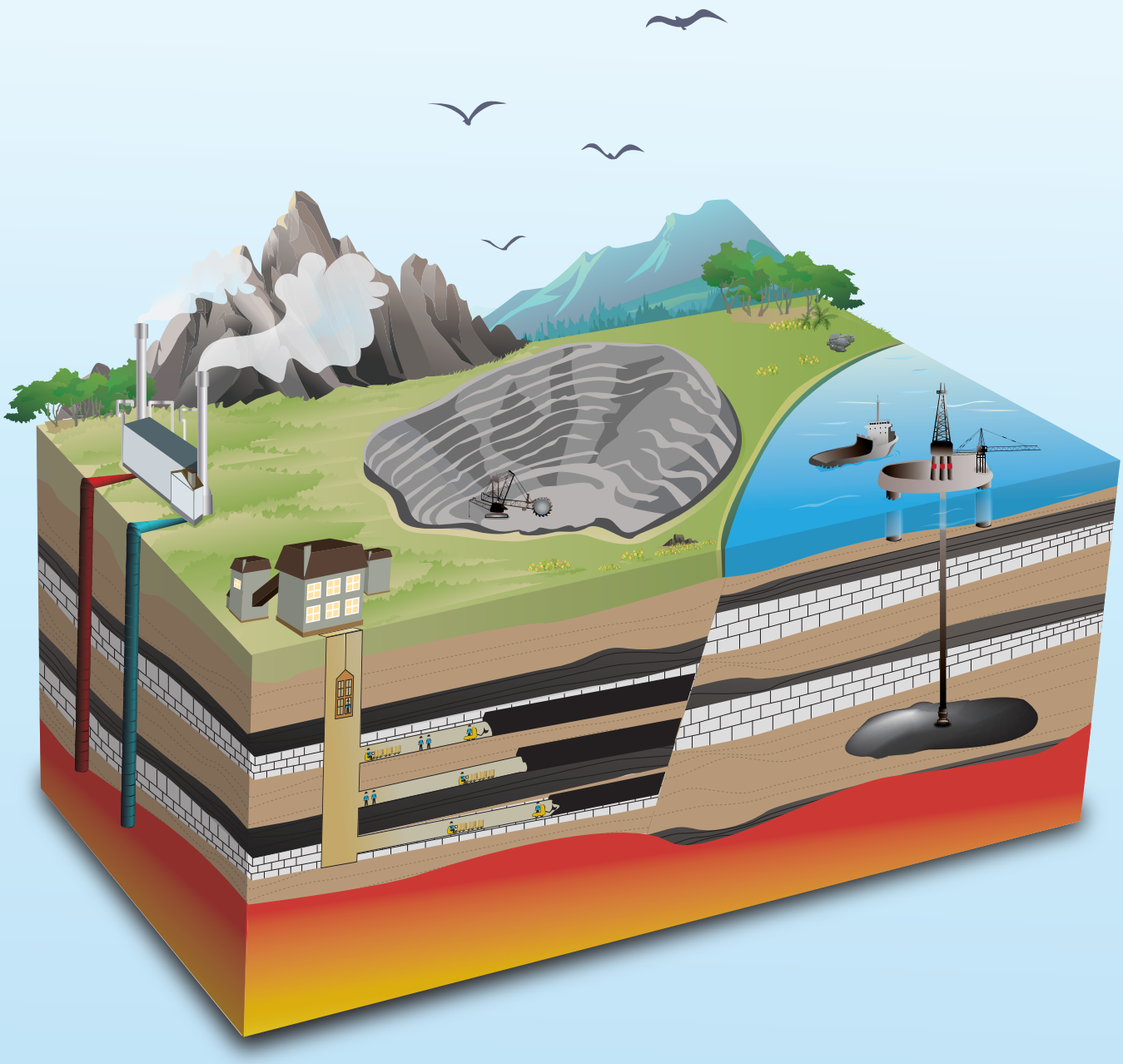
www.mtbilimsel.com

Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Yıl:10 | Sayı:19 | Ocak 2021

Year:10 | Number:19 | January 2021

ISSN: 2146-9431



MT Bilimsel
Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Derginin Adı
MT Bilimsel

İmtiyaz Sahibi
MAYEB Basın Yayın
İnsan Kaynakları Ltd. Şti.
adına Onur Aydın

Genel Koordinatör
Onur Aydın
onur@mayeb.com.tr

Yazı İşleri Müdürü
Volkan Okyay
volkan@mayeb.com.tr

Yurtdışı İlişkiler
Eray İmgel
eray@mayeb.com.tr

Grafik Tasarım - Uygulama
Simge Ören
simge@mayeb.com.tr

Hukuk Danışmanı
Av. Evrim İnal
evrim@madencilik-turkiye.com

Yayın İdare Merkezi
1042. Cd. (Eski 4. Cd.) 1335. Sk. (Eski 19. Sk.) Vadi Köşk Apt. No: 6/8 A. Öveçler ANK.
Tel : +90 (312) 482 18 60
Fax : +90 (312) 482 18 61

info@mtbilimsel.com
www.mtbilimsel.com

Yerel Süreli Yayındır

ISSN 2146-9431

Ulusal Hakemli Dergidir

Yayın Kurulu

Baş Editör:
C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Editörler:
Mahmut Yavuz
Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü

Vehbi Özacar
Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü

Eren Kömürlü
Giresun Üni., İnşaat Müh. Bölümü

Güzin Gülsev Uyar Aksoy
Ankara Üni., Jeofizik Müh. Bölümü

Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi
Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)
onur@mtbilimsel.com

Bilimsel Yayın Kurulu (Alfabetik):
- Ali Sarıışık (Afyon Kocatepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Bahtiyar Ünver (Hacettepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Christopher Mark (Mine Safety & Health Admin., Coal Mine S. & H.)
- Çağatay Pamukçu (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Emin Candansayar (Ankara Üni,. Jeofizik Müh. Bölümü)
- Erol Kaya (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Güner Gürtunca (National Institute for Occupational Safety & Health)
- Hakan Başarır (Malatya İnönü Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Işık Yılmaz (Cumhuriyet Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- İhsan Özkan (Selçuk Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Kadri Dağdelen (Colorado School Of Mines, Dept. of Mining Eng.)
- Kerim Küçük (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih Geniş (Zonguldak Karaelmas Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih İphar (Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Mustafa Ayhan (Dicle Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuh Bilgin (İstanbul Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuray Demirel (Orta Doğu Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Pinnaduva Kulatilake (The Univ. of Arizona, Dept. of Min. & Geo. Eng.)
- Raşit Altındağ (Süleyman Demirel Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Reşat Ulusay (Hacettepe Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- Sair Kahraman (Niğde Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Samuel Frimpong (Missouri Univ. of Science & Tech., Dept. of Min. Eng.)
- Şevket Durucan (Imperial College, Mining And Environmental Eng.)
- Tim Joseph (Univ. of Alberta, School of Mining & Petroleum Eng.)
- Turgay Ertekin (The Pennsylvania State Univ., Petroleum & Nat. Gas Eng.)
- Turgay Onargan (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)

MT Bilimsel®

www.mtbilimsel.com

Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Yıl:10 | Sayı:19 | Ocak 2021

Year:10 | Number:19 | January 2021

ISSN: 2146-9431

İçindekiler

C. A. Öztürk, D. Aslan, E. Doğan

Yeraltı Madenciliğinde Arazi Kontrolü ve Uygulamaları.....1

Serkan Inal, Ozum Yasar, Kerim Aydiner

Importance of Domestic Coal (Lignite) Reserves on Turkey's Energy Independency.....11

Abdul Vahap Korkmaz

Hammadde Rutubetinin Çimento Üretim Prosesine Etkisinin Araştırılması.....33

MT Bilimsel®
Yıl:10 | Sayı:19 | Ocak 2021
Year:10 | Number:19 | January 2021
Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources* **www.mtbilimsel.com**

Makale Gönderim Tarihi: 13.07.2020
Yayına Kabul Tarihi: 24.10.2020

Yeraltı Madenciliğinde Arazi Kontrolü ve Uygulamaları

Ground Control and Application in Underground Mining

C. A. Öztürk[1*], D. Aslan[2], E. Doğan[2]
[1] *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü*
[2] *Eczacıbaşı Esan AŞ, Balya Yeraltı Kurşun-Çinko Maden İşletmesi*
** Sorumlu Yazar: atilla.ozturk@itu.edu.tr*

Özet

Ülkemizde madencilik son 15 yıldır yükselen bir ivme ile ülke ekonomisine katkısını artırmaktadır. Bu durum, çok derin maden sahalarından üretim gerektiren yüksek üretim hedeflerine olan talebi artırmaktadır. Artan üretim hedefleri, aynı anda birden fazla üretim yerinde çalışmayı gerektirirken, madencilik için derin olarak sınıflandırılan bölgelerde çalışmak, hidrostatik ortam koşullarında doğayla mücadele etmeyi mecbur kılmaktadır. Madencilikte yaralanmalı ve ölümlü kazaların yarısı, taş düşmesi, kaya patlaması ve göçük olaylarından kaynaklanmaktadır. Bu olayların en önemli sebebiyse uygun olmayan ve/veya zamanında yerleştirilmeyen tahkimat uygulamalarıdır. Arazi kontrolü, yeraltı açıklıklarında uygulanacak tahkimat sistemlerinin tasarımlandırılmasıyla başlayıp, uygulama sırasında ve sonrasında tahkimat sisteminin yeterliliğinin araştırılmasıyla devam eder. Tahkimat sistemlerinin saha performanslarının yetersizliğinin tespit edilmesi durumunda, jeoteknik veri, tasarım çalışmaları ve saha uygulamalarında revizyonlar yapılması ile sorunların önüne geçilmeye çalışılır. Açıklıklarda meydana gelebilecek olası sorunların önüne geçilmesinde, deformasyon ölçümü, mikro-sismik olayların tespiti gibi bir dizi arazi çalışmasına ve bunların arazi kontrolü kapsamında değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, Esan'a ait Balya yeraltı kurşun-çinko madeni işletmesinde yeraltı açıklıklarının tahkimatı ve arazi kontrolü kapsamında yapılan çalışmalar sunulmuştur. Yapılan çalışmalar, maden işletmelerinde tesis edilecek kaya mekaniği birimi çatısı altında arazi kontrolü işlerinin yerine getirilmesinin önemini göstermektedir. Bu çalışmanın önemli çıktılarından biri de kaya mekaniği biriminin çalışma prensiplerinin standartlaştırılması için ilk adımların atılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Arazi kontrolü, Kaya mekaniği, Tahkimat, Yeraltı madeni

Abstract

Mining in our country has been increasing its contribution to the country's economy with an accelerating trend in the last 15 years. This increases demand for high production targets that causes deeper underground production. Increasing production targets require working at more than one production site at the same time, added to that working in areas classified as deep for mining compels to combat nature under hydrostatic environment conditions. Half of injuries and fatal accidents in mining are due to collapse, spalling, rock burst or similar events. The most important reason for these events is the improper and/or late application of support systems. Ground control begins with the design of the support systems to be applied in underground openings and continues with the investigation of the adequacy of the support system during and after the application. In case of insufficient field performance of support systems, problems are tried to be prevented by retrospective analyses in geotechnical data, design studi-

es and field applications. In order to prevent possible problems that may occur in underground openings, a series of site works such as deformation, micro-seismic event measurements, and evaluation of these in ground control are needed. In this study, the works carried out within the scope of the support design and ground control of underground openings in the Balya underground lead-zinc mine enterprise of Esan are presented. The studies show the importance of performing ground control works carried out in rock mechanics department to be organized in mining enterprises. One of the important outputs of this study is to take the initial steps to standardize the working principles of the rock mechanics unit.
Keywords: *Ground control, Rock mechanics, Support, Underground mine*

1. Giriş

Arazi kontrolü; yeraltı açıklıklarının, tahkimat tasarımlarıyla başlayan ve saha uygulamalarına ait tahkimatın başarısını denetleyen ve ihtiyaç olması halinde geri dönük analizlerin gerçekleştirilmesiyle stabil ve sürdürülebilir uygulamaların hayata geçirilmesini hedeflemektedir. Tahkimat tasarımı üç boyutlu kompleks bileşenlerden oluşan bir çözümleme sürecidir. Bileşenlerin doğru olarak elde edilmesi, uygun analiz teknikleri ile değerlendirilmesi, çözümlerin olası koşullara göre simülasyonlarının üretilmesi tahkimat tasarımlarının başarısı için önemli aşamalardır Feng ve Hudson (2008). Tahkimat tasarımının özetle en önemli aşamaları, jeoteknik veri elde edilmesi, verinin analitik çözümlerde kullanılması ve tahkimat tasarımlarının yapılması ve tasarımın çıktılarının nümerik yöntemler ile test edilerek yeterliliklerinin araştırılmasıdır.

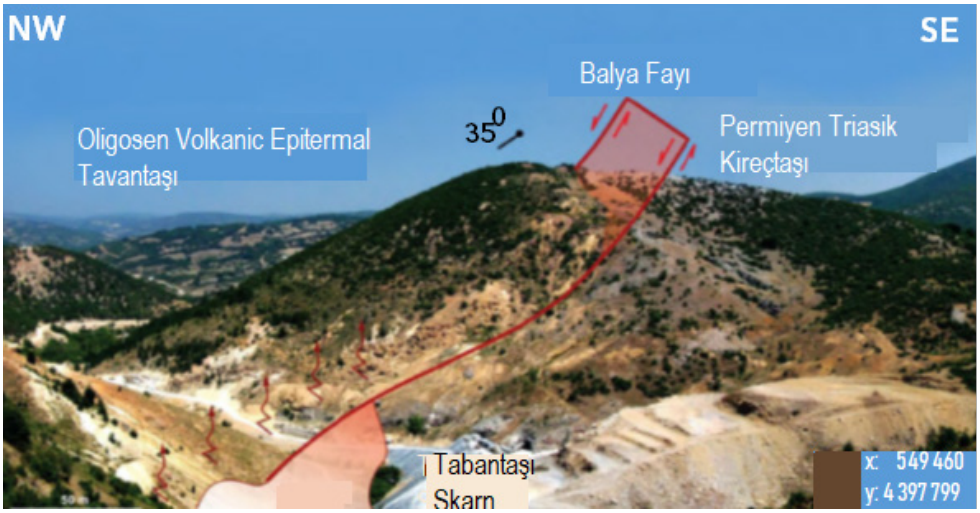
Jeoteknik veri, kaya kütle ortamlarında kayaç malzemeleri ve süreksizliklerin sayısallaştırılması işlemidir. Yapı malzemesi olarak düşünüldüğünde kaya kütlesi, çelik, ahşap, beton ve benzeri yapı malzemelerinden farklılıklar arz etmektedir. Bu tip malzemelerde dayanım özellikleri belirleyici olurken, kaya kütlelerinde çeşitli sınıflamalar, karakterizasyonlar ve sayısallaştırılmış tecrübeler geçerlidir. Ancak nihai olarak, kaya kütlesi içinde uygunluk ve kalite kriterleri kütlenin dayanım özellikleri tarafından sınırlandırılır (Palmström, 1995). Bunun yanında kaya kütlesini diğer yapı malzemelerinden ayıran en önemli özellik ve zorluk jeolojik durumların ve jeoteknik parametrelerin belirsizliğidir (Einstein ve Baecher, 1982). Yapı malzemesi olarak kullanılacak olan kaya kütlelerinin dayanım özelliklerinin ve buna bağlı olarak, dayanım üzerinde etkili olan parametrelerin güvenilir bir şekilde tespit edilip yorumlanması son derece büyük önem arz etmektedir. Süreksizliklerin yoğun olduğu bir sistemde stabiliteyi kontrol eden süreksizlik özellikleri olurken, süreksizliklerin az olduğu veya sayılamayacak kadar çok olduğu ortamlarda stabiliteyi kayaç malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri kontrol etmektedir. Jeoteknik veri tabanı oluşturulurken, kayaç malzemelerinin dayanım özellikleri ve süreksizliklerin geometrik ve yapısal unsurları temin edilmelidir. Kayaç malzemelerin dayanım özellikleri genellikle tek eksenli basınç dayanımı veya nokta yük dayanımı ile temsil edilir. Hudson (1989) tarafından özet olarak aktarılan süreksizliklerin özellikleri ise arazi gözlem ve ölçümleri ile detaylandırılır.

Balya yeraltı kurşun-çinko madeni işletmesi, ülkemizin bugün itibariyle en derin ve en yüksek kapasiteye sahip yeraltı metal madenidir. Madende üretim yönetim olarak kes doldur yeraltı üretim yöntemiyle gerçekleştirilmekte olup, yıllık 1.50 milyon tona veren üretim hedefini tutturmak için günde ortalama 15 üretim aynasında ilerleme yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum, sahada arazi kontrolü kapsamında çok iyi organize olmuş bir çalışmayı gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, jeoteknik veri teminiyle başlayan ve arazi gözlem ve ölçümleriyle devam eden çalışmalara ait bilgiler paylaşılmıştır.

2. Balya Yeraltı Maden İşletmesi

Balya yeraltı kurşun-çinko maden işletmesi 2009 yılından itibaren Eczacıbaşı Esan A.Ş tarafından işletilmektedir. Üretimi gerçekleştirilen cevher, bölgede tesis edilmiş cevher hazırlama tesisinde işlenerek nihai ürün yurt dışı piyasada satılmaktadır.

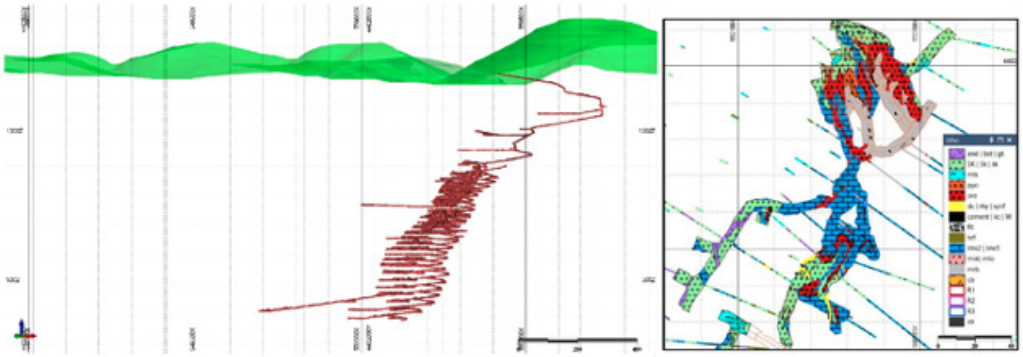
Ana kayası kireçtaşı olan horst ve graben yapıları ile maden bölgesinin jeolojisi temsil edilmektedir. Balya fayı normal atımlı bir fay olup, kuzey Anadolu fayıyla ilişkilidir (Şekil 1). Fay boyunca dasidik ve granodiyoritik sokulumlar skarn gelişiminde rol oynamaktadır. Kurşun ve çinko cevherleşmesi yapısal olarak kontrol edilmekte ve özellikle Balya fayı etrafındaki bu sokulumlardaki skarn yapılarıyla birlikte görülmektedir (Akbayram ve ark., 2013, Okay, 1989).



Şekil 1. Bölgenin fotoğrafı üzerinde Balya fayı ve jeolojik birimler.

Maden kes doldur yeraltı üretim yöntemiyle işletilmekte olup, galerilerde üretim delme ve patlatmayla gerçekleştirilmektedir. Delme ve patlatma işlemini kavlakların alınması takip etmektedir. Patlatma sonucu ortaya çıkan cevher veya pasa kamyonlarla yeryüzüne nakledilirken açılan boşluk püskürtme beton ve kaya saplamalarıyla tahkim edilmektedir.

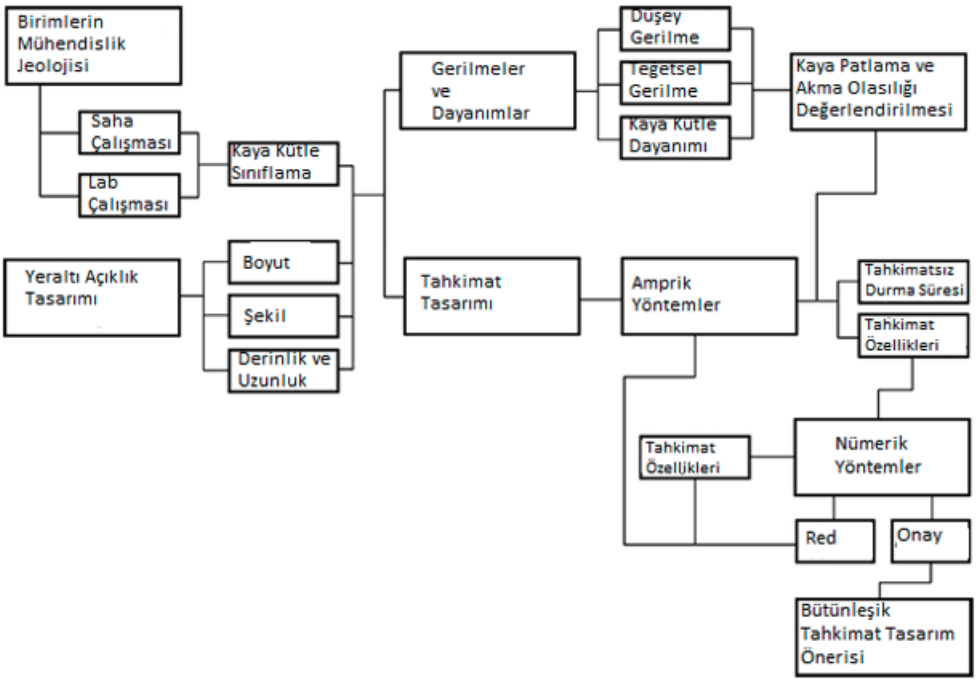
Yeraltının kompleks jeolojik yapısından dolayı, madende çok farklı jeolojik malzemelerle çalışılmaktadır. Şekil 2'de madenin mevcut görünümü ve bir kesit görünümü, yeraltı yapısının büyük ve karmaşık yapısını göstermektedir.



Şekil 2. Maden işletmesinin a) mevcut görünümü ve b) örnek bir kat planı.

3. Yeraltı Açıklıklarının Tahkimatı ve Arazi Kontrolü

Bütünleşik tahkimat tasarımı, açıklıklarda uygulanması gerekli tahkimat sistemlerinin analitik yolla tayiniyle başlayıp, tahkimat ekipmanlarının mühendislik özelliklerinin tespiti ve açıklıklardaki deformasyonların kestirimi için gerçekleştirilen nümerik çözümleriyle devam etmektedir. Öztürk (2013) yapmış olduğu çalışmada, tahkimat tasarımında kullanılmasını önerdiği bütünleşik tasarım ilkelerini madencilik sektörü için uygulamalı olarak ortaya çıkarmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Bütünleşik tahkimat tasarımı uygulama prosedürü.

3.1. Jeoteknik Veri

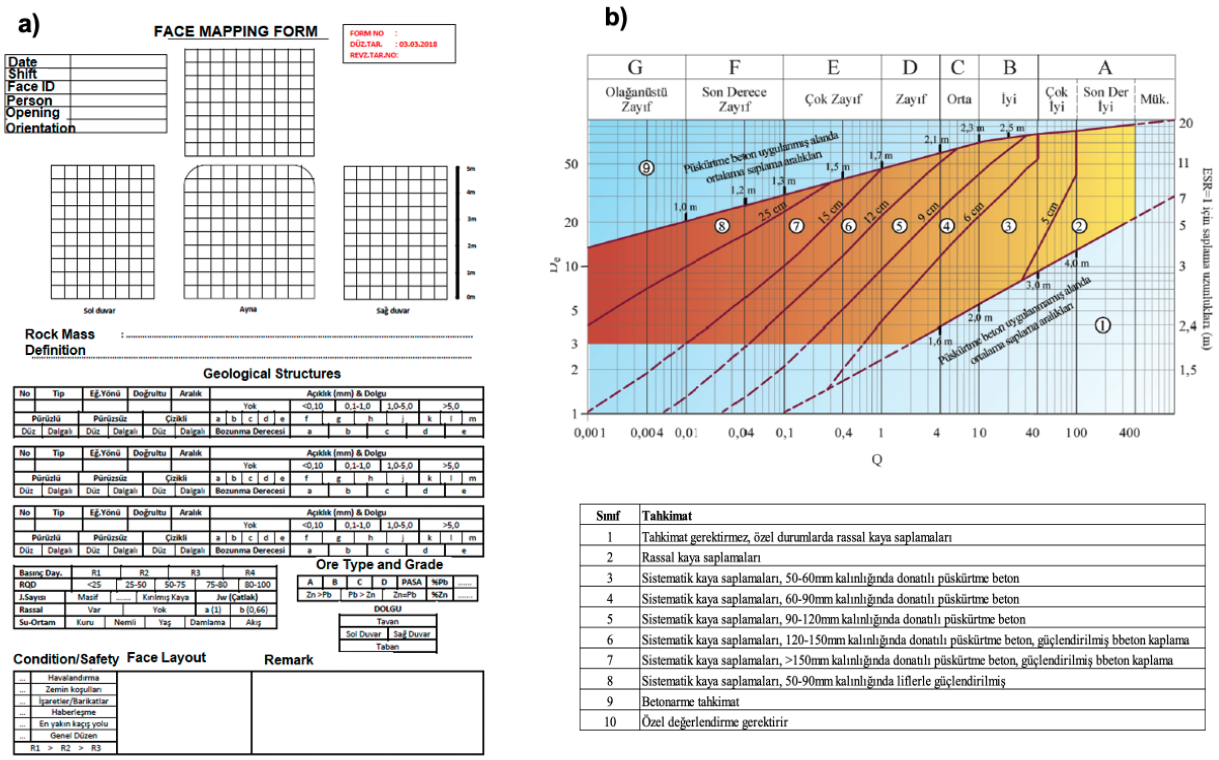
Prosedürden de görüleceği üzere, açıklıklarda stabil bir şekilde hizmet verebilecek tahkimat sisteminin seçiminin temelini güvenilir bir jeoteknik veri tabanı oluşturmaktadır. Jeoteknik veri tabanı, kayaç malzemeleri ve süreksizliklerden oluşan kaya kütlelerinin sayısallaştırılması için bir dizi saha çalışmasını kapsamaktadır. Kayaç malzemelerinin mekanik ve fiziksel özellikleri özellikle nümerik analiz uygulamalarında açıklıklar etrafında oluşan deformasyon ve gerilmelerin tespitinde kullanılır. Bu amaca yönelik olarak maden işletmesinde kazı faaliyetleri sırasında geçilen kaya ve zemin birimlerinin, tek eksenli basınç dayanımı, elastik modül, Poisson oranı, Brazilian endirekt çekme dayanımı, kohezyon, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı özellikleri tayin edilir. Bu özellikler her bir kaya birimi için tayin edileceği gibi, aynı kaya birimlerinin değişen derinlikleri ve lokasyonları için de tekrarlanmalı ve böylece bölgesel farklılıklar ortaya çıkartılmalıdır.

Kaya kütle özelliklerinin sayısallaştırılması için, Barton ve ark. (1974) ve Bieniawski (1976, 1989) tarafından geliştirilen kaya kalite katsayısı (Q) ve kaya kütle puanı (RMR) kullanılabilir. Kaya kütle özelliklerinin sayısallaştırılması için Esan Balya yeraltı maden işletmesinde ayna haritalama formu kullanılmaktadır (Şekil 4-a). Bu form sayesinde, kaya kütlerinin sınıflandırılmasında kullanılan süreksizlik özelliklerine ait veriler her bir ayna ilerlemesinde araziden toplanır ve böylece her bir kazı işleminden sonra karşılaşılan aynanın kaya kütle özellikleri sayısallaştırılmış olunur.

3.2. Tahkimat Tasarımı

Analitik yolla tahkimat tasarımı için, Barton ve ark. (1974) tarafından geliştirilen ve en son Norveç Jeoteknik Enstitüsü tarafından güncellenmiş formuyla kaya tahkimat abağı ve tahkimat sınıfları kullanılmaktadır (NGI, 2015) (Şekil 4-b).

Bu abakta kullanılan Q değeri, kaya kalite katsayısı (RQD), çatlak takım sayısı (Jn), çatlak pürüzlülük katsayısı (Jr), çatlak alterasyon katsayısı (Ja), çatlak su azaltma faktörü (Jw) ve gerilim azaltma faktöründen (SRF) oluşmaktadır (Eş. 1). Eşdeğer boyut (De) ise en büyük açıklık değerinin kazı tahkimat oranına (ESR) bölümünden elde edilir (Eş. 2). Mevcut uygulamada daha ziyade tüneller için başarılı sonuçlar içeren ESR kabulleri, maden işletmeleri için yeraltı açıklıklarının hizmet süresi ve Q değerine bağlı olarak seçimin yapıldığı modifiye edilmiş bir tablo kullanılmaktadır (Tablo 1).



Sınıf	Tahkimat
1	Tahkimat gerektirmez, özel durumlarda rassal kaya saplamaları
2	Rassal kaya saplamaları
3	Sistematik kaya saplamaları, 50-60mm kalınlığında donatılı püskürtme beton
4	Sistematik kaya saplamaları, 60-90mm kalınlığında donatılı püskürtme beton
5	Sistematik kaya saplamaları, 90-120mm kalınlığında donatılı püskürtme beton
6	Sistematik kaya saplamaları, 120-150mm kalınlığında donatılı püskürtme beton, güçlendirilmiş bbeton kaplama
7	Sistematik kaya saplamaları, >150mm kalınlığında donatılı püskürtme beton, güçlendirilmiş bbeton kaplama
8	Sistematik kaya saplamaları, 50-90mm kalınlığında liflerle güçlendirilmiş
9	Betonarme tahkimat
10	Özel değerlendirme gerektirir

Şekil 4. a) Yeraltı maden işletmesinde kullanılan jeoteknik ayna haritalama formu

b) kaya tahkimat abağı ve tahkimat kategorileri (NGI, 2015).

$$Q = \frac{RQD}{J_n} x \frac{J_r}{J_a} x \frac{J_w}{SRF} \tag{1}$$

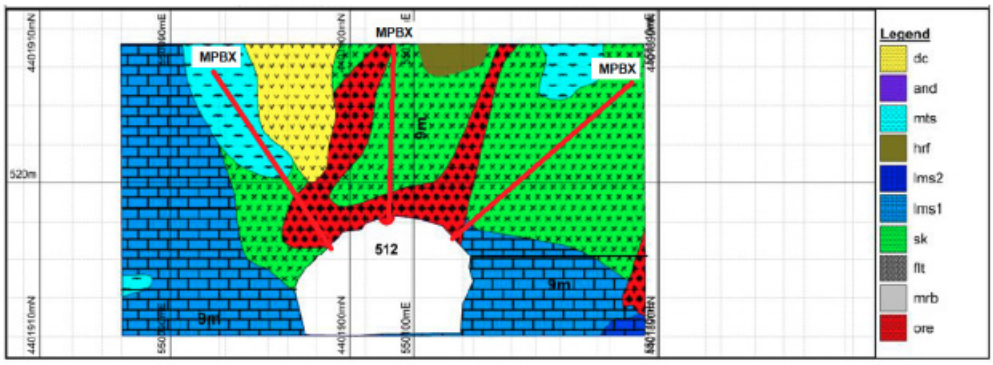
$$D_e = \frac{Excavation\ span\ im\ m}{Excavation\ Support\ Ratio, ESR} \tag{2}$$

Tablo 1. Yeraltı maden işletmeleri için önerilen ESR değerleri.

Sr#	Tanımlama	ESR
1	Birincil Açıklıklar Maden işletmesine 24 ay veya daha fazla hizmet veren açıklar	1.3
2	İkincil Açıklıklar Maden işletmesine 6 ay veya daha fazla hizmet veren açıklar	1.6
3	Kısa Süreli Açıklıklar Maden işletmesine 6 aydan daha az hizmet veren açıklar	3.0
4	Birincil Açıklıklar Q değerinin 0.1 veya daha düşük olduğu açıklıklar	1.0
5	Dik Kuyular	2.0

3.3. Saha Uygulamaları ve Arazi Kontrolü

Jeoteknik veri ve analitik çözüme dayalı tahkimat tasarımlarından sonra saha uygulamalarına geçilir. Maden işletmelerinin derinleşmesi yüksek üretim hedefleri, belirsizliklerin ve bu da hataların artmasına sebebiyet verebilir. Buna engel olmak için yeraltı açıklıklarında kullanılan tahkimat uygulamalarının başarısı denetlenmeli ve bu denetlemeler sonucunda elde edilen verilerden hareket ederek gerekli revizyonlar yapılmalıdır. Tahkimat uygulamalarının yeterlilikleri ve başarısının denetlenmesi için sahada yapılabilecek gözlem ve ölçümler farklılık arz etmektedir. Öncelikle sahada yapılacak rutin kontrollerle sorunlu bölgeler ve sorunlu imalatlar tespit edilmeli ve bu bölgelerde yenileme uygulamaları yapılmalıdır. Ancak asıl sorun gözlemlerle tespit edilemeyecek unsurların tayin edilmesidir. Bu amaca yönelik olarak Esan Balya yeraltı maden işletmesinde çok noktalı ekstansiyometrelerin (MPBX) yardımıyla açıklıkları çevreleyen kaya kütlelerindeki deformasyonların ölçülmesi yoluna gidilmektedir. MPBX'lerin yerleştirileceği lokasyonlar, sayıları ve uzunlukları açıklığın lokasyonuna, çevreleyen kaya kütle birimlerinin durumuna ve açıklığın hizmet süresine göre tayin edilmektedir. Şekil 5'de işletmenin 512 doğu kavşağında uygulanması için tasarımlandırılan MPBX'lerin konumları görülmektedir. MPBX'ler özellikle stabilite açısından sorunlu olduğu düşünülen veya işletme için kritik olarak değerlendirilebilecek imalat bölgelerine tesis edilmektedir. Toplamda bugün itibariyle 70 km'yi bulan yeraltı açıklıklarına belirli bir sistematikle deformasyon ölçerlerle donatmak ekonomik olarak mümkün olmadığı gibi teknik anlamda da ölçülebilir olamamaktadır. Maden işletmesinde bir noktada üç farklı seviyede ölçüm yapabilen (3-6-9 m) MPBX'ler kullanılmaktadır. MPBX'lerden alınan deformasyon değerleri anlık olarak takip edilmekte ve ait deformasyon değişimleri çevrim içi bir sistemde sürekli olarak kaya mekaniği departmanına aktartılmaktadır.



Şekil 5. 512 Doğu kavşağında MPBX uygulamaları.

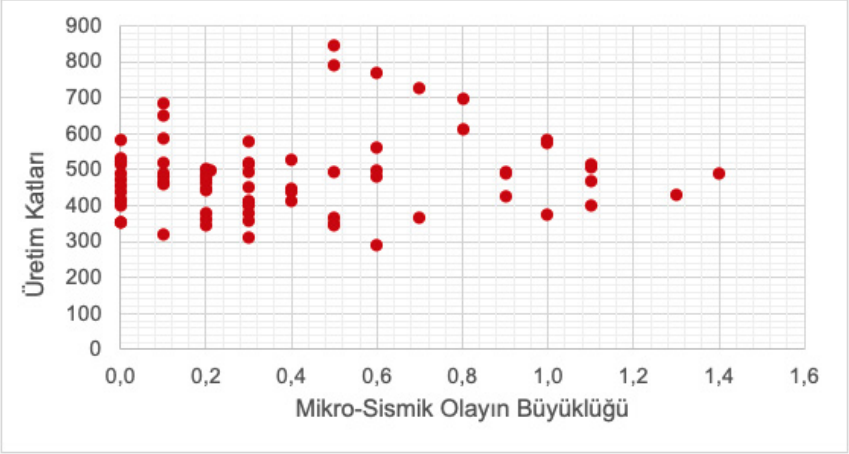
Deformasyon ölçerler, açıklıklarda gözle görülemeyecek deformasyonları tespit etmeleri, açıklığın üstünde tahkimat tarafından taşınan kütlenin tespit edilmesi gibi hususlarda son derece önemli bilgiler sunmaktadır. Ancak deformasyon ölçerler sadece yerleştirildikleri noktalarla ilgili bilgi vermekte ve bu bölgelerin dışıyla ilgili fikir sahibi olunmasına imkan sağlamamaktadır. Bu amaca yönelik olarak Balya yeraltı maden işletmesinde mikro-sismik hareketlerin ölçümü için bir ölçüm ağı kurulmuştur. Üç adet üç eksenli, yedi adet tek eksenli jeofon ve izleme ağıyla işletmede madencilik faaliyetlerinden kaynaklı mikro-sismik olaylar kayıt altına alınmaktadır. Kaypak ve Aldaş (2012) tarafından da aktarıldığı üzere, mikro-sismik ölçümler gerilme değişimlerinin meydana geldiği lokasyonların tespiti ve riskli bölgelerin tayinine imkân vermesi ve tüm bunları düşük bütçeli yatırımlarla yapmaya imkan sağlaması açısından önemlidir.

Maden işletmesinde yaklaşık 1,5 yıldır devam eden ölçümler sonucunda, Richter ölçeğine göre büyüklüğü 0'dan büyük 2'den küçük olan 80'nin üzerinde olay tespit edilmiştir. Bu tespit günlük ortalama olay sayısını 0.20 olay/gün mertebesine getirmektedir. Bu değere göre işletme, mikro-sismik olaylar açısından yüksek oranda olayların meydana geldiği maden sınıfına girmektedir (Potvin ve Hudyma, 2001; Hudyma ve Potvin, 2004).

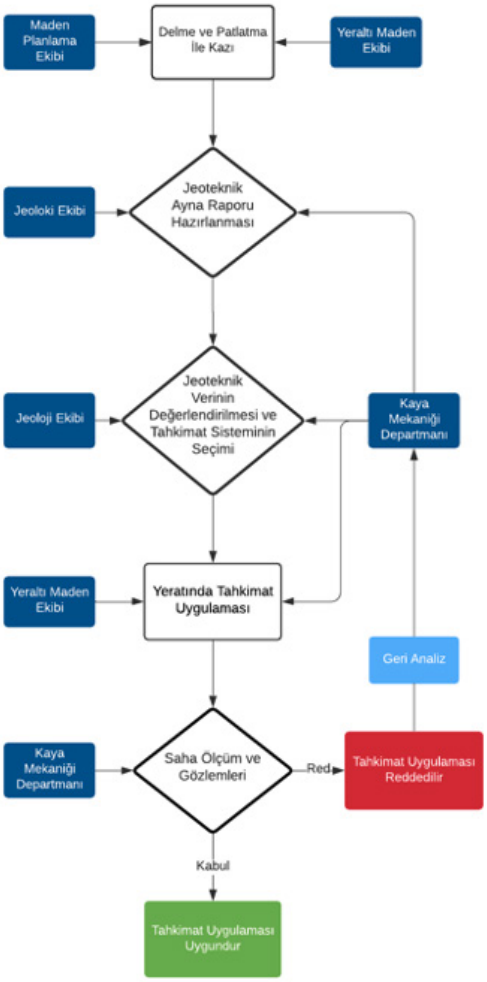
Maden işletmesinde yapılan ölçümler sonucunda, mikro-sismik olayların yoğun olduğu bölgeler tespit edilmiş ve bu bölgeler dinamik bölgeler olarak tanımlanmıştır. Bu bölgelerde yapılan tahkimat uygulamalarında, lifle güçlendirilmiş püskürtme betonun enerji tutma kapasitesinin en az 1000 J olması ve kavşaklarda ve sorunlu bölgelerde 2.4 m uzunluktaki split setlere ilave olarak 6 m uzunluğunda Mai boltların kullanılmasına başlanılmıştır. Bunun yanında yine kavşak ve sorunlu bölgelerde çelik hasırlarla da tahkimatın eğilme dayanımlarının ve bağlı olarak enerji absorb edebilme kapasitesinin artırılması yoluna gidilmektedir. Şekil 6'da büyüklüğü 0'dan yüksek olan mikro-sismik olayların üretim katlarına göre elde edilen saçılma diyagramı verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, olayların en yoğun olduğu üretim katları 400 m ile 600 m arasındaki üretim katları olup, bu üretim katlarının yeryüzünden olan derinliği 600 ile 800 m arasında değişmektedir.

4. Tartışma ve Değerlendirmeler

Esan Balya yeraltı maden işletmesinde tahkimat tasarımı ve arazi kontrolü kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların süreklilik arz etmesi ve sahadan toplanan verilerin maden işletmesinde kullanılabilir olması açısından tüm birimlerin birbirleriyle koordineli çalıştıkları bir organizasyon yapısı oluşturulmuştur (Şekil 7).



Şekil 6. Maden işletmesindeki mikro-sismik olayların katlar göre dağılımı.



Şekil 7. Maden işletmesinde arazi kontrolünün başarılı bir şekilde sürdürülebilirliğini sağlayan organizasyon şeması.

Organizasyon şemasından da görüleceği üzere, maden işletmesinde kazı aynasının maden ekibi tarafından imalata alınmasıyla birlikte, gerek jeoloji gerekse kaya mekaniği departmanı tarafından veriler toplanmakta ve saha uygulamalarının, kazının yapıldığı ortamın jeoteknik özelliklerine uygun bir şekilde tahkimatı yapılmaktadır. Bu aşamadan sonra arazi gözlem ve ölçümleriyle tahkimatın başarısı ve yeterliliği denetlenmekte ve toplanan verilere dayanarak tahkimat sisteminin revizyonuna veya tahkimat uygulamalarının ilave güçlendirilmesine karar verilmektedir. Bu yazının genel amacını içermediğinden dolayı detayları verilmeyen kalite kontrol uygulamalarıyla da saha uygulamaları sürekli denetlenmeye ve açıklıkların göçük olgularıyla karşılaşmadan hizmet vermeye devam etmesi sağlanmaktadır.

5. Sonuçlar

Esan Balya yeraltı maden işletmesi, ülkemizde çalışan en derin metal madeni olması ve en yüksek kapasite üretime ulaşmasından dolayı ülke madenciliği açısından son derece önemli bir yere sahiptir. Maden işletmesinde oluşturulan ve ilgili tüm birimlerin uyumuyla gerçekleştirilen organizasyon sayesinde, günde ortalama onbeş kazı aynasının patlatıldığı ve her birinin farklı maden ekipleriyle tahkim edildiği açıklıklar stabil bir şekilde herhangi bir sorunla karşılaşılmadan hizmet vermeye devam etmektedir. Derinleşen maden işletmesi benzer araştırmaların tekrar edilerek, yeni ve inovatif çözümlerle madenin sürekli kontrol ve gözlem altıda tutulmasını zaruri kılmaktadır. Ülkemizin çok farklı bölgelerindeki benzer maden işletmelerinde de benzer uygulamalarla göçük ve benzeri kazalanmaların önüne geçilerek sürdürülebilir madencilik faaliyetlerinin güvenilir çalışma ortamlarında geliştirilmesi önemlidir.

Kaynaklar

Akbayram, K., Okay, A.I., Satır, M., 2013. Early Cretaceous closure of the Intra-Pontide Ocean in western Pontides (northwestern Turkey). Journal of Geodynamics. 65: 38-55.

Barton, N., Lien, R., Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of rock support. Rock Mechanics. 6,189-236.

Bieniawski, Z.T., 1976. Rock mass classification of jointed rock masses, In: Exploration for Rock Engineering, Balkema, Johannesburg, 97–106.

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering rock mass classifications. John Wiley & Sons, New York.

Einstein, H., Baecher, G. S., 1982. Probabilistic and statistical methods in engineering geology. Problem statement and introduction to solution. Rock Mechanics. 12, 47-61.

Feng, X.T., Hudson, J.A., 2008. Specifying the required information for rock engineering modelling and design. Int. J Rock Mech Min Sci. 47, 179-194.

Hudyma, M.R., Potvin, Y., 2004. Seismic hazard in Western Australian Mines. Journal South African Institute of Mining and Metallurgy. June, 265-276.

Hudson, J. A., 1989. Rock mechanics principles in engineering practice. CIRIA Ground Engineering report.

Kaypak, B., Aldaş, G.G.U., 2012. Mikrosismik izleme yöntemleri. MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi, Ocak, 1-12.

Norwegian Geotechnical Institute, 2015. Using the Q-System, Rock Mass Classification and Support Design. NGI, Norway.

Okay, A.I., 1989. Tectonic units and sutures in the pontides, northern Turkey. In: Şengör A.M.C. (eds) Tectonic Evolution of the Tethyan Region. NATO ASI Series (Series C: Mathematical and Physical Sciences), vol 259, Springer, Dordrecht.

Öztürk, C.A., 2013. Support design of underground openings in an asphaltite mine. Tunnelling and Underground Space Technology. v. 38, s. 288-305.

Palmström, A., 1995. RMi – a rock mass characterization system for rock engineering purposes. Doktora Tezi, Oslo Uni., Norveç.

Potvin, Y., Hudyma, M.R., 2001. Seismic monitoring in highly mechanized hardrock mines in Canada and Australia. Proceedings of the 5th international symposium on rockburst and seismicity in mines; G. Van Aswegen, R. Durrheim, and D. Ortlepp, eds., Keynote. Johannesburg, 267–280.

MT Bilimsel®
Yıl:10 | Sayı:19 | Ocak 2021
Year:10 | Number:19 | January 2021
Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources* **www.mtbilimsel.com**

Makale Gönderim Tarihi: 01.09.2020
Yayına Kabul Tarihi: 03.11.2020

Importance of Domestic Coal (Lignite) Reserves on Turkey's Energy Independency

Serkan Inal*, Ozum Yasar, Kerim Aydiner
Department of Mining Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey
**** Corresponding Author:*** *Tel: +90 462 3773643 Fax: +90 462 3257405*
E-mail: *serkan.inal@ktu.edu.tr*

Abstract
This article surveys a policy of Turkey's energy planning over coal. Energy supply pattern of Turkey is highly dependent on the foreign resources. Electric production of the country relies largely on hydropower, natural gas and coal. Though the country has considerable lignite reserves suitable for energy production in thermal power plants, many of the plants constructed in the last two decades utilize imported coal. Future energy plans of the country consider resource diversification, decreasing foreign dependence and diversification of the dependent countries. However, current energy perspective of the country shows significant deviations of the strategies developed. Domestic lignite reserves of the country offer satisfying alternatives over the foreign coal. Additional efforts to enhance the effective utilization of domestic lignite reserves are required. This paper presents a detailed assessment of the future energy perspective of Turkey. For this purpose, the development plans, the past trends and the future projections of country about the coal and global energy supply-demand pattern were evaluated.
Keywords: Coal, Lignite, Energy, Energy planning, Turkey

Özet
Bu çalışma Türkiye'nin enerji planlama politikasını kömür üzerinden incelemektedir. Türkiye'nin enerji tedarik modeli yüksek oranda dış kaynaklara bağımlı durumdadır. Ülkenin elektrik üretimi büyük oranda hidroelektrik, doğal gaz ve kömüre dayanmaktadır. Türkiye önemli miktarda termik santrallerde değerlendirilmeye uygun linyit rezervlerine sahip olmasına rağmen son 20 yılda kurulan santrallerin birçoğu ithal kömüre dayalıdır. Ülkenin gelecek enerji planları; enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, dışa bağımlığın azaltılması ve bağımlı olunan ülkelerinde çeşitlendirilmesi yönündedir. Bununla birlikte mevcut enerji perspektifi bu geliştirilen stratejiden ciddi sapmalara sahiptir. Ülkenin yerli linyit rezervleri ithal kömüre karşı önemli bir alternatif seçeneği sunmakta olup, yerli linyit rezervlerinin etkili bir şekilde kullanımının arttırılması için ilave çabalar gerekmektedir. Bu derleme Türkiye'nin enerjide gelecek perspektifini detaylı olarak değerlendirmektedir. Bu amaç ile ülkenin, enerjide geçmiş yönelimleri ve gelecek projeksiyonu ile geliştirilen planlamalar kömür ve küresel enerji arz talep modeli açısından değerlendirilmiştir.
Anahtar Kelimeler: *Kömür, Linyit, Enerji, Enerji Planlama, Türkiye*

1.Introduction

Energy is an important necessity of modern life and one of the development indicator in terms of energy usage per capita and as a remarkable part of energy usage access to electricity is considering as a basic human right in several platforms and debates are continuing with an increase incrementally [1], [2]. Growing of energy demand in the world due to increasing of population is also well known. However, in decision of energy sources selection considering different point of views such as economic, social and environmental is needed. Therefore, these considerations must be individual for each country in terms of their statue. Especially in developing countries, energy requirements increase faster which is highly related to industrial and economical improvements. Turkey can be given as a very good example for this as one of the fastest growing power markets in the world in last two decades [3]. At this point the main question is how to decide an energy sources with a good balance of the considering environmental effects, life standards of citizens and economic progress of country.

Turkey has promised at Doha Climate Change Conference to decrease CO_2 emission but the energy demand of country is growing with an increase of population and environmental effects increase in parallel [4]. On the other hand with planning economical improvements alternatives of Turkey are also very limited for energy planning based on energy resources. Turkey has lack of primary fossil energy resources and therefore import-dependent country with 93% for oil and 99% for natural gas and total external dependence of Turkey is around 66% in energy production and it's still increasing [5], [6]. Additionally, nuclear energy resources of Turkey are also limited [7]. Therefore, under construction of two nuclear power plants will not help to reduce of external dependency of the country. Nonetheless, Turkey has sufficient coal reserves especially lignite and high potential on renewable energy possibilities. Also, energy program of Turkey involve using indigenous coal reserves especially lignite and continue to investments on renewable energy [8]. In this paper, energy sources were compared economic, social, and environmental point of view, using of coal in energy sector in the world and Turkey analyzed and the significance of Turkey's coal resources to become more independent in energy production elucidated.

2. The Significance of Coal in Turkey and The World

The strategic concerns are the most fundamental reasons making the coal is important. Countries need policies to meet their energy needs to overcome the possible negative political situations. These policies focus basically on reducing external dependency and diversifying energy sources. Coal gives possibility to make this approach possible with reserves that spread more homogenously all over the world than the other energy sources (see Fig. 1). It is very important for countries to reduce the risk of accidents and interruptions in energy supply arising from accidents, political interventions, terrorism or industrial disputes. With the effect of these concerns, many countries, such as China, India, Indonesia, Australia and South Africa, rely mainly on local coal resources for their energy needs. As a proof of this evaluation, it can be shown that 83% of the hard coal produced are used within the producer countries. Lignite is also a resource with a low potential for international trade. 90% of the lignite produced is used for

power generation in power plants located near the production area [10].
Turkey's coal reserves do not exhibit a balanced picture contrary to world when the coal types are considered. Turkey has a very low potential for anthracite and bituminous coals. On the other hand, Turkey has considerable amount of reserves of low quality coals. Therefore, Turkey has the potential to switch to the energy policies based on to use national resources which have been adopted by many other countries in the world. Turkey has a total of 17.5 billion tons of lignite (94%) and 1.13 billion tons of hard coal (6%) reserves, which have been identified as of November 2017 [11], [12]. Lignite reserves in Turkey are demonstrated in Fig.2 on the basis of regions.

Coal has a number of advantages over oil and natural gas, such as lower prices per unit energy, higher production rates and spread of coal resources across a wide area which makes coal geopolitically advantageous [13]. When considering the reserves and the production rates in 2016, coal can be regarded as a source having the longest life among the other fossil energy sources in the world as well as in Turkey. It is estimated that the world oil and natural gas reserves have a life span of approximately 50 years, whereas it is 150 years for coal reserves. The estimated life of oil and natural gas reserves of Turkey are 19 and 14 years, respectively. On the other hand, life of coal in Turkey is estimated to be more than enough 163 years considering the 2016 production amounts (see Table 1). However, the predicted lifetimes of the resources may increase depending on the results of the exploration work carried out or may decrease by the increase in the energy requirement.

Table 1. Lives of world fossil energy resources on regions based on [14], [15].

Region / Country	Oil ** (years)	Natural Gas ** (years)	Coal ** (years)
North America	32.3	11.7	356
South and Central America	119.9	42.9	138
Europe and Eurasia Region	24.9	56.3	284
Middle East	69.9	124.5	*
Africa	44.3	68.4	54
Asia Pacific Region	16.5	30.2	102
World Total	50.6	52.5	153
Turkey	19.2	13.5	163

* Extremely low production rates are discarded
** The lives of the resources are calculated according to the reserves and the production volumes at 2016.

Coal mining and usage also have socioeconomic advantages. Coal mining provides serious employment in the region where it is made. It also increases the regional mobility and trade volume in different business areas. It also contributes to the development of the infrastructure of the region and to the investment in many aspects depending on the production and transportation requirements. A few examples from an economic point of view, can be given as follows; Germany has invested 2.6 billions euros in the lignite-operated thermal power plant of Neurath Unit F and G [16] and China has a tax income of 65 million $ just from a thermal power plant [10].

Moreover, a few developed countries such as Germany, England and Japan have a highly developed mining equipment and machinery industry and also coal mines in these countries are still running, even if these are not profitable, due to being an indirect driving force for machinery and equipment industries. In the majority of the underdeveloped or developing countries, such as Colombia, South Africa and Indonesia, coal mining provides direct or indirect employment opportunities [17].

Another socioeconomic significance of coal mining is the employment. For example; in Turkey approximately 18,500 people are employed in the hard coal sector and 37,500 people in the lignite sector according to the 2013 data. On the other hand, 300 to 450 million dollars' worth of coal was distributed to poor families, annually between 2009 and 2013. In 2015, the total number of families supported by coal amounted to 2 million. This case is also an important to better understand the place of the coal in the understanding of social state [18], [19].

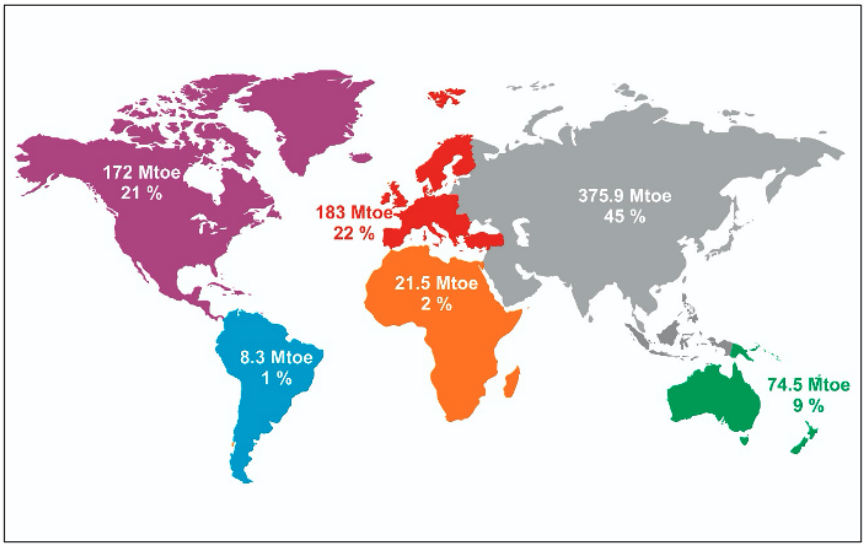


Fig. 1. Distribution of coal reserves worldwide [9].

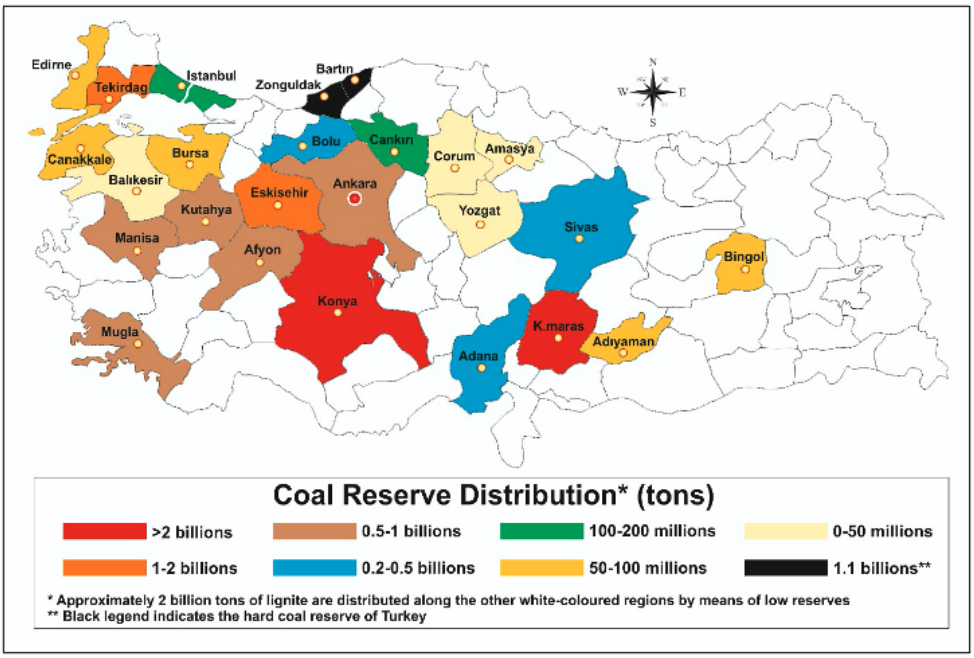


Fig. 2. Lignite and hard coal reserves of Turkey on the basis of regions [11].

2.1. A Brief Overview on Global Coal Utilization

85% of the world's energy demand is met by fossil fuels (coal, oil and natural gas). The share of the coal in the world electricity production is 42%. Half of the electricity production in the US and about 70% in China are provided by coal-fired power plants [20]. This rate is about 33% as of the early 2018 in Turkey. 15.57% of the coal used in electricity generation in 2017 comes from the domestic hard coal and lignite, and 17.61% is imported coal [21].

Coal was used as the main energy source all over the world in the 1960s. Over the following years, it has begun to lose its market due to progress in the production, conversion and utilization technologies of petroleum. World energy production according to the resources, the shares for the year 2015 are 31.7% petroleum, 28.10% coal (coal-peat and shale oil), 21.20% natural gas,

4.9% nuclear, 9.70% % of biofuels and wastes, 2.5% of hydro and 1.5% of other alternatives are renewable energy with 13,7%. (see Fig. 3). Today, renewable energy presents a significant development trend. Therefore, there is an estimate that renewable energy will make a significant leap as a result of technological developments. Nevertheless, coal is nowadays still an important source of energy because of various concerns and reasons. It is anticipated that it will maintain this significance in the near future. Coal is currently used in thermal power plants for the purpose of generating electricity, in industrial buildings (especially steel and cement industries) and as fuel for buildings. The share of coal usage has been decreased when compared to the past usage and the future predictions expect even more decreases due to environmental concerns. Factors controlling this decline can be defined as coal and electricity production costs, political conditions, socioeconomic justifications and technological developments.

Coal is used in different purposes which can be seen in Fig. 4. Globally, in 2015, the use of coal is 65.5% for heating and electricity production, while it is 82.7% in OECD countries.

The use of hard coal in this area led by China, which has significantly increased its production in the last 40 years, is seen. When the share of the coal in global electricity generation is considered, different regional trends can be recognized. Even within OECD countries, there are differences. In the OECD member European countries, the rate of 49.1% in 1971 decreased to 22.2% in 2016. In OECD member countries, the coal utilization rate decreased from 41.01% in 1971 to 27.1% in 2016. When the Asian-Oceania is considered in OECD countries, the share of electricity production from coal is increased from 18.0% in 1971 to 39.4% in 2016. When looked at the non-OECD countries, China can be considered as a locomotive country in many aspects. The share of China in world coal use was around 12-13% in 1971, while in 2015 it reached 40%, catching OECD countries. Today, this ratio is between 51 and 52%. The greatest share of the steep increase in the use of coal in the iron and steel industry over the last 40 years belongs to China. The share of non-OECD countries in total coal consumption is now around 1 Gt and which is 82.8% of total world consumption [24] and 76% of total coal production are achieved by non-OECD (with China) countries (see Fig. 5). Additionally, sum of the world coal export and import reached 1,213 Mt in 2016.

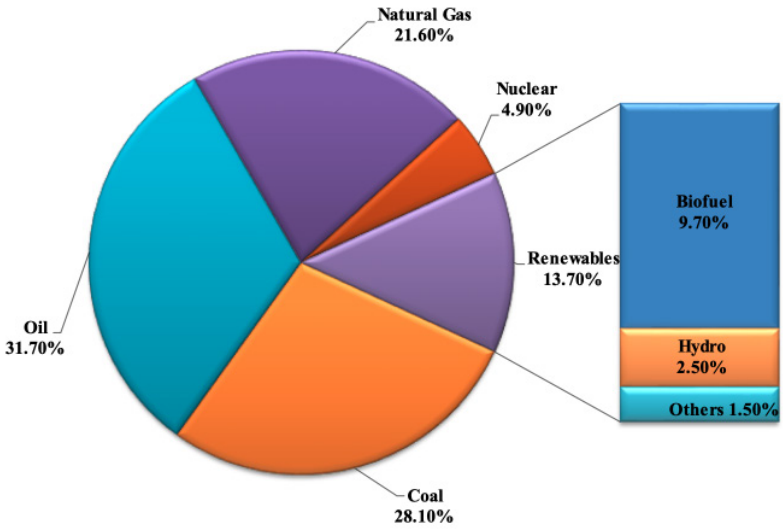


Fig. 3. Shares of total primary energy resources usage of world in 2015 [22].

*Values also include air and marine fuel deposits. In this graph, peat is given in bituminous schist. Other renewable sources include geothermal, solar, wind, current / wave / ocean, heat, etc.

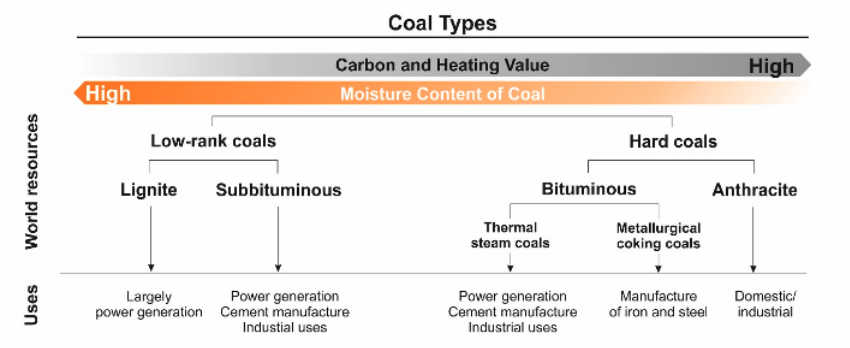


Fig. 4. Coal types and usages [23].

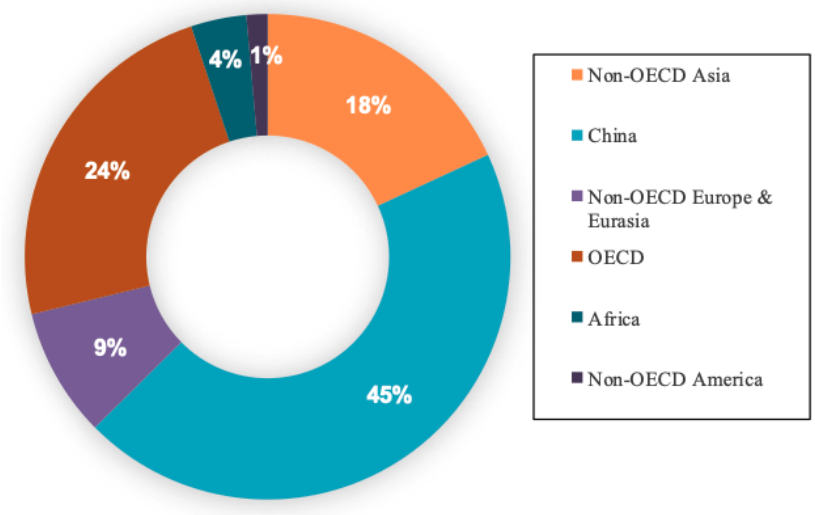


Fig. 5. Regional coal production of world in 2016 [22].

* Include Steam coal, coke coal, lignite and recovered coal

2.2. Coal Utilization in Turkey

Primary energy supply in Turkey in 2016 was realized as 136.2 million TOE. In primary energy demand the shares of sources are as natural gas 28%, coal 28%, petroleum 31% hydraulic energy 5 % and non-hydropower renewable energy sources 8%. When the variation of primary energy supply on sectors basis is examined, it is seen that the produced energy is used by industry (25%), housing and services (24%), transportation (20%), energy conversion plants (23%), non-energy use (5%) and agriculture and livestock sector (3%) (see Fig. 6).

In contrast to the world, lignite is a considerably dominant source in energy production of Turkey. 66% of hard coal produced is used in electricity production, 15% of which is used in coke furnace. 16% of hard coal is used in industry led by cement (63%), iron and steel industry (20%) and 18% is used in housing (22%) and trade and services sectors (72%). The amount of lignite used in energy production is 89%, forming the bigger portion of the production. Within this proportion 6% is used in industry, which are food (22%), textiles (38%), cement (15%) and ceramics (3%) as major sectors. Finally, 6% of total lignite consumption in Turkey stated in the class of other sectors which are (76%) housing and (24%) trade & services (see Fig. 7).

In comparison with the past energy policies and installed power plants, it can be seen that Turkey's energy production is dependent largely on the foreign investment. Not only in terms of coal usage, but also that the installed power plants and the vast majority of electric production are realized from natural gas imported in high percentages. The same is true for coal-fired power plants. While about 37.5% of the electricity produced is from natural gas-powered power plants, more than half (53.2%) of the coal-fired power plants that share about 33% of the total electricity generation use imported coal (see Table 2).

Table 2. Variation of electric production sources of Turkey [21].

Source	Production (MWh)	Ratio (%)
Natural Gas	117 760 512	37.53
Hydropower	62 196 866	19.82
Imported Coal	55 485 713	17.68
Hardcoal and Lignite	48 832 294	15.56
Wind Power	19 461 947	6.20
Geothermal	5 827 309	1.86
Biogas	2 403 559	0.77
Other	1 631 075	0.52
Import-Export Difference	-649 725	-0.21
Solar Power	885 000	0.27
Total	313 834 550	100

The vast majority of Turkey's coal consumption is the imported coal. In the early 1980s, while approximately 80% of the country's coal consumption was supplied from domestic sources, the ratio decreased down to 45% at the end of 1980 [17]. Since 2001, the imports have accounted from 8 million tons (76%) to 36 million tons (94%) of the demand for hard coal (see Fig. 8), although varied for various reasons as economic crises, efforts to returning to domestic sources and the changes in energy demand. The vast majority of these imports are from Russia, Colombia, USA, South Africa, Australia and Georgia [29]. In 2016, amount of the coal imported was reached to 36 million tons having a share of 94% in energy sources imported. The cost of this amount to Turkey was $ 5.3 billion. The size of the coal imports of Turkey may be seen more clearly, when considering the fact that Turkey's exports of mining products in 2016 was at $ 4.5 billion [17].

It can be said that lignite production has followed an increasing trend since 1988, even though it has occasionally dropped (see Fig. 9). In addition to the general foreign dependence in the energy sector, Turkey may be considered as an important lignite producer in the world. However, it is very difficult to say that the coal production is sufficient, especially lignite, nor that the power plants operating with domestic coal are at a level that will reduce the external dependency.

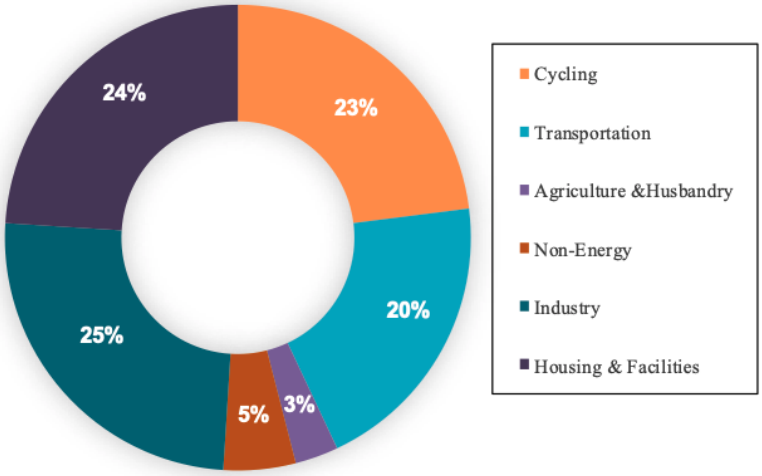


Fig. 6. Primary energy demands of Turkey in 2016 by sectors [25].

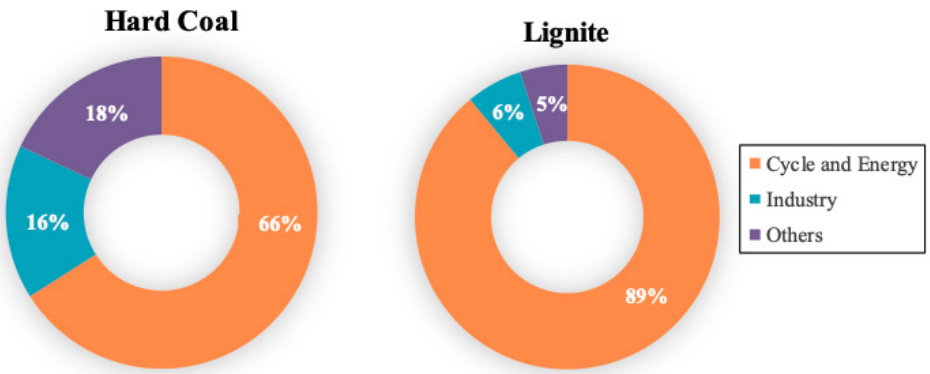


Fig. 7. Shares of sectors in terms of hard coal and lignite utilization Hardocal (left) and Lignite (right) use sectors [26].

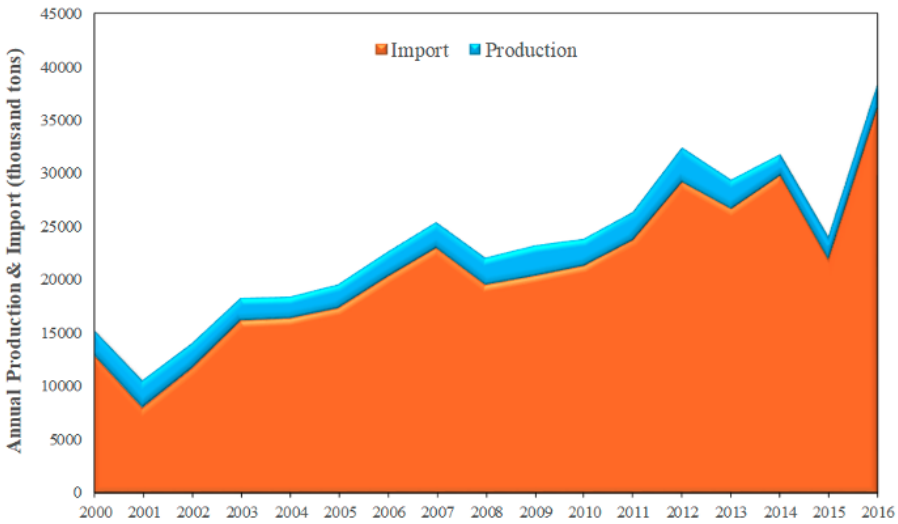


Fig. 8. Yearly hard coal production and export of Turkey [17, 26, 27, 28].

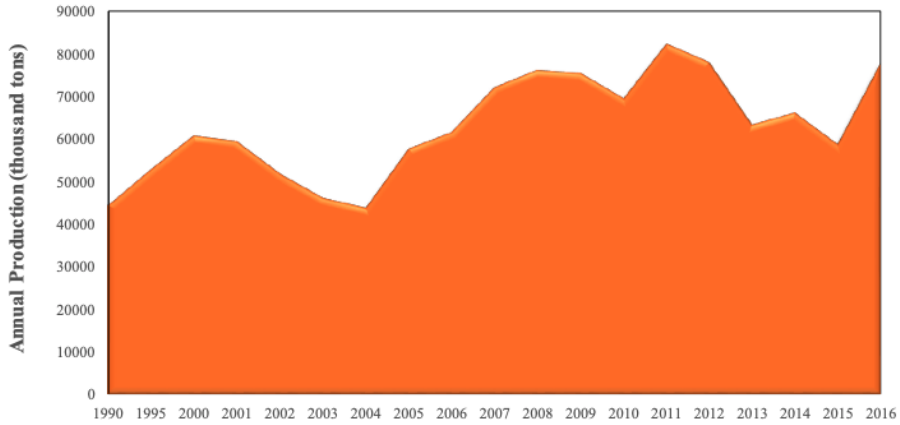


Fig. 9. Yearly lignite production of Turkey [27, 28].

3. Energy Sources of Turkey : Existence State and Historical Development

Falling into the category of developing countries, the energy demand of Turkey has been increasing every day. The energy independency strategy which is the most important requirement for being a developed country in the future is of vital importance. But given the current trends about the energy, Turkey is not likely to be a country using its own resources for the energy demand in the near future. During 1970-1986 period Turkey produced its electric mainly from liquid fuels and hydroelectric power plants. After 1986, natural gas took part as an alternative source among the energy production sources and natural gas power plants have increasingly been used in electric production [30]. As of 2015, total natural gas consumption in Turkey is 48.8 billion m^3. It produced only 0.8% (399 million m^3) of this amount while using 50% of this amount for electricity generation [31]. On the other hand, Turkey depends largely on the imported coal, while not giving special importance to its existing domestic energy sources such as lignite, new generation renewables and hydropower. When looking at the past from the present, it can be seen that Turkey has implemented a strategy of domestic resources, mainly as a result of the

oil crisis of 70s [32]. Due to the Cyprus embargo (at mid-70s), it has experienced problems in reaching adequate technologies and has not achieved the desired success in this policy [33]. Nevertheless, the country, which maintained its domestic resources strategy, relatively in the 80s and 90s, has been increasingly dependent on the imported coal in 2000s [32]. During 2000-2005 period Turkey has not constructed domestic coal fired power plants but the natural gas conversion power plants using imported natural gas were preferred instead of the domestic coal-fired power plants [6], [34].

3.1. Fossil Fuel Energy Sources

Though power plants using domestic coal are started to be constructed after 2005 as of the end of 2016 Turkey has 10 imported coal plants having total capacity of 9,437 MW (12,1%) and 51 domestic coal power plants with 7,879 MW capacity (10%). In 2017, approximately 53% of the electric is produced from imported coal power plants [6], [21], [27]. The main reason for the current situation is the lack of capital. Similarly, there is a $ 30-35 billion total investment requirement for the use of domestic coal potential, ranging from 3 to 3.5 $ billion per year over a 10-year period.

Existing energy policies became ineffective due to the following facts.

i) after 70s, the energy sector was left to private investors as a result of the policy change from state and/or mixed investments economic policy to liberal market policy,

ii) The domestic investors did not make new investments due to large-scale risks,

iii) the foreign capital was not attracted to the energy field, causing the current policy to become ineffective with the current policy [6].

The quality of existing lignite reserves is generally low, making the option of generating energy with domestic coal less attractive. However, almost all of Turkish lignite reserves are suitable for firing thermal power plants [27], [32]. Thus, in addition to the incentives made in this regard, it is an inevitable to develop investment alternatives in which the public sector takes more place.

3.2. Renewable Energy Sources

Turkey has a potential in other energy resources. Hydroelectric history of Turkey dates quite back. Wind energy potential evaluation initiatives and the establishment of new facilities have been carried out since 1986 [35]. Turkey has made big way in renewable energy, especially after 2009 and has provided significant increases in installed capacity based on renewable energy. Numerically a significant increase has been realized in low-capacity hydro power stations established in small rivers since 2007 [18], [36]. However, these projects have two problems. The first one: the plants that are installed without the detailed assessments and thus cannot obtain efficiency. Although Turkey has a hydroelectric potential of 45 GW, it is among the countries that

may face to a water shortage problem. Therefore, it should not be forgotten that hydropower production can be affected in the negative direction [37]. The second problem is the likelihood that the regional employment in such sectors as regional agriculture and animal husbandry, will be affected. It is necessary to make integrated plans not only on energy basis in order not to disturb the natural balance and not to worsen the socio-economic conditions of the region in where a power plant is established.

Turkey added at Tenth Development Plan, the objective of enhancing seriously the capacity of renewable energy sources, especially solar and wind [38]. As of 2016, Turkey's installed renewable energy capacity reached to 34.2 GW from 15.5 GW of 2009. At the end of 2017, shares in the renewable energy sources in produced electricity is as follows; hydraulic (19.82 %), wind (6.2%), geothermal (1.86%), biogas (0.77%) and, sun (0.27%) (see Table 2). In 2015, Turkey raised the renewable energy capacity to $ 1.9 billion by 46% of increase when compared to the previous year. With this figure, it becomes one of the four European countries exceeding the $ 1 billion limit, together with Britain, France and the Netherlands [39]. These developments and investments are important, as promising as they are, at the same time. Turkey has better conditions than many European countries in terms of renewable energy potential. Turkey's East and South East have suitable conditions for hydroelectric, while Aegean region has potential for wind and geothermal energy and solar energy capacity in each region is quite high. It is estimated that 43.2% of the total demand can be fulfilled by solar energy and that the wind energy can supply 10.3% of total demand [37]. Another point that needs to be mentioned here is that technological investments are crucial in the use of natural resources and in the assessment of available energy resources [40]. If Turkey fails to improve the technology of renewable energy sources, after 15-20 years it may be forced to pay the costs as it did for oil and natural gas [33]. Therefore it is important for Turkey to prepare development plans to make investments in technology both to use domestic resources and to utilize renewable energy efficiently.

3.3. Nuclear Energy Sources

Since 2010, Turkey took significant steps for the aim of the using nuclear energy, in addition to existing energy sources, which has so far been in its agenda. Agreements have been signed for two nuclear power plants to be established by Russia and Japan, in Mersin and Sinop provinces, respectively [41], [42]. Nuclear energy is considered as an effective method to reduce external dependence and increase energy diversity and minimize environmental impacts [43]. It is therefore preferred by Turkey. However, there is a need for evaluation taking into consideration the current situation in Turkey. Turkey is quite a poor country in nuclear power plant fuel. Near twelve thousand tons reserve of the country corresponds to a very small portion of the world reserves. Existing uranium reserve has had an economic valuation opportunity in the past but these reserves are no longer in economic condition as a result of the high grade and low production cost resources in Canada and Australia, additionally due to the developments in nuclear energy technology. In terms of thorium reserves, Turkey has 374 000 tons of thorium reserve, corres-

ponding to 6% of world reserves. The country can be regarded as having rich resources, with this amount. However, no thorium processing plant exists in the country. Although the nuclear energy production studies targeting on using thorium and uranium together continue, there is no nuclear power plant using only thorium [7]. Therefore, Turkey has not any possibility both to use reserves of uranium in nuclear power plants and to build plants using thorium reserves. Neither it does not seem likely in the near future. While it is true that an energy diversity will be provided with the nuclear power plants to be built, it is a fact that these power plants will not reduce external dependency. It is also difficult to say that it will provide a diversity in terms of the dependent countries. For instance, Akkuyu (Mersin) nuclear power plant construction is to be carried out with Russia, the procurement of resources will also take place in the same country. Turkey already imports 53% of natural gas demand from Russia. For this reason, Akkuyu nuclear power plant project, which is constructed together with the same country, is far from diversifying the countries being dependent on foreign energy. At the second plant to be built in Sinop, enriched uranium purchased from different countries will be used. In this case, there is no possibility of reducing the dependency on foreign countries even if it is possible to create the diversity of the country where imports are made. For the remote future, investments in enrichment facilities necessary for the utilization of uranium and thorium reserves, and R&D work should not be lagging behind the world. The high cost of these facilities necessitates a very comprehensive nuclear energy plan. It can be said that the only possible benefit of the nuclear power plants in the near future is the decrease in the amount of greenhouse gas emissions. Turkey takes place in the Annex 1 countries defined according to Kyoto Protocol with 110% increase in greenhouse gas emissions from 1990 [44]. Turkey prioritized the economic development while pushing back environmental concerns [45]. Two worries affecting this issue are; i) the likelihood of slowing the capacity increase of environmental policies (direct impact) and ii) the direct negative impact of the cost of environmental policies (indirect impact) on economy. To continue its economic development, Turkey had any commitment to decrease emissions, when signed Kyoto Protocol and Paris Treaty. However, it has announced that it will reduce its greenhouse gas emissions by 21% after 2020 with the "National Contribution" declaration (BAU-Business as Usual), which it presents on combating climate change and covers 2020-2030 [46]. Looking at the average values, the unit electricity generation (GWh) causes about 20% more CO_2 emissions than the use of lignite (1,054 tons) and coal (888 tons). In natural gas (499 tons), this value is still high and is about half of coal. While using renewable energy (45.5 tons for all renewable energy) and nuclear energy (29 tons), greenhouse gas emissions are between 1/30 to 1/50 for coal, respectively [47]. Nuclear power is more advantageous than natural gas and coal-based thermal power plants in terms of greenhouse gas emissions per unit of energy, and it is certain that the nuclear power plants put in the power generation portfolio will benefit from it.

4. Facts and Plans of Turkey's Energy Policy

If the future of the coal and the electricity production of Turkey are considered, one sees two different facts, as targets and realizations. Within Turkey's prospective energy targets and some steps which are in the context of state's planning gives hope to reduce foreign dependency. However, it is not possible to say that external dependency will decrease from a broader perspective. For example, the target to operate a domestic coal-fired power generation plant with a total installed power of 1,013 MW for 2015 realized as 457 MW hours leaving below the targets [18]. Some positive developments that have taken place and are planned in the forthcoming period can be listed as follows [18], [25], [27], [38], [40]:

i. In 2003, the number of drillings for natural gas and oil was 81 and for coal was 12, these numbers was increased to 136 and 238, respectively in 2015,

ii. A total of 7.38 billion tons of new lignite reserves were discovered between 2005 and 2010,

iii. Research and innovation work to identify different utilization methods and increase efficiency of utilization of the domestic resources, especially for coal, have been performed by some public enterprises as Turkish Coal Enterprises (TKİ), Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) and ETI Mining,

iv. Investment in potentially high coal basins, making appropriate investment and financing models for electricity generation separately for each basin,

v. The aim of introducing incentives for power generation facilities based on domestic coal and renewable energy sources, which will run until 2020,

vi. The target to increase domestic coal-produced electricity to 57 billion kWh, which is 32 billion kWh by the end of 2018,

vii. The aim to establish 600 MW geothermal, 3 000 MW solar energy and 20 000 MW wind energy power plants to be fully operational by 2023.

However, it is observed that the actual projects (particularly the ones that are still in the process of installation) do not meet the targets. As can be seen in Fig. 10, 35% of the power plants that are set up in 2017 use imported natural gas and 11% of them use imported coal. Based upon this fact, it can be stated that only 46% of the new plants will be outsourced. On the other hand, 14% of the plants are planned to use coal and origin (domestic or imported) of the coal used in these plants are not provided. Hence, percentage of the total foreign dependency is likely to exceed 50%.

On the other hand, Turkey is largely dependent on foreign sources of natural gas considering the primary energy demand projections. The use of renewable energy sources is expected to increase in the same way as in the recent trend. It is expected that the energy investments for

the coal-fired plants will decrease after 2030's. Lignite-related energy demand is predicted to be in a downward trend (see Fig. 11).

When the quantities of sources in the past, present and possible future energy projections are assessed on concrete facts, it turns out that lignite, which is the only sufficient domestic resource, needs to be seriously evaluated. Therefore, it is necessary to increase the research work carried out to increase the use of domestic coal. When assessed together with all the energy sources together, Turkey appears to be in a position self-sufficient not only in renewable energy capacity and but in the lignite reserves. For this reason, planning of the energy policy of the country will be beneficial by evaluating all the related aspects of energy phenomenon on the long term including environmental, economic, strategic, socio-economic aspects.

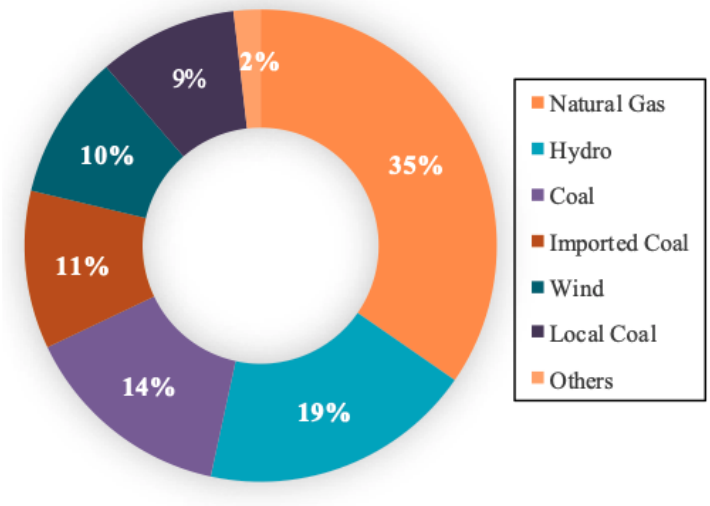


Fig. 10. Power plants under construction as of 7 January 2017 [Source: 36].

* The percentage of project actual achievements (as of the date the data were provided) were listed above 10%.

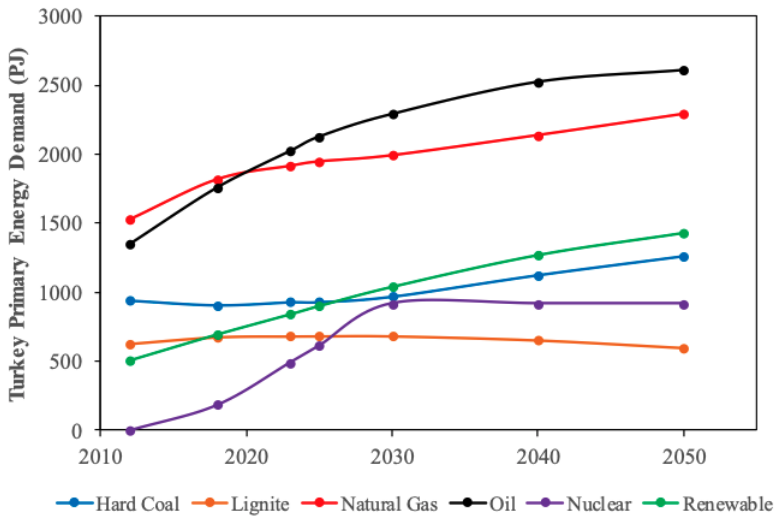


Fig. 11. Primary energy demand forecasting for Turkey [Source: 55].

5. An Assessment of Alternative Energy Sources for Future Energy Planning

Fossil fuels are expected to keep its place in the energy supply chain for a considerable period of time. In addition to greenhouse gas emissions, which are considered to be the most important cause of global warming and climate change, the economic and environmental preferences also determine a country's energy sources. The surplus of these decision criteria forces a country to diversify their energy sources. It is possible to say that as a consequence of the concerns and efforts of reducing greenhouse gas emissions from fossil fuels, the trend towards systems such as hydroelectric power plants, wind, solar and biomass energy is increasing.

When looking at the greenhouse gas emissions alone, it seems reasonable to assume that nuclear power plants and renewable energy sources are comparatively low in emissions compared to fossil sources. However, it is useful to consider all possible aspects of energy resources while evaluating them. A large number of factors such as the possible environmental effects in addition to greenhouse gases, loss of lives and property, socio-economic situation, geopolitical position and natural life of the country, the necessity and amount to exported fuel, the cost and the life of the power plant, the technological sufficiency of the country should be considered together.

For example, 85% of electricity obtained from renewable energy, which meets 16.3% of world electricity production, is realized by hydroelectricity. However, in some cases the influence of hydroelectric power plants on the environment is not negligible. These effects are also highly correlated with the welfare of the country, income inequality and external borrowing. In a study evaluating the countries that set up hydroelectric power plants in different time periods between 1980 and 2010, income inequality and external debt increased and per capita income decreased as the number of hydroelectric power plants increased. The main reason for this is the unique characteristics concerning the location of the plant. It is known that, in high mountains and in areas where there is no settlement, power plants are generally not problematic. In some cases, due to environmental impacts of facilities under sea level, there are some consequences such as causing for migration, creating risks to the fisheries sector, causing food safety problems and causing floods [48].

When evaluated the possibility of an accident, it can be said that the hydroelectric power plants and nuclear power plants may have quite destructive consequences in terms of the results of accidents even in the low risk group. New generation renewable power plants should be considered in low risk category both in terms of the accident risks and severity of the consequences of the accidents. On the other hand, some problems may occur in high-capacity large power plants at the stages of energy storage and stabilization of variable production. Energy production from fossil fuels is in the medium risk group in terms of the likelihood of accidents and possible consequences [49]. It is also useful to say that in spite of these widespread evaluations of plants in general, there are unexpected situations. For example, in an interdisciplinary study [50], it is estimated that there will be 1 or 0 nuclear accidents until 2055 with the developing technology, a

nuclear power plant accident (Fukushima) has already occurred. For this reason, one can come up with the more realistic judgments than estimates by expressing the past situation in all power plants with figures. According to the data obtained between 1874 and 2014, in a study assessing accidents in 11 energy systems including biodiesel, biomass, coal, geothermal, hydroelectric, hydrogen, natural gas, nuclear energy, oil, solar energy and wind energy, more than 210 thousands people lost their lives in total 1100 accidents and $ 350 billion in financial losses occurred in these accidents. According to this study, the accidents in hydropower plants constitute 85% of the deaths and the nuclear power plants constitute 70% of the financial losses. When the frequency of accidents per unit energy (TWh) is taken into consideration, the wind energy is dominant. In fact, the accident frequency of wind energy is 4600 times more than coal. Again, when looked at the deaths per unit energy, the wind energy is at the top, with 20 times higher death rates from natural gas and coal. In terms of the material damage, nuclear energy per unit energy is 33 times more expensive than wind energy and 100 times than solar energy [51]. There are also different problems and concerns about the nuclear power plants that some countries do not do new investments while closing their existing power plants. It is known that nuclear energy is responsible for many accidents and for pollution of vast amount of water resources [52], production of high radioactive and harmful waste for human life and nature. In addition, there is only a limited number of uranium enriching countries and this creates external dependency.

Additionally, serious concerns are present about the permanent storage and transport of nuclear waste, it is estimated that 250,000 tons of used nuclear waste are in temporary storage facilities around the world [50]. Although nuclear power plants are important parts of the efforts for keeping global warming below the critical 2°C, issues such as the radioactive wastes need to be stored for up to 1 million years and two major accidents in the last 30 years still present uncertainties [53]. Another problem is the lack of a facility for permanent storage of nuclear wastes [50], [53]. The Onkola project, which is under construction in Finland, is the nearest first to this permanent settlement facility [54]. Thus, given the advantages and controversial nature of nuclear energy, it is difficult to conclude definitively whether nuclear energy can be promoted in all future energy policies [53]. As a result, when a wide range of assessments is made, it can be said that there is not an absolutely harmless and risk-free power generation method, including new generation renewable energy systems. It is certain that the environmental impacts of existing systems and the risks of accidents will vary with developing technology, and it is also useful to determine the energy policies of countries after a multifaceted evaluation, considering the future needs of the region under the circumstances.

6. Conlusions

Turkey is largely dependent on foreign oil and natural gas considering the primary energy demand projections. Though the utilization of renewable energy sources is expected to increase in the same way as in the recent trend, the dependence to fossil fuels will continue for a long time in the foreseeable future. It is estimated that the energy investments for the coal-fired plants will

decrease after 2030's. Lignite-related energy demand is predicted to be in a downward trend following 2030s.

Current energy view of Turkey exhibits two different facts on the basis of targets and realizations. Turkey's energy plans and targets and some actions taken gives hope to reduce foreign dependency. Almost all of Turkish lignite reserves are suitable for firing thermal power. It is inevitable to develop investment alternatives in which the public sector takes more place. When the quantities of sources in the past, present and possible future energy projections are assessed on concrete facts, it turns out that lignite, which is the only sufficient domestic resource, needs to be seriously evaluated. Therefore, it is necessary to increase the research work carried out to increase the utilization of domestic coal. Also, it is necessary to make integrated plans not only on energy basis in order not to disturb the natural balance and not to worsen the socio-economic conditions of the region in which a power plant is established.

Another point to be taken into consideration is that the technological investments are crucial in the use of natural resources and in the assessment of available energy resources. If Turkey fails to improve the technology of renewable energy sources, after 15-20 years it may be forced to pay the costs as it did for oil and natural gas. Therefore, it is important for Turkey to prepare development plans to make investments in technology both to use domestic resources and to utilize renewable energy efficiently.

References

[1] Franklin M, Kurtz C, Alksnis M, Steichen L, Younger C. Lights out in the cold: Reforming utility shut-off policies as if human rights matter. Environmental and Climate Justice Program, Baltimore, USA; 2017.

[2] Tully S. Access to electricity as a human right. Netherlands Q Hum Rights 2006;24:557–88. doi:10.1177/016934410602400402.

[3] Bilgili M, Hassanzadeh R, Sahin B, Ozbek A, Yasar A, Simsek E. Investigation of wind power density at different heights in the Gelibolu peninsula of Turkey. Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff 2016;38:512–8. doi:10.1080/15567036.2013.799617.

[4] Sözen A, Cakir MT, Cipil F. Sectoral CO2 emission reductions in Turkey: Preparing for Doha 2020. Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff 2016;38:905–13. doi:10.1080/15567036.2013.850559.

[5] Bilgen S. The status of primary fossil energy resources in Turkey. Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff 2016;38:3478–83. doi:10.1080/15567036.2016.1172139.

[6] TMMOB-MMO (The Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects - Chamber of Mechanical Engineers). Türkiye'de Termik Santraller; 2017.

[7] Eroğlu G, Şahiner M. Dünyada ve Türkiye'de uranyum ve toryum. MTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration); 2017. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden-serisi/Uranyum-Toryum.pdf [Accessed 26 January 2019].

[8] Melikoglu M. Vision 2023: Status quo and future of biomass and coal for sustainable energy generation in Turkey. Renew Sustain Energy Rev 2017;74:800–8. doi:10.1016/j.rser.2017.03.005.

[9] WEC (World Energy Council). Energy sources: Coal. https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/coal/ Energy Resources [Accessed 29 January 2018].

[10] WEC (World Energy Council). World energy resources – coal 2016. https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_Coal_2016.pdf [Accessed 26 January 2019].

[11] MTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration). Kömür arama araştırmaları. http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari [Accessed 29 January 2018].

[12] TTK (Turkish Hard Coal Enterprises). Hakkımızda. http://www.taskomuru.gov.tr/index.php?page=sayfagoster&id=7 [Accessed 26 January 2018].

[13] Ersoy, M. 2010. Sürdürülebilir kalkınmada Avrupa Birliği ve Türkiye kömür madenciliği. In: Proceedings of the 19th Coal Congress of Turkey; 2013.

[14] BP (British petrolium). Statistical Review of World Energy; 2017. https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf [Accessed 16 February 2018].

[15] GDPA (The General Directorate of Petroleum Affairs). İstatistikler: 2016 yılı petrol ve doğal gaz arama–üretim istatistikleri. http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler [Accessed 18 February 2018].

[16] RWE (Rheinisch - Westfälisches Elektrizitätswerk). http://www.rwe.com/web/cms/en/12068/rwe-power-ag/fuels/kw-neurath-boa-2-3/ [Accessed 16 February 2018].

[17] TTK (Turkish Hard Coal Enterprises). 2016 yılı taşkömürü sektör raporu. http://www.taskomuru.gov.tr/file/duyuru/TTKGM_Sektor_Raporu_2016.PDF [Accessed 16 February 2018].

[18] ETKB (Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources). 2015 yılı faaliyet raporu. http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FFaaliyet%20Raporu%2F2015.pdf [Accessed 16 February 2018].

[19] Acar S, Kitson L. Türkiye ' de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri. The International Institute for Sustainable Development. https://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/ffsandrens_turkey_coal_tk.pdf ;2015 [Accessed 26 January 2019].

[20] Rao Z, Zhao Y, Huang C, Duan C, He J. Recent developments in drying and dewatering for low rank coals. Prog Energy Combust Sci 2015;46:1–11. doi:10.1016/j.pecs.2014.09.001.

[21] Enerji Atlası. Türkiye elektrik üretimi. https://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/ [Accessed 26 January 2018].

[22] OECD/IEA (The Organisation for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency). Key world energy statistic; 2017, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf [Accessed 26 January 2019].

[23] Speight, JG. The chemistry and technology of coal. 3th ed. CRC Press: Taylor & Francis Group; 2013.

[24] OECD/IEA (The Organisation for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency). Coal information; 2017.

[25] TBMM (The Grand National Assembly of Turkey). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2018 Yılı Bütçe Sunumu. TBMM Tutanak Hizmetleri Başkanlığı; 2017.

[26] EİGM (General Directorate of Energy Affairs). İstatistikler: Denge Tabloları. 2018. Denge Tabloları. http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari [Accessed 1 February 2018].

[27] ETKB (Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources). http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur [Accessed 1 February 2018].

[28] Turkyılmaz O, Özgiresun C. Türkiye'nin Enerji Görünümü. Enlarged 2nd edition. TMMOB-MMO (The Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects - Chamber of Mechanical Engineers): MMO/588, , Ankara; 2012. ISBN: 978-605-01-0358-8

[29] TTK (Turkish Hard Coal Enterprises). Taşkömürü sektör raporu; 2015. http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTTK%202015%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf [Accessed 1 February 2018].

[30] TMMOB-EMO (The Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects - The Chambers of Electrical Engineers). Türkiye elektrik enerjisi istatistikleri. http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369. [Accessed 16 February 2018].

[31] TP (Turkish Petroleum). 2017 yılı ham petrol ve doğalgaz sektör raporu. http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektor_rapor_2017.pdf [Accessed 26 January 2019].

[32] Tamzok N. Küreselleşme, serbestleşme ve kömür endüstrisi. TMMOB-MMO (The Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects - The Chambers of Mining Engineers). http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/1a94cef23357f68_ek.pdf?tipi=23&turu=X&sube=0 ; 2007 [Accessed 16 January 2018].

[33] Durmuşoğlu S. Türkiye ' nin enerji politikaları ve komşu ülkeler ile uluslararası ilişkilerine etkileri [MA]. İstanbul Technical University; 2015.

[34] TKİ (Turkish Coal Enterprise). 2015 Kömür (Linyit) sektör raporu, http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FSEKT%C3%96R%20RAPORU%202015%2030.06.2015%20SON.pdf ; 2017 [Accessed 16 February 2018].

[35] Demir İ, Emeksiz C. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye potansiyeli ve kullanımı. EEB (Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu). 2016.

[36] EÜAŞ (Electricity Generation Company), 2016 elektrik üretim sektör raporu. http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FEUAS-Sektor_Raporu2016.pdf ; 2017 [Accessed 18 February 2018].

[37] Kilickaplan A, Bogdanov D, Peker O, Caldera U, Aghahosseini A, Breyer C. An energy transition pathway for Turkey to achieve 100% renewable energy powered electricity, desalination and non-energetic industrial gas demand sectors by 2050. Sol Energy 2017;158:218–35. doi:10.1016/j.solener.2017.09.030.

[38] KB (Republic of Turkey Ministry of Development). Onuncu kalkınma planı 2014-2018. 2013.

[39] Karagöl ET, Kavaz I. Dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji. Seta Siyaset, Ekon ve Toplum Araştırmaları Vakfı 2017;197:1–32.

[40] Cayir Ervural B, Zaim S, Demirel OF, Aydin Z, Delen D. An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning. Renew Sustain Energy Rev 2018;82:1538–50. doi:10.1016/j.rser.2017.06.095.

[41] RG (The Official Gazette of the Turkish Republic). Agreement between the Government of the republic of Turkey and the government of the Russian Federation on cooperation in relation to the construction and operation of a nuclear power plant at the Akkuyu site in the republic of Turkey. The Official Gazette of the Turkish Republic. 6 October 2010.

[42] RG (The Official Gazette of the Turkish Republic). Agreement between the government of the Republic of Turkey and the government of Japan on co-operation for development of nuclear power plants and the nuclear power industry in the Republic of Turkey. 23 May 2015.

[43] Kok B, Benli H. Energy diversity and nuclear energy for sustainable development in Turkey. Renew Energy 2017;111:870–7. doi:10.1016/j.renene.2017.05.001.

[44] Yousefi-Sahzabi A, Unlu-Yucesoy E, Sasaki K, Yuosefi H, Widiatmojo A, Sugai Y. Turkish challenges for low-carbon society: Current status, government policies and social acceptance. Renew Sustain Energy Rev 2017;68:596–608. doi:10.1016/j.rser.2016.09.090.

[45] IKV (Economic Development Foundation). 2020'ye doğru Kyoto-Tipi iklim değişikliği müzakereleri; Avrupa birliği'nin yeterliliği ve Türkiye'nin konumu, İstanbul; 2013.

[46] DB (Repuclic of Turkey Ministry of Foreign Affairs). Paris anlaşması: 2018. http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa. [Accessed 13 February 2018].

[47] WNA, 2011 World Nuclear Association. 2011. Comparison of life cyle greenhouse gas emissions of various electricity generation sources. WNA Report, World Nuclear Association, London, UK.

[48] Sovacool BK, Walter G. Major hydropower states, sustainable development, and energy security: Insights from a preliminary cross-comparative assessment. Energy 2018;142:1074–82. doi:10.1016/j.energy.2017.09.085.

[49] Burgherr P, Hirschberg S. Comparative risk assessment of severe accidents in the energy sector. Energy Policy 2014;74:S45–56. doi:10.1016/j.enpol.2014.01.035.

[50] MIT (Massachusetts Institute of Technology). The Future of Nuclear Power. 2003. ISBN 0-615-12420-8.

[51] Sovacool BK, Kryman M, Laine E. Profiling technological failure and disaster in the energy sector: A comparative analysis of historical energy accidents. Energy 2015;90:2016–27. doi:10.1016/j.energy.2015.07.043.

[52] Sovacool BK. A critical evaluation of nuclear power and renewable electricity in Asia. J Contemp Asia 2010;40:369–400. doi:10.1080/00472331003798350.

[53] Prăvălie R, Bandoc G. Nuclear energy: Between global electricity demand, worldwide decarbonisation imperativeness, and planetary environmental implications. J Environ Manage 2018;209:81–92. doi:10.1016/j.jenvman.2017.12.043.

[54] Curry A. What Lies Beneath. https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2017/10/what-lies-beneath/537894/. [Accessed 13 February 2018].

[55] Greenpeace. Energy revolution a sustainable Turkey energy outlook. https://www.greenpeace.org/turkey/Global/turkey/report/2015/Energy%20%5BR%5Devolution.pdf ; 2015 [Accessed 26 January 2019].

MT Bilimsel®
Yıl:10 | Sayı:19 | Ocak 2021
Year:10 | Number:19 | January 2021
Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources* **www.mtbilimsel.com**

Makale Gönderim Tarihi: 16.12.2020
Yayına Kabul Tarihi: 05.01.2021

Hammadde Rutubetinin Çimento Üretim Prosesine Etkisinin Araştırılması

Investigation of the Effect of Raw Material Moisture on Cement Production Process

Abdul Vahap Korkmaz*
[1] *Afyon Kocatepe Üniversitesi İscehisar MYO, İnşaat Bölümü, 03100 Afyonkarahisar,*
e-posta: avkorkmaz@aku.edu.tr

Özet

Çimento üretim sürecinde gerek ana ham madde olarak gerekse katkı maddesi olarak çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Çimento üretiminde kullanılan bu ham maddeler aynı zamanda çimentonun kalitesini belirleyen temel unsurlardandır. Çimento üreticileri çimento ham maddelerinin kimyasal yapısına ve mineralojisine odaklanırken ham maddelerin rutubet kaynaklı yaratabilecekleri problemleri çoğu zaman gözden kaçırmaktadırlar. Halbuki bir çimento üretim tesisi dizayn edilirken en önemli etken olarak ham maddelerin rutubet özellikleri dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada çimento üretiminde kullanılan ana ve yardımcı ham maddelerin rutubet özellikleri tespit edilmiştir. Farklı ham maddeleri kullanılarak üretilen çimento proses aşamalarında yüksek rutubet özelliklerinin gerek kırma ve gerekse öğütme proseslerinde meydana getirdikleri problemler ve çözümleri araştırılmıştır. Ocaklardan üretim esnasında ve kırma ve öğütme aşamalarında yapılacak bir takım değişiklikler sayesinde rutubet kaynaklı problemlerin nasıl en aza indirilebilineceği açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çimento, rutubet, ham madde, kırma, öğütme

Abstract

Various materials are used both as the main raw material and as additives in the cement production process. These raw materials used in cement production are also among the basic elements that determine the quality of cement. While cement manufacturers focus on the chemical structure and mineralogy of cement raw materials, they often overlook the problems that raw materials can cause due to moisture. However, when designing a cement production facility, the most important factor is the moisture characteristics of the raw materials. In this study, moisture properties of the main and auxiliary raw materials used in cement production were determined. Problems and solutions caused by high moisture properties in both crushing and grinding processes in cement process stages produced by using different raw materials were investigated. It has been explained how the problems caused by moisture can be minimized thanks to some changes to be made during production from the quarries and at the crushing and grinding stages.

Keywords: *Cement, moisture, raw material, crushing, grinding*

1. Giriş

Doğada bulunan her madde yeraltı ve yerüstü iklim şartlarına göre belirli miktarlarda az veya çok su içerir. Bu suya rutubet, maddenin birim ağırlığında bulunan suyun birim miktarına ise rutubet oranı denir. Çimento ve klinker girdilerinin hepsinde rutubet vardır. Bu su oranı çimento prosesinde maliyeti artırıcı bir etkendir. Prosesin her aşamasında prosesi olumsuz yönden etkilediği için söz konusu suyun her halükarda ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu da belirli bir enerji tüketimi demektir.

Başta kalker ve kil olmak üzere farklı sayıda değişik hammadde karışımlarının homojen hale getirilmesi için önceleri bunlara su eklenerek bir çamur yapılmakta ve bu çamur fırında önce ısıtılıp sonra pişirilmekteydi. Ancak sürece su katılması, daha sonra da bu suyun tekrar buharlaştırılarak süreçten ayrılmasının yol açtığı büyük enerji kaybı bu 'Yaş Sistem' üretiminin terkedilerek ham madde karışımını tamamem kuru sistem üretimine geçmesine yol açmıştır (Kuleli, 2010).

Kırıcıların çoğu %15' e kadar malzeme nemi ile sorunsuz olarak çalışabilmektedir. Fakat kil ve kil türevli plastik özelliklere sahip çok nemli yapışkan özelliklere sahip ham maddeler asıl sorunu yaratmaktadır. Kil grubu kayaçların kalitelerinin tam anlamıyla tespit edilebilmesi için mineralojik ve kimyasal analizlerinin bilinmesi gerekmektedir. Yüksek plastisite özelliklerine sahip kil taşları çimento sektörü için pek tercih edilmezler. Bunun en temel sebebi ise özellikle kışın ve bahar aylarında rutubet sonucu kırıcı ekipmanlarında sarma ve yapışma problemleri yaşatmasıdır. Bu sebeple plastisite özellikleri kil taşlarının çimento sektöründe kullanılabilmeleri için en temel ayırt edici özelliklerden biridir.

Çimento üretim proses aşamalarında üretilecek çimento cins ve özelliklerine göre değişik katkı maddeleri kullanılabilmektedir. Aynı üretimde bir çeşit katkı malzemesi kullanılabildiği gibi birden fazla katkı malzemesi de kullanılabilmektedir. Genel olarak kullanılan katkılar; tras, yüksek fırın cürufu, silika füme, uçucu kül, ponza gibi doğal ve yapay puzolanlardır. Katkı oranına karar verilirken çimentonun dayanımları, inceliği ve maliyeti göz önünde bulundurulmaktadır. Programlanan katkılı çimento üretim (ton) x katkı faktörü işlemi neticesinde hesaplanan kuru katkı miktarı, rutubet oranı göz önünde bulundurularak satın alım işlemine esas yaş katkı miktarı hesaplanmaktadır.

Çimento üretiminde puzolanik katkı malzemesi olarak en fazla tras kullanılmaktadır. Türkiye'de yaygın olarak kullanılan tras kelimesinin uluslararası literatürdeki karşılığı puzolandır. Tras, TS 25'e göre kendisinin bağlayıcılık özelliği olmayan ancak normal ortam sıcaklığında ve uygun rutubet şartlarında mikron boyutunda öğütülen kalker veya klinker yapısında malzemelerle yaş olarak karıştırıldığında tepkimeye girip bağlayıcı özellik kazanan silisli veya alüminalı malzemeler içeren ince toz haline getirilmiş ham maddeler olarak adlandırılmaktadır (Altun, 1999). Birçok çimento fabrikası özellikle çimento değirmenleri katkı malzemelerinden olan tras, pomza gibi puzolanik malzemelerin kışın yüksek rutubet içermesinden dolayı milyon liralık kurutma ünitesi yatırımları yaptığı gibi binlerce m3 lük doğalgaz veya fuel oil harcamaları da kaçınılmaz olmaktadır (Kavas, 1997).

Hammaddelerdeki nem sorunu her tür boyut küçültme işlemi için problem teşkil etmektedir. Kırıcı ve öğütücü ekipmanlardaki aşınma problemlerini nemli malzemelerle yaşanan tıkanma ve sarma problemlerinin de takip etmesi yüksek enerji ve bakım maliyetlerini arttıran en önemli nedenlerdendir. Kırma ve öğütme aşamalarında nemli malzemelerin sıcak gazlar vasıtasıyla

kurutulması üretim verimliliğini arttırmakta ve üretimin kesintisiz akmasına katkı sağlamaktadır. Sıcak gaz temini klinker soğutma çıkışından, fırın gazından yada kırıcıların/değirmenlerin yanına kurulan sıcak gaz ocaklarından sağlanmaktadır (Kuleli, 2010).

Çimento fabrikaları için farin pişirme kalorisi, yani 1 kg klinkeri pişirebilmek için kaç Kcal' lik ısıya ihtiyaç duyulacağı çimento üretim maliyetini etkileyen önemli parametrelerdendir. Genelde proses ekipman üretici firma pişirme ısısı değerini vermektedir. Ya da geçmiş yılların ortalama değeri göz önüne alınarak da saptanabilmektedir. Birden fazla yakıt kullanılacaksa (ki genellikle tercih edilir), kullanılacak yakıt cinsleri, karışım oranları, kalorifik değerleri ve rutubet oranlarının bilinmesi gerekmektedir. Yakıtların kalorifik değerleri ile paçal oranları bilindiğinden kuru bazda yakıt miktarları hesaplanabilmektedir. Ayrıca bu malzemelerin rutubet oranları göz önünde bulundurularak satın alım için yaş miktarları ayrıca hesaplanmaktadır.

2. Materyal Ve Metot

2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Deneysel çalışmalarda, Karadeniz Bölgesi'nde faaliyet gösteren bir çimento fabrikasının ham maddeleri kullanılmıştır. Söz konusu fabrikada kalker, metaşist ve kil taşı ile Portland Cem I 42,5 R ve Cem IV 32,5R/B çimentosu üretimleri gerçekleştirilmektedir. Çimento ham karışımlarının oluşturulması için kırıcıdan saf kalker, kalker+kil ve kalker + metaşist olmak üzere 3 farklı şekilde hammadde karışımları ile çalışılmıştır. Çalışma kapsamında farklı zamanlarda kırıcıya beslenen saf kalker, kil ve metaşist karışımlarına ilaveten kalker+kil ve kalker+metaşist beslemelerinin yaratmış olduğu rutubet kaynaklı problemler hem kırıcı bazında hem de değirmenler bazında sahip oldukları rutubetlerin etkileri incelenmiştir.

Cem IV 32,5R/B çimentosu üretiminde alçıtaşı ve puzolanik katkı malzemesi olarak tras kullanılmıştır. Gerek alçıtaşı ve gerekse tras numunelerinin bunkerlerde ve çimento değirmenlerinde rutubet kaynaklı yaratmış oldukları problemler ham maddelerin rutubet miktarları hesaplanarak incelenmiştir.

Şekil 1: Metaşist ve kil taşı numuneleri görüntüleri

Çalışmalarda kullanılan kalker, kil taşı ve metaşist numunesi, Karadeniz Bölgesinde faaliyet göstermekte olan bir çimento fabrikasına ait ham madde ocaklarından temin edilmiştir. Tras numunesi Yozagat ili Saraykent ilçesinden Alçıataşı numunesi ise Sivas ili Yıldızeli ilçesi Bedirli mevkiinde bulunan alçıtaşı ocaklarından temin edilmiştir. Numuneler ocak zonlarından konileme dörtleme yöntemi ile alınanarak, çimento fabrikası kalite kontrol laboratuvarında XRF (Atomika teknik panalytical axios modeli) metoduyla kimyasal analizi yapılmış ve deneylerde bu numuneler kullanılmıştır (Şekil 1).

2.1.1. Rutubet tayini

Takriben 25 gram rutubeti tayin edilecek malzeme etüvde 105 °C de sabit ağırlığa kadar bekletilir, tartılır (b gr), olur.

$$\% \text{ Rutubet} = \frac{25-b}{25} x100 \quad (1)$$

Malzemenin içerdiği su yüzdesi olarak ifade edilen rutubet proseste yapışma ve tıkanmalara meydan verecek kadar yüksek olmamalıdır. Ayrıca rutubetin yüksek olması, taşıma enerjisini, pişirmede yakıt tüketimini artırmaktadır.

2.2. Endüstriyel Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri

2.2.1. Konkasör ünitesi (kırıcılar)

Ocaktan çıkarılan değişik boyuttaki ham maddeler, bir adet 600 t/sa üretim kapasitesine sahip çekiçli kırıcıya beslenmektedir. Kırıcı ünitesi, darbeli çekiçli, çift rotorlu ve kovalı çelik bantlı besleyicilere sahiptir (Şekil 2). Kırıcı bunkerine 100 cm boyutundan küçük patlamış kalker malzemeleri veya büyük boyutlu patar malzemeler rahatlıkla beslenebilmektedir. Kırıcıya ham madde ocaklarından beslenilen malzemeler, darbeli çekiçler ve ızgara plakalar vasıtasıyla 100×100 mm boyutlarına kadar küçültülmektedir. Kırıcıdan çıkan malzemeyi boyutlandırmak amacı ile rotorların altında yaklaşık 100 mm açıklıklara sahip karşılıklı ızgaralar bulunmaktadır. Izgara açıklıklarından dökülen malzeme hemen kırıcı altındaki lastik toplama bandına dökülmekte ve oradan da nakil batlar vasıtasıyla ön homejene stok sahasına taşınmaktadır.

Şekil 2. Çift rotorlu çekiçli kırıcı

2.2.2. Farin değirmen ünitesi

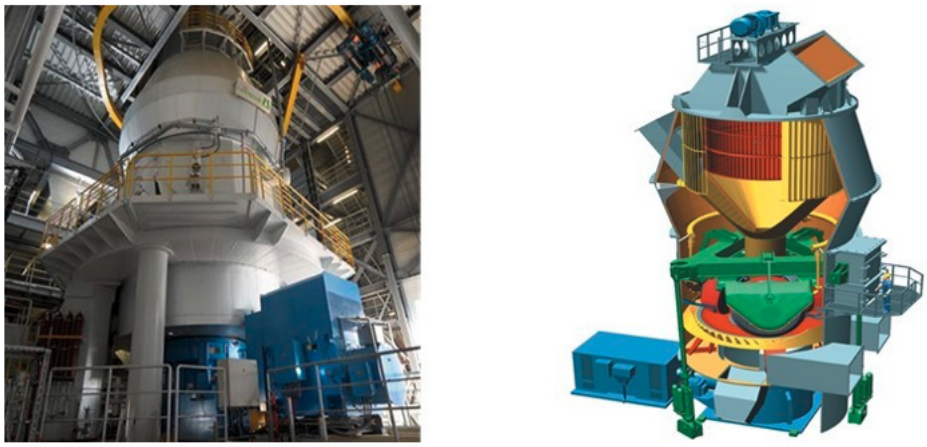
Çimento fabrikasında farin değirmeni beslemesi; kireç taşı için 60-300 ton/sa, kil beslemesi için 15-70 t/sa, demir cevheri 0,5-15 t/sa kapasiteli bant kantarları mevcuttur. Besleme kantarlarından toplama bantlarıyla değirmene gelen ham madde karışımı 320 ton/sa kapasiteli 1 adet dikey valsli değirmende öğütülür.

Döner fırınlarda optimum sürede klinker oluşturabilmek için çimento ham maddelerin kimyasal yapılarında var olan; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO ve MgO gibi oksitlerin en düşük sıcaklıkta kendi aralarında tepkimeye girmeleri gerekmektedir (klinkerleşme veya sinterleşme reaksiyonları). Klinkerleşme sürecinde farin ham maddelerinin çok ince öğütülmesi (90 µm elek üstü %10-15) ve ham madde karışımının iyi derecede homojenleştirilmesi gerekir. Aksi durumda klinkerleşme için gerekli reaksiyonları yüksek tepkime sıcaklıklarında ve uzun bir zaman diliminde gerçekleşecek (Kuleli, 2010).

Çimento üretim maliyetleri ve ekonomisi açısından bu durum şöyle açıklanabilir; Klinker üretim maliyetlerinin ve ekonomisinin daha düşük olabilmesi için homojen ham madde karışımı gerekli ve klinkerin belirli bir değere kadar ince öğütülmesi gerekir. Ham maddenin öğütülerek büyük yüzeye sahip ürün elde edilmesi, döner fırına beslenen bu üründeki bileşenler arasında meydana gelen kimyasal reaksiyonların hızlarını arttırmak için gerekmektedir (Khalil vd., 2014). Çimento teknolojisinde ham maddelerin öğütülmesinin nedeni budur. Farin öğütmede yaş ya da kuru sistem kullanılabilmesine karşın dünyadaki enerji maliyetindeki artışlar nedeniyle son yıllarda yaş öğütme hemen hemen terk edilmiştir (Korkmaz, 2017).

Çimento öğütme teknolojisinde bilyalı tüp yatay değirmenler ve valsli dik değirmenler kullanılmaktadır. Valsli dik değirmenlerdeki elektrik enerjisi tüketimi bilyalı yatay değirmenlere göre %30 daha düşüktür. Son yıllarda ham madde öğütülmesinde dikey valsli değirmenlerin kullanımı oldukça artmıştır. Çimento fabrikasında 320 t/sa kapasiteli 1 adet dikey valsli ve 2 adet bilyalı değirmen mevcuttur (Şekil 3). Ham madde öğütme ünitesinde oluşacak toz partiküllerini tutmak için, üniteye 8.200 m^3/dk. kapasiteli ve 110 ^oC sıcaklığı olan elektrofiltre konulmuştur.

Sıcaklığın 110 ^oC üzerinde olması durumunda soğutma kulesinde gaz karışımı soğutularak elektro filtreye gönderilir. Ön ısıtıcıdan sağlanan sıcak gazlar değirmenden geçirilerek ham maddenin kuruması sağlanır. Değirmende verimliliği artırmak için, yüksek performanslı separatörler kullanılmaktadır (Korkmaz, 2017).



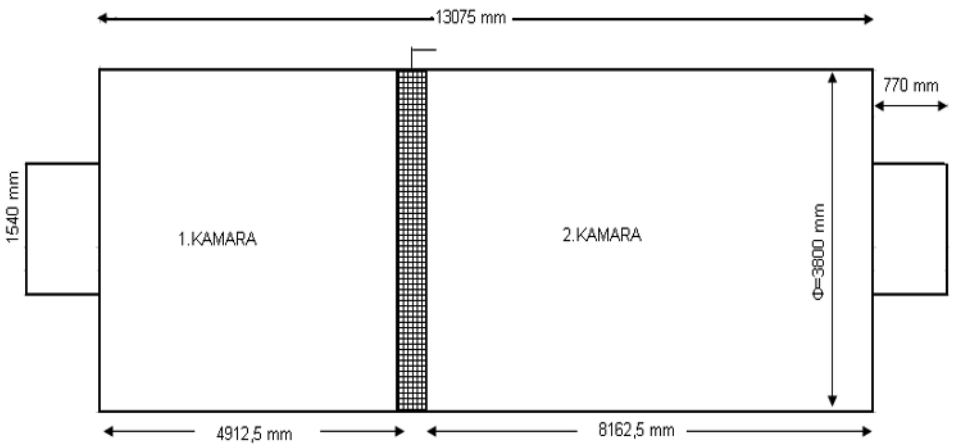
Şekil 3. Dik valsli farin değirmeni

2.2.3. Endüstriyel öğütme testlerinde kullanılan çimento değirmeni

Endüstriyel değirmenler genellikle kritik hızlarının %68-75'i arasında çalıştırılmaktadırlar ve bu sayede değirmen içerisinde özellikle iri tanelerin kırılması için gerekli darbe etkisi sağlanmış olmaktadır (Rolf, 1993). Yapılan çalışmalar sonucunda küçük bilyaların ince öğütmede büyük bilyaların ise iri öğütmede kullanılmaları gerektiği belirlenmiştir (Klimpel, 1997).

Endüstriyel ölçekli öğütme deney çalışmaları çimento fabrikası 1 ve 2 nolu bilyalı çimento değirmeninde gerçekleştirilmiştir ve değirmeninin özellikleri Şekil 4.'de verilmiştir.

Seperatör cinsi: Dinamik Seperatör; Değirmen devir hızı: 16,6 d/dk
Değirmen kapasitesi: 75 t/sa; Değirmen Ana tahrik motor gücü: 2800 kWsa



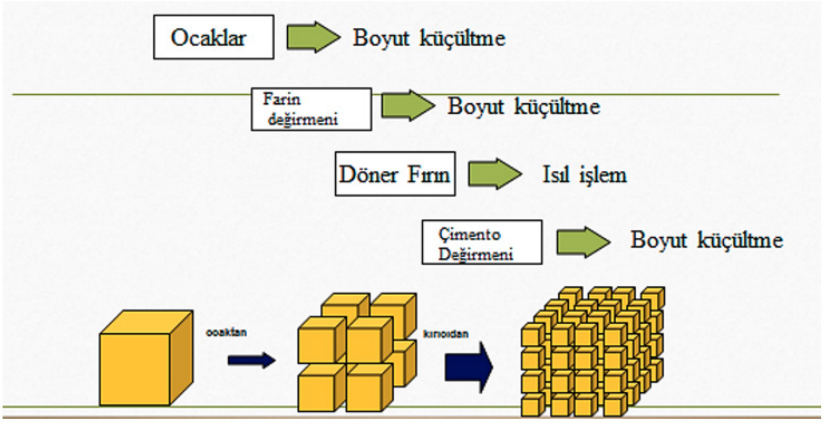
Şekil 4. Endüstriyel çimento değirmeni kesiti

Tablo 1. Endüstriyel çimento değirmeni şarj miktarları

1. KAMARA			**2. KAMARA**		
Bilya Çapı	Miktar	Oran	Bilya Çapı	Miktar	Oran
mm	Kg	%	(mm)	Kg	%
90	10000	14,29	50	9500	8,64
80	24000	34,29	40	9500	8,64
70	24000	34,29	30	12000	10,91
60	12000	17,14	25	15000	13,64
Toplam	**70.000**	**100**	20	34000	30,91
			17	30000	27,27
			Toplam	**110.000**	**100**

3. Bulgular

Çimento fabrikalarında üretim, fabrikaların teknik güçlerine göre 5 safhada gerçekleştirilmektedir. Bunlar ocaklar ve konkasör, farin (hammadde öğütme), pişirme ve öğütme safhalarıdır. Üretim safhalarında ocaktan hammaddelerin çıkartılarak prosese kazandırılması ve çimento mamul (nihai) ürün haline gelene kadar geçen süreçte karşılaşılan rutubet kaynaklı endüstriyel proses ve kalite problemleri değerlendirilerek bazı karşılaştırmalar yapılmış ve aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.



Şekil 5. Temel çimento üretim süreci

3.1. Konkasör Ünitesi (Kırıcılar)

Çimento ve klinker girdilerinin hepsinde rutubet vardır ve maliyeti artırıcı bir etkendir. Prosesin her aşamasında prosesi olumsuz yönden etkilediği için söz konusu suyun her halükarda ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu da belirli bir enerji tüketimi demektir. Çimento fabrikalarında kullanılan kırıcı rotorlarının altında sabit aralıklı ızgaralar mevcut olup ızgaraya gelen rutubetli malzemeler (özellikle kil taşı ve benzer kayaçlar) tıkanmalara ve üretim kayıplarına sebep olmaktadırlar. Çalışmanın yapıldığı çimento fabrikasında çekiçli tip kırıcı mevcut olup, kırılacak malzemenin sertliğine ve içeriğine göre çekiçlerin çabuk aşınmasına ilave olarak malzemenin aşırı rutubetinden dolayı ızgaraların tıkanması ve rutubetli malzemenin rotorlara sarması gibi sorunlarla sıklıkla karşılaşılmaktadır. Kil malzemesinin rutubetinin yüksek olması bu ızgaraları ve kırıcı besleme şutu ve besleme bantlarını sararak haftada birkaç kez blokaja ve üretim kayıplarına neden olmaktadır. Kil malzemesine alternatif olarak düşük rutubet içeriğine sahip metaşist malzemesi sayesinde kırıcılarda sadece çok yoğun yağış şartlarında yıl içerisinde az sayıda kırıcı sarma problemi ile karşılaşılmıştır. Ocaklardan kırıcıya kalker, metaşist ve kiltaşı beslemesi esnasında duruş sayıları aşağıda tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Çimento ham madddeleri rutubet kaynaklı duruş miktarları

Ham madde Türü	Nisan	Mayıs	Temmuz	Eylül	Kasım	Aralık
	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet
Kil taşı	9	2	-	-	5	7
Metaşist	2	-	-	-	2	1
Kalker	2	-	-	-	-	1

Şekil 6. Kırıcıya yüksek rutubetli malzeme beslenmesi sonucu ortaya çıkan problemler

Çalışma kapsamında ham madde karışım oranına göre hazırlanan kalker, kil taşı ve metaşist birlikte ve ayrı olmak üzere farklı biçimlerde kırıcıya beslenmektedir. Beslenen malzemeler kırıldıktan sonra ön homojene ünitesinde şekil 7'de görüldüğü gibi harmanlanarak yığınlar halinde stoklanmaktadır.

Şekil 7. Kırıcıya malzeme beslemesi sonucu oluşturulan yığınlar

Şekil 8. Farin ham madde bunkerleri

Ön homojene stok sahasında hazırlanan yığınlar farin değirmenine beslenilmeden önce farin bunkerlerine sevk edilmektedir. Yüksek rutubet içeriğine sahip olduğu taktirde kil yada demir cevheri farin bunkerlerinden akma zorluğu yaşatmakta ve özellikle kış aylarında donarak bunker cidarlarına yapışmaktadır. Hazırlanan karışım reçetesine göre malzeme kompozisyonu oluşturulmak istense de hammaddelerin akışlarında yaşanan problemler nedeniyle düzenli bir malzeme beslemesi yapılamamaktadır. Bunker çevresine malzemenin akışının sağlanabilmesi için patlaç denilen ekipmanlar konulsa da malzemenin sürekli akışı yerine ara ara kesikli olarak malzemenin sevkiyatını sağlamaktadır. Bu da oluşturulmak istenen farin malzemesinin kimyasal kompozisyonunu, homojenliğini olumsuz etkilemektedir. Farin silolarında her ne kadar farin homojene edilmek istense de fırına düzensiz kalite de mal girişi olacağından klinkerin pişirilmesi için gerekli olan yakıt tüketiminin artmasına neden olacaktır. Farin rutubeti ne kadar düşük olursa, homojene olma özelliği artacağından dolayı pişme daha kolay gerçekleşecek ve yakıt tüketimi de düşecektir. Çimento üretiminde farin rutubeti %1'in altında olması istenmektedir. Farin rutubetinin yüksek olması, farinin akışkanlığını zorlaştıracak, rutubeti oluşturan suyun buharlaştırılmasında ekstra yakıt kullanılacak ve bu suyun taşınmasında fazladan enerji tüketileceğinden üretim maliyeti artacaktır. Farinin oluşturan ana ham maddelerden kil taşı, özellikle kış aylarında metaşist mineraline göre % 4-5 daha fazla rutubet içermektedir. Kil taşı mineralinin içerdiği su yüzdesi olarak ifade edilen rutubet, proseste yapışma ve tıkanmalara yol açacak kadar yüksektir. Ayrıca kil taşı mineralinin rutubetinin yüksek olması, üretim enerji maliyetini ve pişirmede yakıt tüketimini arttırmaktadır. Ham maddeleri 6 aylık rutubet oranları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Ham madde rutubet miktarları

Ham madde Türü	Nisan	Mayıs	Temmuz	Eylül	Kasım	Aralık
	%	%	%	%	%	%
Kil taşı	11,7	6,5	3,2	5,5	8,4	8,4
Metaşist	3,4	4,4	3	3,5	4,7	4,7
Kalker	1,4	0,5	0,2	0,7	1,2	1,2
Demir Cevheri	12,5	5,5	1,2	0,8	8,6	9,40

Rutubeti yüksek hammadddelerle çalışılması işletme verimliliğini yüksek derecede düşürdüğü gibi işletme maliyetlerini de yüksek oranlarda arttırmaktadırlar. Üretim kademelerinde meydana getirdikeri sarma, blokaj bazı zamanlarda motor yanmalarına kadar gitmekte, üretimde zaman kaybına neden olduğu gibi bir de ekipman bakım ve yeni yatırım maliyet kalemlerinin de artmasına sebep olmaktadır. Çalışmanın yapıldığı çimento fabrikasında rutubeti yüksek olan kil taşı minerali yerine düşük rutubet içeriğine sahip metaşist mineralinin kullanılmaya başlanması ile malzeme sarması, üretim duruş kaynaklı zaman kaybı, blokaj v.s gibi sorunlarla çok daha az karşılaşılmış olup rutubet kaynaklı üretim maliyetlerinde yaklaşık %60 azalma görülmüştür.

Çimento fabrikalarında kırma esnasında oluşan toz partiküllerini tutmak için pulvarize sistemler kurulmaktadır. Pulvarize sistemin amacı ocak kamyonlarından kırıcı bunkerine malzeme boşaltılması esnasında ve beslenen malzemenin kırılması esnasında ince toz partiküllerin yoğunluğunu suyla arttırarak toz oluşumunun engellenmesidir. Fakat bu sistemde toz partiküllerinin fazla su ile temas edildiği taktirde kırıcıda ıslak malzemenin cidarlara sarmasına ve yapışmasına neden olarak istemsiz kırıcı duruşlarına sebep olmaktadır (Kuleli, 2012). Yine kırıcıya rutubetli kalker ya da kil taşı beslendiğinde benzer problemlerle karşılaşılmaktadır.

3.2. Farin Değirmeni

Genellikle kuru üretim sürecinde, çimento hammaddelerinin nem içeriği öğütmeden önce kurutmayı gerektirir. Kireçtaşının nem içeriği yaklaşık % 8'e kadar, marnınki %15 ‘e kadar ve kil, % 20'ye kadar nem içeriğine sahiptir; yaş granüle edilmiş yüksek fırın cürufu %35 ‘e kadar nem içermektedir. Kömür ayrıca genellikle kurutmayı gerektirmektedir. Çimento hammaddelerinin içerdiği nem şu şekilde görünebilir:

1. Serbest nem, yani malzeme parçacıklarının yüzeyinde görünen su.
2. Kılcal su, örneğin malzeme parçacıklarının doku boşluklarını dolduran su.
3. Adsorpsiyon-nem, malzemenin yüzeyinde emilen su (cement equipment, 2020).

Kaolinitte olduğu gibi kil minerallerinde görünen kimyasal olarak bağlı su, nem olarak tanımlanmaz. Bu suyun uzaklaştırılması, belirli mineralin yapısında bir değişikliğe neden olmaktadır. Bu belirli nem türlerinin her biri, kurutma için belirli bir ısı tüketimi ve farklı bir kurutma süresi gerektirir; bu her durumda kurutma testleri ile belirlenmelidir.

Farin değirmenini optimize etmek için hammadde seçimi ve kimyasal ve fiziksel özelliklerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Malzemelerin kalite açısından; farin değirmenlerinin performansı öncelikle şunlara bağlıdır:

A) hammadde boyutu
B) hammadde rutubeti
C) hammadde sertliği / öğütülebilirlik
D) farin modülleri ayarı (LSF, SM ve ALM) / hammaddelerin kimyasal parametreleri (Nohman, 2020).

Bilyalı değirmen, % 12'ye (maksimum) kadar giriş rutubet seviyesini barındırabilmekte; dikey valsli değirmen ise maksimum % 20' ye kadar rutubet seviyesini barındırabilmektedir. Farin değirmenlerindeki aşırı yüksek nem seviyesi değirmen verimini düşürse de, yatağı stabilize

etmek ve dikey valsli değirmen durumunda titreşimleri önlemek için yine de belirli bir miktar neme ihtiyaç duyulmaktadır (Mahmud, 2020). Hammaddeler en yüksek rutubete bahar aylarında sahip olmaktadırlar. Farin değirmenine beslenmek istenen bir hammadde kompozisyonunun değirmen giriş rutubet oranını hesaplayacak olursak;

Farin reçetemiz;

% 74 kalker, % 24 kil ve % 2 demir cevheri olsun. Hammaddelerin sahip oldukları nisan ayı rutubet oranları ile hammaddelerin karışım oranlarını çarparsak;

%74 kalker x%1,4 rutubet + 24 kil x %11,7 rutubet + %2 demir cevheri x %12,5 rutubet

Farin değirmeni giriş rutubeti = % 4,10.

Kil yerine rutubeti daha düşük metaşist hammaddesi ile değirmen giriş rutubetini hesap edecek olursak,

Reçetemiz % 74 kalker, % 24 metaşist ve % 2 demir cevheri olsun. Hammaddelerin sahip oldukları rutubet oranları ile hammaddelerin karışım oranlarını çarparsak;

%74 kalker x%1,4 rutubet + 24 metaşist x % 3,4 rutubet + %2 demir cevheri x %12,5 rutubet

Farin değirmeni giriş rutubeti = % 2,10

Dolayısıyla değirmene ne kadar düşük rutubetli hammaddeler seçilirse değirmen giriş rutubeti o kadar düşük olacaktır. Dolayısıyla farin değirmenine giren malzemenin kurutulması için gerekli sıcaklık daha düşük olacak ve daha az enerji harcanacaktır.

Değirmen giriş rutubetinin yüksek olması sadece enerji maliyetini arttıran ve kaliteyi düşüren bir unsur değildir. Değirmene beslenen malzemenin rutubetinin yüksek olması demek bunkerlerden yüksek rutubetli malzeme sevkiyatı demektir. Yani bunkerlerde yüksek rutubet nedeniyle malzemenin yapışması ve akmaması değirmene istenilen kompozisyonda malın beslenemeyeceği anlamına gelmektedir. Buda değirmende istenildiği kadar malzeme üretilmiş olunursa olunsun kaliteli ve istikrarlı bir farin ürünü elde edilemeyeceği demektir. Bunun yanısıra farin değirmenlerinde en çok karşılaşılan problemlerden biri de yaş malzemeye bağlı olarak besleme hücre tekeri, helezon yâda elavatör geçişlerinde tıkanma problemlerinin ortaya çıkmasıdır. Bu tür problemler kalitenin bozulması ile kalmayıp saatlerce üretimin durmasına hatta değirmen blokajlarına kadar gitmektedir.

Şekil 9. Yüksek rutubetli malzeme beslenilmesi sonucu silo ve klapelerin bloke olması

Hammaddelerin giriş nemi, klinker pişirme prosesinden çıkan sıcak gazlar kullanılarak kurutulmaktadır; bu nedenle, ham maddelerdeki nem seviyesi, Atık ısı geri kazanımlı enerji santralinin tasarlanmasının yanı sıra, pyroproses aşamalarının (5./6. aşama) sayısının tasarlanmasında normal olarak sınırlayıcı bir noktadır; ayrıca fırının ısıl verimi ile de ilgilidir. Bazı tesisler ayrıca özel sıcak gaz üreten ekipmanlar (brülör vb.) kullanmakta (ek üretim maliyetine rağmen); özellikle fırın kapalıyken ve üretim hedeflerine ulaşılması gerektiğinde kullanılmaktadır. Ayrıca, ana tahrikten üretilen ısı, ham madde neminin azaltılmasına da yardımcı olmaktadır.

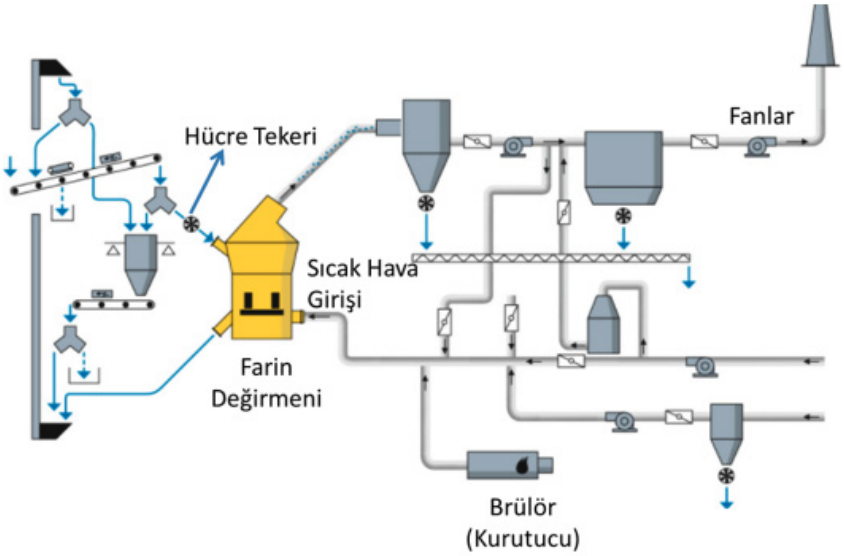
Farin öğütmede genellikle yüksek öğütme kapasitesine sahip valsli dik değirmenler tercih edilmektedir. Valsli değirmenler, kötü valsli tabla durumu, yanlış set halkası yüksekliği veya kötü su enjeksiyonu nedeniyle, hepsi dengesiz öğütme yatağına yol açan titreşime eğilimlidir. Yatak kararsızlığının önemli bir nedeni, genellikle doğrudan yatağa su püskürtülerek hafifletilebilen ince, kuru değirmen beslemesidir. Çiğ farin hedef neminin normalde % 0,25 - 1,0 arasında tutulmasının nedeni budur; ayrıca, maksimum çiğ farin nemi, yani <% 1,0, ham farinin akışkanlığını sağlamak için tutulmaktadır.

Normalde, yeni bir çimento fabrikası tasarlarken daha yüksek nemli hammaddelerin işlenmesi için, bir sıcak gaz jeneratörünün kullanılmasını önlemek için gaz devresi tasarımı optimize edilmektedir. Kanıtlanmış teknikler, soğutucu egzoz gazlarının ham öğütme devresine yönlendirilmesini ve bu ön ısıtıcı çıkış gazı sıcaklığını artırmak için bazı hammaddelerin siklon aşamalarından birini atlamasına izin vermeyi içermektedir.

% 2 ila 3 nem oranına sahip kuru malzemeler, ısıl verimi 730 ila 700 Kcal / Kg Klinker olan 5 veya 6 aşamalı siklon ön kireçleme fırını kullanırken, % 17 ham besleme nemine sahip aşırı ıslak malzemeler yalnızca 3 siklon aşaması ve 850 ila 890 Kcal / Kg klinker; bu nedenle, ön ısıtıcı aşamalarının tasarımı, sayısı ve sonuçta ortaya çıkan ön işlemenin termal verimliliği, ağırlıklı olarak ham maddelerdeki nem seviyesine bağlıdır. Hammaddelerdeki nem seviyesi çok yüksek olduğunda; genellikle daha yüksek kapasiteli bir farin değirmeni fanı ve büyük bir ayırıcı / sınıflandırıcı gerekmektedir.

Son zamanlardaki farin değirmeni tasarımlarının gözden geçirilmesi, maksimum tasarım hammadde neminin % 4'ten % 17'ye çıkarılmasının, kurulu fan kapasitesinin iki katına çıkmasına neden olacağını göstermektedir. Ayırıcı boyutu, ayırıcı kafesi boyunca yaklaşık 4 m/s civarında tipik bir gaz hızı değerine uymak için artmalıdır.

Yüksek basınçlı merdaneleri değirmenlerin tek başına (bilyalı değirmen olmaksızın) kullanılması son öğütme olarak tanımlanmaktadır. Özetle değişik uygulamaları var olan yüksek basınçlı merdaneleri değirmenlerin, yüksek kapasite ve daha düşük enerji tüketimi gibi avantajlarının yanında merdanelerin aşınma problemleri, öğütülen malzemenin tane büyüklüğü, rutubeti ve sıcaklığı gibi sınırlamalar dezavantajları olarak tanımlanabilmektedir.



Şekil 10. Farin Değirmeni sıcak gaz prosesi

Herhangi bir farin değirmeni, özellikle dikey valsli değirmeni optimize ederken, değirmen ayırıcısı ve fandan yeterli gaz akışının olduğundan emin olmanın, değirmen öğütme verimliliğini optimize etmek için eşit derecede önemli olabileceği kabul edilmelidir. Mevcut en iyi bilyalı değirmeni veya dikey valsli değirmeni öğütme ünitesi kurabilir, ancak iyi boyutlandırılmış ve verimli bir ayırıcı ve bununla birlikte gelen bir fana sahip olunamazsa asla optimum sistem verimliliğini elde edilemez.

3.3. Çimento Değirmenleri

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda hammaddelerin öğütme işlemlerinin kurutma sistemleri ile entegre edilmiş hibrit değirmenlerde gerçekleştirilmesi boyut küçültme işlemleri için harcanan enerjinin diğer kurutmasız değirmen sistemlerinden daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca rutubeti yüksek klinkerin öğütülmesi sırasında, nem içeriği öğütme verimini olumsuz yönde etkilediği yapılan bilimsel ve pratik çalışmalar sonucu bilinmektedir.

Çimento üretiminde puzolanik çimento üretimi için genellikle tras malzemesi kullanılmaktadır.. Cem IV/B 32,5 R puzolanik çimentosu üretmek için %36-55 arasında tras gibi puzolanik malzeme kullanımına standartlar izin vermektedir. Tras özellikle kış aylarında yüksek rutubete sahiptir bu nedenle yüksek nem trasların belli bir katkı oranına kadar kullanımına olanak tanır. Bunun en büyük nedeni özellikle kış ve bahar aylarında yüksek rutubet nedeniyle tras malzemesinin bunkerlere sarması ve akışta yarrattığı güçlükler, havalı bantlarda akışlarda yarattığı problemler ve özellikle de değirmen bilya ve plakalarında yapışma yaparak değirmen üretimlerini bloke ederek uzun duruşlara neden olmasıdır. Yüksek rutubet değirmen sıcaklığını düşürerek değirmen hava akışını ve malzeme sirkülasyonunu azaltmaktadır. Bu nedenle değirmen sıcaklığını arttırmak ve hava akışını sağlamak için yüksek sıcaklıklar (genellikle klinker soğutma ünitesinden hava hattı çekilir) yada değirmen öncesi kurutucu sistemler kurmak gerekir ki buda maliyetli bir iştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği çimento fabrikasının kullandığı çimento katkı malzemelerin rutubet miktarları tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Çimento katkı malzemeleri rutubet miktarları

Ham madde Türü	Nisan	Mayıs	Temmuz	Eylül	Kasım	Aralık
	%	%	%	%	%	%
Alçı taşı	4,1	1,0	0,5	0,8	3,4	3,7
Trans	8,2	1,80	1,50	1,60	6,7	6,5
Klinker	0,25	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

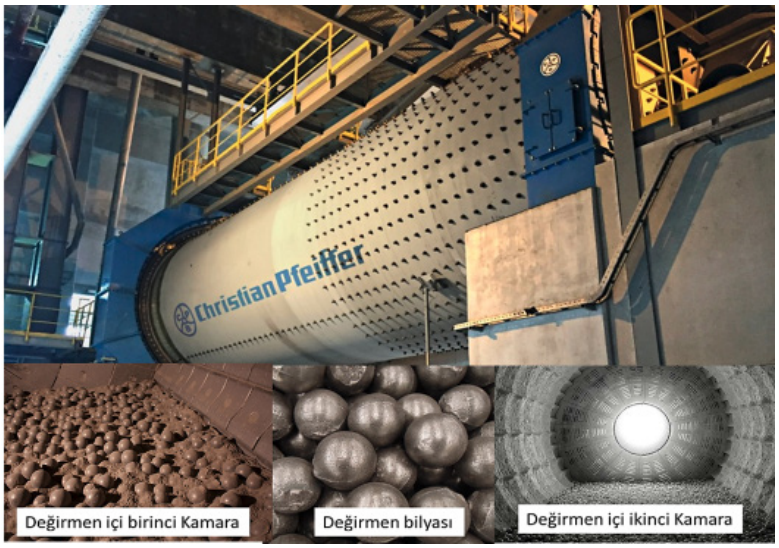
Çimento değirmeni ürün reçetesine göre değirmen giriş rutubetini hesap edecek olursak; % 59 klinker, % 36 tras ve % 5 alçı taşı olsun. Hammaddelerin sahip oldukları rutubet oranları ile hammaddelerin karışım oranlarını çarparsak;

%59 klinker x % 0,28 rutubet + %36 tras x % 8,2 rutubet + %5 alçıtaşı x %4,1 rutubet
Çimento değirmeni giriş rutubeti = % 3,31.

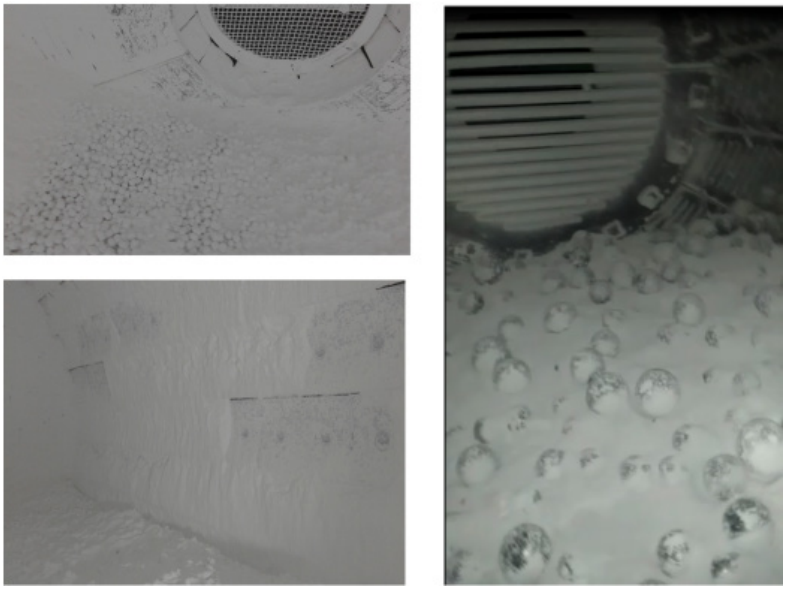
Fakat standartların izin verdiği ölçüde maksimum tras beslenmiş olsaydı;
%40 klinker x % 0,28 rutubet + %55 tras x % 8,2 rutubet + %5 alçıtaşı x % 4,1 rutubet
Çimento değirmeni giriş rutubet oranı= % 4,78 fakat yüksek rutubet nedeniyle bu orana çıkılamamaktadır.

Ayrıca % 8,5 tras rutubetinde % 20 tras oranında Cem IV/B 32,5 R puzolanik çimento üretimi saatte 80 ton iken %36 tras kullanımında üretim kapasitesi saatte 65 tona düşmüştür. Burada yüksek rutubet içeriğine sahip tras oranını % 16 kullanım oranının artması ile %18,75 üretim kapasitesi azalmıştır.

Su, öğütme verimini etkileyen ana faktördür. Bilyalı değirmenlerde malzemenin kurutulması amaçlandığı gibi çıkan ürünün, özellikle öğütülen çimento ise, çıkış sıcaklığının denetimi de çok önemlidir. Klinkere katılan alçının bozulmaması için değirmen çıkış sıcaklığı 100 ^{o}C' nin altında tutulmalıdır. Bazı çimento üreticileri öğütme sıcaklığını düşürmek ve öğütme kapasitesini arttırmak için, malzemeye öğütme bandından yâda değirmen çıkış diyaframımdan su püskürtmektedirler. Öğütme verimliliği için su ne kadar düşük olursa, kuru çimento değirmeni üretiminde teorik olarak malzeme suyu ihtiyacı ne kadar düşükse öğütme verimi o kadar iyi olmaktadır. Öğütmeyi olumsuz etkileyen malzeme nemini azaltmak için alınabilecek bir takım önlemler vardır. Bunlardan birincisi; malzeme ile birlikte, onun akışı ile birlikte eş yönde, değirmene sıcak gaz verilmesi, B) Nemli malzemeye bir miktar kuru ve ince malzeme eklenmesi gibi. Değirmen içerisindeki malzemenin nemini azaltmak, yöntem olarak, malzemenin kurumasını arttırmak, değirmene giren sıcak havayı iyileştirmek ve kuruma kapasitesini arttırmak seçenek olarak düşünülebilir. Kaldı ki, değirmen içerisindeki hava sıcaklığını 10 °C arttırmak, öğütme verimliliğini etkili bir şekilde % 1 oranında arttırmaktadır. Sıcak havayla kurutmanın nem gereksinimleri arttıkça değirmen besleme kapasitesi de artmaktadır.



Şekil 11. Endüstriyel tip bilyalı çimento değirmeni



Şekil 12. Yüksek rutubetli malzemelerin değirmen içerisindeki sarma ve yapışma görüntüleri

Hammadde belirli bir su oranına ulaştığında, malzemenin kolayca öğütülmesi ve üretim kapasitesinin istikrarının korunması için, gerek fabrika bünyesinde ve gerekse tedarikçiler tarafından temin edilen hammaddelerin orijinal nem içerikleri kontrol edilmelidir. İşletmelerin üretimlerini daha iyi yönlendirebilmeleri için malzeme stok durumunu (hammadde, farin ve klinker), iklim değişikliğini ve üretim ve hava koşullarını, üretim parametrelerini günlük olarak takip etmelidirler. Özellikle malzemenin kapsamlı nem içeriği yüksekse, gerek fırın kapasitesi gerekse değirmenlerin üretimleri düşecektir.

Orta deşarjlı bir kurutma değirmenini örnek alırsak, değirmenin kapsamlı nem içeriği % 2'nin üzerine çıktığında, silolarda tıkanma, bilyaların yapışması ve değirmende yetersiz havalandırma meydana gelecektir. Malzemenin öğütme sıcaklığına yükseltilmesi için kurutma odasında nemin buharlaşmasının olabildiğince artırması, son sıcaklığın çok yüksek olması, çok fazla su, öğütülen malzemenin ince bir toz halinde bilayalara ve astar yüzeylere yapışmasını sağlayacak ve burada bir "yastık tabakası" oluşturacaktır. Böylece öğütme ortamının malzemeyi öğütme performansı azalacak, aşındırıcılık artarak bilya ve levhaların aşınması hız

kazanacak, değirmen üretim verimi düşecektir. Belli bir sıcaklık altında nemli bir malzemenin değirmen içerisindeki davranışları tablo 5 ‘de verilmiştir.

Tablo 5. Çimentonun sıcaklık ile nem arasındaki davranışları (Rotary kiln factory, 2020).

Sıcaklık	Nem İçerik	Hammadde Yapışma Miktarı	Çimento Yapışma
100	1	-	85
100	2	97,5	95,5
100	3,3	114	126,5
100	4,6	117	136
100	6	117,5	-

Çimentonun nemden korunması ve depolanması, beton mukavemeti ve diğer özelliklerini olumlu veya olumsuz yönde etkiler. Çimento, havanın rutubetini alarak topaklanabilir. Topakların parmakla kolaylıkla ezilebilmesi, katılaşma, sertleşme ve dayanım kazanmasının bu topaklanmadan etkilenmeyeceğini gösterir. Sert topaklar bozulmanın azami belirtisidir. Bu nedenle çimentonun depolanmasında, su ile temasından veya rutubetli havada kalmamasına özen gösterilmelidir.

Torba halinde depolanıyor ise ahşap ızgara üzerinde 10 sıradan fazla olmamasına ve sıralar ile duvar arasında 5-10 cm boşluk kalmasına, sıraların birbiri arasında hiç boşluk kalmayacak şekilde depo edilmesine özen göstermelidir. Çimento üzeri rutubet ve hava geçirmeyen örtülerle örtülmelidir. Örtü, ızgara altına kadar kıvrılmalı ve üzerinde suyun göllenmesine engel olunmalıdır. Çimentoların torbalı halde depolama süresinin en fazla 2 ay olması önerilmektedir. Uzun süre bekleyen Portland çimentoları mukavemetinden kaybetmeye başlar (Rotary kiln factory, 2020).

4. Sonuç

Çimento hammaddeleri belli bir rutubete sahiptir. Özellikle kil taşı ve trasın rutubet miktarları kış aylarında hayli fazladır. Artan rutubet miktarı ile birlikte kil taşı kırıcılarda çelik bant paletlerine ve ızgaralara sararak nisan ayında toplam 32 saat kırıcı ünitesinin duruşuna sebep olmuştur ki buda yaklaşık 1,5 güne tekabül etmektedir. Kil taşına göre daha düşük rutubet içeriğine sahip metaşist malzemesinin beslenmesi ile nisan ayında kırıcılarda toplam 5 saatlik bir duruş yaşanmıştır. Her iki malzeme birbirleri ile kıyaslanacak olursa düşük rutubetli bir malzeme ile çalışmanın üretimin sürekliliği bakımından ne kadar önemli olduğu aşikardır.

Kiltaşının ve demir cevherinin farin bunkerlerine saf beslenilmesi ile birlikte özellikle aralık, ocak ve şubat aylarında gece -28 ^{o}C’ de soğukta donduğu ve bunker cidarlarına yapıştığı görülmüştür. Bu nedenle farin beslemelerinde problemler yaşanarak kesikli üretim gerçekleştirilmiştir. Yine aynı zamanda kiltaşı ve demir cevherinin içerdiği yüksek rutubet nedeniyle farin değirmeni hücre tekerine malzeme pres yaparak üretim akışını durdurmuştur. Tüm bu dar boğazlar kil taşları ve demir cevherleri önce kapalı stokta belli bir süre bekletilip rutubeti düşürülmüş ve daha sonra kuru kalker malzemesi ile karıştırılarak farin bunkerlerine beslenilerek aşılmıştır. Bunker çevresine patlaç denilen hava şok ekipmanları kurulsa da her ne şartta olursa olsun rutubetin düşürülmesi gerektiği aksi taktirde patlaçların da verimli görev yapmadığı görülmüştür.

Farin değirmenine her ne kadar klinker soğutma hattından yada ön ısıtıcıdan kurutma amaçlı sıcak gaz verilse de yüksek rutubetli ham madde komposizyonunun beslenmesi farin değirmeni üretimini 320t/h'den 290t/h'lere kadar düşürdüğü ve değirmen sıcak gaz derecesini düşürerek değirmen verimini olumsuz etkilediği görülmüştür.

Çimento değirmenlerinde maliyeti düşürmek amaçlı katkı malzemesi olarak tras kullanılarak Cem IV/B 32,5 R çimentosu üretilmektedir. Standartlar % 55'e kadar tras kullanımına izin vermiş olsa dahi gerek endüstriyel çalışmanın yapıldığı fabrikada gerekse ülkemizdeki diğer çimento fabrikalarında saf olarak en fazla %35'lere kadar tras beslenebilmektedir. Bunun en büyük nedeni kış aylarında yüksek rutubete sahip olan trasın değirmen çıkış sıcaklığını düşürerek gerek değirmen plakalarına gerek bilyalara gerek havalı bantlarda gerekse torbalı filtrelerde yapışarak üretimi olumsuz etkilemesidir. Bu nedenle katkı malzemesi olarak tras kullanarak üretim maliyeti düşürülmek istenirken diğer taraftan 80t/h çalışan bir değirmenin üretim kapasitesi olumsuz değirmen şartları nedeniyle 65 t/h hatta 60t/h'lere kadar düşmektedir.

Tüm bu problemler için en iyi çözüm ocaktan malzeme istihraç edilirken nem kontrolü çok iyi yapılmalıdır. Kapalı stok sahaları yapılarak rutubetli malzeme buralarda bir süreliğine kurumaya bırakılmalı prosese olabildiğince kuru malzeme beslenilmelidir. Bunkerler izole edilmeli ve gerekirse sıcak hava kanalları ile sarılmalıdır. Değirmenlerde yapılacak üretimler için gerek sisteme ait sıcak gazlardan gerek tali sıcak hava ocaklarından maksimum düzeyde yararlanılmalıdır. Özellikle son zamanlarda gelişen hızlı kurutucu sistemler ham maddelerin rutubetlerinin düşürülmesinde iyi bir alternatif olarak görünmektedir.

Kaynaklar

Altun, S., 1999, Çimento üretim teknolojisi, Bitirme projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi

Cement equipment, 2020, https://www.cementequipment.org/home/drying-raw-materials/ (Erişim Tarihi: 01.12.2020.

Kavas, T., 1997, Seydişehir Kırmızı Çamuru ve Kırka Bor Atıkları Kullanılarak Kaliteli Yapı Malzemesi Üretim İmkânlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, A.K.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

Kaya, G., 2010, Farklı Konsantrasyonlarda Uçucu Kül Kullanımının Çimento Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek lisans tezi, Gazi Osman Paşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Khalil, N.M., Hassan, E. M., Shakdofa, M.M.E., ve Farahat, M., 2014, Portland çimentosu için katkı maddesi olarak uçucu kömür küllerinin yanı sıra arpa ve pirinç kabuğunun büyük atık miktarlarından yararlanılması. Endüstri ve Mühendislik Kimyası Dergisi, 20 (5), 2998-3008.

Klimpel, R.R., 1997, Introduction to the principles of size reduction of particles by mechanical means, Engineering research center at the university of Florida, 1–41.

Korkmaz, A., 2017, Çimento Üretiminde Kil Ham Maddesine Alternatif Olarak Metaşistin Kullanılabilirliği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kuleli, Ö., 2010, Çimento Mühendisliği el kitabı, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara.

Mahmud, N., 2020, https://www.linkedin.com/pulse/optimizing-raw-mills-performance-materials-way-nohman-mahmud/ (Erişim Tarihi: 11.11.2020)

Rolf L., 1993, Motional and Stressing Phenomena in Ball Mills.
Rotary kiln factory, 2020, http://www.rotarykilnfactory.com/how-does-moisture-in-cement-clinker-influence-cement-manufacture/ (Erişim tarihi: 15.11.2020).

MT Bilimsel
Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Makale Yazım Kuralları

1.Dergi Hakkında

MT Bilimsel, Türkiye'nin ilk ve tek madencilik ve yer bilimleri dergisi olan Madencilik Türkiye Dergisi'nin yayıncı şirketi MAYEB Madencilik ve Yerbilimleri Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti. tarafından çıkarılmaktadır.

MT Bilimsel'de yayınlanması için hazırlanan makaleler daha önce yayınlanmamış özgün yazı, derleme yazı, teknik notlar ve tartışma yazıları niteliğinde olmalıdır. Yazının MT Bilimsel'e gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığının kabulü anlamına gelmektedir.

Maden, petrol, doğal gaz, jeotermal gibi her türlü yer altı kaynakları konusunda ve alt dallarında; ilk kez yazarı tarafından açıklanan teorik ve pratik çalışmaları içeren yazılar **özgün yazı,** daha önce yapılmış çalışmaları eleştirel bir yaklaşımla derleyip o konuda yeni bir görüş ortaya koyan yazılar **derleme yazısı,** devam eden bir çalışmanın ön notları, önceden yapılmış bir çalışmanın uzantısı, sınırlı bir çalışmanın tam anlatımı, özel bir uygulamanın ya da uygulanan deneysel bir işlemin tanıtımı şeklinde çalışılan bilimsel içerikli yazılar **teknik not,** dergide daha önce yayımlanan yazılara okurlardan gelen eleştiriler, katkılar ve bu eleştirilere yazar tarafından verilen yanıtları içeren yazılar da **tartışma yazısı** olarak adlandırılır.

2.Yazıların Telif Hakları

MT Bilimsel'de yayınlanan makalelerin telif hakları MAYEB'e aittir. Yazının yayına kabulünün ardından Yayın İdare Merkezi (YİM) tarafından sorumlu yazara elektronik ortamda "telif hakkı devir sözleşmesi" gönderilir. Bu sözleşme ile dergide yayınlanan yazılar, yazarları adına koruma altına alınmış olur ve başka bir yayın organında yayınlanamaz. Telif hakkının devredildiğine ilişkin bu belgenin imzalanarak YİM'e gönderilmesiyle makale yayın için hazırlanır. Sözleşme YİM'e ulaşmadan, makale kabul edilmiş olsa bile dergide yayınlanmaz.

3.Yazıların Hazırlanması

MT Bilimsel Türkçe ve İngilizce yayınları kabul etmektedir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı, özeti, çizelge ve şekillerin açıklamaları editörlükçe Türkçe'ye çevrilir.

Makalelerin MS Word formatında ve aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanması gerekmektedir.

3.1 Makale Bölüm Sıralaması

Makaleler aşağıdaki başlık sıralamasına uygun bir biçimde hazırlanmalıdır.

Özet
Abstract
Giriş
Ana Başlık
Alt Başlıklar

Sonuçlar ve Tartışma
Katkı Belirtme ve Teşekkür
Referanslar

3.1.2 Başlık

Yazının başlığı, olabildiğince kısa ve çalışmanın içeriğini net bir şekilde yansıtmalıdır. Başlığın mutlaka İngilizcesi de bulunmalıdır. Türkçe başlık 14 punto, koyu (bold), satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde; İngilizce başlık ise 11 punto, italik, satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde yazılmalıdır. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise yukarıda belirtilenlerin tersi uygulanmalıdır.

3.1.2 Yazarlar

Yazarların ad - soyadları açıkça ve yalnızca ilk harfler büyük olacak şekilde yazılmalı, çalışılan kuruluş isimleri, yazar soyadının sonuna konulacak bir numara ile bir alt satırda italik olarak belirtilmelidir. Birden fazla yazar bulunan makalelerde "Sorumlu Yazar" soyadının sonuna konulacak " * " işareti ile belirtilmelidir. Yazarların elektronik posta adresleri de italik olarak belirtilmelidir.

Sorumlu Yazar: Birden fazla yazara sahip makalelerde YİM ile iletişimde kalacak kişidir. Özellikle belirtilmediyse, yayına kabul aşamasında yazışmalar hangi yazar ile gerçekleştirildiyse, o kişi sorumlu yazar olarak kabul edilir. Sorumlu yazarın telefon, faks elektronik posta adresi ve posta adresi YİM'e bildirilmelidir. İletişim bilgilerinin, sorumlu yazar tarafından güncel tutulması gerekir.

Bu bölümdeki tüm karakterler 11 punto büyüklüğünde, tek satır arası bırakılarak hazırlanmalıdır. Yalnızca belirteçler üslü olarak yazılmalıdır. Örnek yazar adı yazımı aşağıdaki şekildedir:

C. Okay Aksoy[1]*, Bülent Kaypak[2]

[1]Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, İzmir
[2]Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Ankara
** Sorumlu Yazar: okay.aksoy@deu.edu.tr*

3.1.3 Özet, Abstract ve Anahtar Kelimeler

Özet ve Abstract bölümünün toplamı 400 kelimeyi geçmemelidir. Özet, araştırmanın amacını ve başlıca sonuçları belirtmelidir. Özette kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Ayrıca, standart olmayan ya da seyrek kısaltmalardan kaçınılmalıdır. Kısaltma kullanılması zorunlu ise özetin içinde tanımlanası gerekir.

Türkçe hazırlanmış yazılarda "Özet"ten sonra "Abstract (İngilizce Özet)" yer almalıdır. Abstract italik olmalıdır. İngilizce makalelerde Abstract önce, italik yazılmış Türkçe Özet sonra yer almalıdır.

Anahtar kelimeler/Key words, özetin ve abstract'ın ayrı ayrı hemen altında yer almalıdır. En az iki en fazla altı kelime kullanılmalıdır. Özet için Türkçe, Abstract için İngilizce olarak verilmelidir. Yalnızca alanıyla direkt ilgisi olan anahtar kelimeler uygun olabilir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla, küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik not ve tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

3.2 Makalenin Ana Gövdesi

A4 kağıdı boyutlarına (21,0 x 29,7 cm) ayarlanmış MS Word sayfası üzerindeki yazı alanı, tüm kenarlardan 2,5 cm boşluk bırakılarak düzenlenmelidir. Yalnızca yazının başlığının ve yazar isimlerinin bulunduğu ilk sayfada üstten 5,0 cm, sağ, sol ve alt kenarlardan yine 2,5 cm boşluk bırakılmalıdır. Bu şekilde ayarlanan ilk sayfaya başlık, yazar isimleri, çalışılan kurum, iletişim bilgileri, özet, abstract (özet ve abstract toplam 400 kelimeyi geçmemelidir) ve anahtar kelimeler sığmış olmalıdır. Yazarlara kolaylık olması açısından bu ilk sayfa ana yazıdan ayrıca hazırlanarak gönderilebilir.

Makale yazımında, Times New Roman yazı karakteri kullanılmalıdır. Karakterler 12 punto büyüklüğünde, satır aralıkları 1 nk olmalıdır. Sayfa yapısı tek kolon, yazı sayfanın her iki tarafına yaslanmış şekilde kaydedilmelidir. Ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

3.2.1 Başlıklar ve Bölüm Numaralandırmaları

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar aşağıdaki şartlarda ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Tüm başlıklar yalnızca ilk harfleri büyük ve koyu (bold) olarak yazılmalıdır,

Makale, açıkça tanımlanmış ve numaralandırılmış bölüm ve alt bölümlere ayrılmalıdır. Alt bölümler 1.1 (1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, vb. şekilde numaralandırılmalıdır. Özet, numaralandırılmış bölümlere dahil edilmemelidir. Herhangi bir alt bölüme kısa bir başlık verilebilir. Her başlık kendi başına ayrı bir satır üzerinde görünmelidir.

3.2.2 Giriş

Giriş bölümü, araştırmanın amacı ve konu ile ilgili geçmiş çalışmaların sunulduğu, yazıyı okumaya hazırlayan ve yazının genelinin anlaşılmasını kolaylaştıran bilgilerden oluşmalıdır.

3.2.3 Gereç ve Yöntemler

Çalışmanın tekrarlanabilmesi için yeterli ayrıntıyı sağlayan bölümdür. Önceden yayınlanmış yöntemler referans olarak belirtilmelidir.

3.2.4 Tartışma ve Sonuçlar

Bu bölümde çalışmanın sonuçları ve önemi tartışılarak açıklanmalıdır.

3.2.5 Ekler

Birden fazla ek varsa, bunlar A, B, vb. şekilde belirtilmelidir. Formül ve denklemler için ayrı bir numaralandırma yapılmalıdır: Eş. 1, Eş. 2 vb. Aynı işlem tablo ve resimler içinde yapılmalıdır: Tablo 1; Şekil 1, vb.

3.2.6 Katkı Belirtme ve Teşekkür

Katkı belirtme ve teşekkür bölümü, makalelerin ilk gönderiminde belirtilmemeli, çalışma yayına kabul edildikten sonra son düzenlemeler yapılırken eklenmelidir. Teşekkür, referanslardan önce, makalenin sonunda ayrı bir bölüm olarak toparlanmalıdır. Teşekkür, araştırma sırasında yardım sağlayan (makaleyi okuma, yazma, dil yardımı vb.) bireylere ve/veya kuruluşlara, olabildiğince kısa ve öz bir şekilde belirtilmelidir.

3.3 Kaynaklar ve Atıflar

3.3.1 Metin İçinde Atıf

Metin olarak gösterilen her referans, aynı zamanda referans listesinde de bulunmalıdır (veya tam tersi). 'Baskıda' gibi bir referans, atıfın yayına kabul edildiği anlamına gelmektedir.

3.3.2 Referans Şekli

Metin içinde atıfta bulunulan tüm yayınlar, metni takip eden referans listesinde sunulmalıdır.

3.3.3 Metin

Metin içinde her referansta bakılmalıdır:

1. Tek Yazar: yazarın soyadı ve yayın yılı;
2. İki yazarlı: iki yazarın soyadları ve yayın yılı;
3. Üç ya da daha çok yazarlı yayınlarda ilk yazarın soyadından sonra "ve ark.” ve yayın yılı.

Atıflar doğrudan (ya da parantez) içinde yapılabilir. Kaynak grupları ilk olarak alfabetik sırayla, sonra kronolojik olarak listelenmiş olmalıdır.

Örnekler olarak; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş ve ark., 2010; Kramer ve ark., 2000).

3.3.4 Kaynakların Listelenmesi

Kaynaklar alfabetik olarak, gerekirse daha sonra kronolojik sıraya göre dizilmelidir. Aynı yıl aynı yazar (lar) 'dan birden fazla referans yayınlandığında, yayınlandığı yıldan sonra konulan "a", "b", "c", vb. harfleri ile gösterilmelidir. Kaynakça için bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Basılmış Dergiye Referanslar

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences. 45(3), 376-383.

Kitaba Referanslar

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hardrock. Rotterdam, Balkema.

Düzenlenmiş Bir Kitaptaki Bölüme Referans

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Raporlar ve Tezler

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Linyit Sahaları Jeoloji ve Rezerv Ön Raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayınlanmamış).

Tuna, K., 2011. Stratejik ve Kritik Madenlere İlişkin Küresel Politikalar Çerçevesinde Türkiye’deki Stratejik ve Kritik Madenlerin Ulusal Güvenliğe Etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, Çanakkale, Yüksek Lisans Tezi, 240 s (yayınlanmamış).

Kişisel Görüşme

Aksoy, O., 2005. Kişisel görüşme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

İnternet Kaynakları

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011.
www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4.Dikkat edilmesi Gereken Diğer Konular

4.1 Kısaltmalar

Alanında standart olmayan kısaltmalar, makalenin ilk sayfasında yerleştirilmek üzere bir dipnot olarak tanımlanmalıdır. Kısaltmalarda metin içinde tutarlı olunması gerekmektedir.

4.2 Birimler

Uluslararası kabul görmüş kuralları ve gelenekleri izlenmelidir. Uluslararası birimler sistemi (SI) kullanılmalıdır. Diğer birimler belirtilmişse, lütfen SI birim sistemine eşitliğini veriniz.

4.3 Matematik Formüller

Mevcut basit formüllerde, normal metin içinde küçük kesirli koşullar için yatay bir çizgi yerine "solidus" (/) kullanılmalıdır. Örneğin, (X / Y). Prensiplerde, değişkenler italik olarak sunulur. e'nin kuvvetleri (exp) kullanılarak belirtilmelidir. Herhangi ardışık şekilde numaralandırılıp atıf yapılmış denklemler metinden ayrı bir şekilde belirtilir. Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; CO_2, x^2).

4.4 Dipnotlar

Dipnotlar gerekmedikçe kullanılmamalıdır. Makale boyunca sırayla üstsimge numaraları kullanarak sıralayınız.

4.5 Tablo Dipnotları

Bir tabloda her bir dipnotu üst simge küçük harf ile belirtiniz.

4.6 Şekil, Çizim ve Fotoğraflar

Tek tip yazı ve boyutlandırma kullanılmalıdır. Metin çalışmanın içine grafik olarak kaydedilmelidir. Sadece resimlerde belirtilen yazı tipini kullanılmalıdır; Arial, Courier, Times New Roman, Sembol. Çizimlerin metin içinde sıralandırılması gerekir. Çalışma dosyaları mantıksal bir adlandırma kuralı içinde adlandırılmalıdır. Çizimler için ayrı ayrı başlık verilmelidir. Her şekli ayrı bir dosya olarak gönderilmelidir.

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır.

Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15,8 cm (genişlik) x 22,5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması önerilir. Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Şekillerde açık, gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır.

Fotoğraflar mümkün olduğunca net ve aydınlık olmalıdır. Fotoğraflar ilk başvuruda normal çözünürlükte ve yazı içerisinde ilgili yerlerine yerleştirilerek gönderilmelidir. Makale yayına kabul edildikten sonra tüm fotoğraflar en az 300 dpi kalite ile makaleden ayrı bir şekilde gönderilmelidir.

4.7 Şekil Başlıkları

Her şekil ve resimde bir başlık olmalıdır. Başlıklar, şekillerin kaynağından ayrı olmalıdır. Bir başlık, kısa bir başlık ve şeklin bir açıklamasını içermelidir. Kullanılan tüm semboller ve kısaltmaları açıklanmalıdır.

4.8 Tablolar

Tablolar, ardışık şekilde numaralandırılmalıdır. Dipnotlar, tabloya gömülmeli ve üst simge küçük harfler ile belirtilmelidir. Dikey yazımdan kaçınılmalıdır.

5. Makalelerin Dergiye Gönderilmesi

Yazılar ikinci bir duyuruya kadar aşağıdaki editörlere elektronik posta yoluyla gönderilecektir.

Baş Edit ör: C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencil ik Türki ye D er gisi Temsi lcisi : Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)
onur@mtbilimsel.com

6.Yayıma Kabul Edilen Makaleler Hakkında

Makalelerin yayına kabul edilmesi halinde editörlük tarafından yazarla iletişime geçilecektir. Çalışmanın yayına kabulünün yazara bildirilmesinin ardından yazarlar, editörlük tarafından belirtilen süre içerisinde, makalelerinin bu yazım kılavuzuna göre düzenlendiği ve editörya tarafından istenen diğer düzenlemelerin yapıldığı son kopyasını YİM'e göndermelidir.

MT Bilimsel
Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Article Writing Norms

1. About Journal

MT Scientific is published by Turkey‟s first and only mining and earth sciences journal Mining Turkey‟s publisher company MAYEB, Mining and Earth Sciences Publication Release Distribution Co. Ltd.

Articles which are prepared to be published in MT Scientific should be unpublished, research articles, edited articles, technical notes and discussion articles. Sending a paper to MT Scientific means the recognition that the paper has never been published or reviewed before in any other magazine.

Papers about any underground resources like mine, petrol, gas, geothermal or about their subfields; articles including theoretical and practical studies firstly mentioned by the author are called **Original Research Article**, articles editing earlier studies with a critical approach and giving new insights about the subject are called **Review Articles**, pre-notes of an ongoing study, extensions of earlier studies, whole presentation of a limited study, articles as an introduction of a specific application or an applied scientific operation are called **Technical Notes** and articles including critics or contributions made by readers on a paper published in a magazine and responses given by the author about those critics are called **discussion articles**.

2. Copyrights of Articles

Copyrights of the papers published in MT Scientific are owned by MAYEB. After the acceptance of the paper for publication, Publication Management Center (PMC) sends a "copyright transfer contract" to responsible author in electronically environment. With this contract, articles published in magazine are put under protection on behalf of the author and cannot be published in an another media organ. With signing this document, indicating the transfer of the copyright and sending it to PMC, the article is prepared for publication. Even if the article is accepted for publication, if the contract is not got through to PMC, the article cannot be published.

3. Preparation of the Articles

MT Scientific accepts papers written in Turkish and English. If the authors are not native Turkish speakers, headline of the article, summary, presentations of the tables and shapes are translated in Turkish by the editorship.

Articles should be written in MS Word format and within the scope of the orders given below.

3.1 Article Outline

Summary
Abstract
Introduction
Main Topic
Subtitles
Conclusion and Discussion

Contributions and Thanks
References

3.1.2 Headline

Main headline should be as short as possible and should identify the content transparently. Headline should also be able to be translated into English. Turkish headline should be written in 14 font size, bold, single-spaced and only the word‟s first letters capitalized; English headline should be written in 11 font size, italics, single-spaced and only the word‟s first letters capitalized. In English articles, vice versa should be done.

3.1.2 Authors

Author‟s name and surname should be clearly written and first letters should be capitalized, firms worked in should be stated after author‟s surname with a number in low line with italics. If there are multiple authors, "Responsible Author" should be indicated by adding " * " symbol after his/her surname.

Responsible Author: In articles with multiple authors, he is the one who communicates with PMC. If not indicated specifically, the author with whom correspondences are made during the publication acceptance phase is considered responsible author. Responsible author‟s phone and fax number, e-mail address and postal address should be informed to PMC. Contact information of the responsible author should be kept up-to-date.

All characters in this section should be in 11 font size, single-spaced. Only the indicators should be written exponentially. Sample writer name and orthography should be as below:

C. Okay Aksoy[1]*, Bülent Kaypak[2]

[1]*Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Mining Engineering, İzmir*
[2]*Ankara University,, Engineering Faculty, Department of Geophysical, Ankara*
* *Responsible Author: okay.aksoy@deu.edu.tr*

3.1.3 Summary, Abstract and Key Words

Summary and abstract part shouldn‟t consist of more than 400 words as a whole. Summary should indicate the author‟s aims and primary results. In summary, references shouldn‟t be addressed to. Non-standard and scarce abbreviations should also be avoided. If an abbreviation is compulsory, it should be identified.

In Turkish articles, after the "Summary", there should be an "Abstract". Abstract should be written in italics. In English articles, Abstract should be placed before Turkish Summary and be written in italics.

Key words should be placed just below the summary and abstract separately. There should be at least two and at most six keywords. Keywords should be in Turkish for summary and English for abstract. Only the subject related keywords can be appropriate. Keywords should be written in alphabetic order with lower case (first word‟s first letter is in upper case) and there should be a comma between them. In technical notes and discussion articles there is no need for keywords.

3.2 Outline of the Article

Writing field on MS Word page which is adjusted as an A4 paper (21,0 × 29,7 cm) should be organized with 2,5 cm margins from all sides. Only the first page on which the headline and the author names are written has 5,0 cm margin from the top and 2,5 cm margins from the other sides. Headline, authors‟ names, firms worked in, contact information, summary, abstract (summary and abstract should not exceed 400 words as a whole) and keywords should be fitted into this organized page. For convenience, the author can send this first page early on, separately from the main article.

Times New Roman font should be used for articles. Characters should be 12 font sized and line spacing should be 1 pt. Page setup should be single columned, and should be saved justified to both sides. Each page should be given a number as well.

3.2.1 Headings and Numbering the Sections

Diverse headings in an article should be given as below order and left justified. All headings should be written bold with only their first letters in upper case,

Article should be cut into transparently identified and numbered sections and sub-sections. Sub sections should be numbered as 1.1 (1.1.1, 1.1.2, …), 1.2, etc. Summary should not be attached to these numbered sections. Any sub-section can be given a short heading. Each heading should stand on it‟s own line separately.

3.2.2 Introduction

Introduction part should include information about the aim of the author and earlier studies on same subject and moreover should prepare the reader for the article by giving some general clues about the subject.

3.2.3 Instruments and Methods

This part supplies adequate detail to make the study quotable. Earlier published methods should be stated as reference.

3.2.4 Discussion and Conclusions

In this section conclusions and importance of the study should be mentioned argumentativly.

3.2.5 Appendixes

If there are multiple appendixes, those should be indicated as A, B, etc. Formulas and equations should be numbered separately: Eq. 1, Eq. 2 etc. Same should be done for tables and images too: Table 1; Image 1, etc.

3.2.6 Contributions and Thanks

Contributions and thanks section should not be attached to article at first post but after the acceptance of the article, it should be attached to article by making post normalizations.

Thanks should be stated separately at the last of the article before references. Thanks should be sent to aide (reading, writing and language help etc.) people or firms as short as possible.

3.3 Resources and References
3.3.1 Internal references in article

All internal references should be indicated in reference list as well (or vice versa). A reference as „In-print‟ means the article is accepted for press.

3.3.2 Form of Reference

All internal references should also be indicated in reference list as well.

3.3.3 Text

These points should be taken into account at every internal reference:

1. One Author: author‟s surname and print year;
2. Two authors: two author‟s surnames and print year;
3. If there are three or more authors in an article, after the first author‟s surname "et al." and print year.

References can be done directly (or in brackets). Resource groups should firstly be listed alphabetically, then chronologically.

As a sample; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş et al., 2010; Kramer et al., 2000).

3.3.4 Listing of Resources

Resources need to be listed firstly alphabetically, then chronologically. If there are multiple author‟s quoted articles in same year, those should be indicated with "a", "b", "c", etc. letters after print year. Some samples for resources are listed below.

References Printed To Magazine

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences. 45(3), 376-383.

References Printed To Book

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hardrock. Rotterdam, Balkema.

References To An Edited Part Of A Book

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Reports and Thesises

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Lignite Fields Geology and Reserve Pre-Report. MTA Compilation No:6234, 17 p (unpublished).

Tuna, K., 2011. Turkey‟s Strategical and Critical Ore‟s Effects on National Security within the Frame of Politics Related to Strategical and Critical Ores. Çanakkale Onsekiz Mart University, Instute of Social Sciences, Department of Internal, Çanakkale, Postgraduate Thesis, 240 p (unpublished).

Personal Dialogue

Aksoy, O., 2005. Personal Dialogue. Dokuz Eylül University, Department of Mining Engineering, İzmir, Turkey

Internet Resources

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011. www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4.Other Points to Take into Account

4.1 Abbreviations

Non-standard abbreviations should be placed at first page, defined as footnotes. Abbreviations should be coherent with the text.

4.2 Scales

Internationally accepted rules and customs should be followed. The International System of Units (SI) should be used. If there are different scales, please mention their SI equivalents.

4.3 Mathematical Formulas

In present basic formulas, for fractional expressions in text, “solidus” (/) should be used rather than a horizontal line. For example, (X/Y). In principles, variables are presented in italics. e‟s powers should be given with the use of (exp). Any referred, sequentially numbered equations are indicated seperately from the text. Subscripts and superscripts used in equalities should be indicated explicitly and in lower character fonts (for example; CO_2, x^2).

4.4 Footnotes

Footnotes shouldn‟t be used if unnecessary. List the footnotes in the course of article with superscript numbers.

4.5 Table Footnotes

In a table indicate each footnote with a superscript letter.

4.6 Image, Drawing and Photos

Writing font and size should be monotype. Text should be saved into article as a graph. Only the typefont mentioned in the image should be used; Arial, Courier, Times New Roman, Symbol. Drawings should be numbered in text. Working files should be named within a logical naming rule. Drawings should be headlined separately. Each graph should be sent as different files.

Images such as drawings, tables and photos, printed in high quality should be given under the title of “Image” and should be given according to their cited numbers in text. Image numbers should be written at the right top of the page, in addition images should be given shrinkable and extendable.

Maximum size for images with heading should be in 15,8 cm (width) x 22,5 cm (length). It is suggested that all images are prepared to be scaled-to-fit to a single column of the magazine. Especially the maps and drawings and photos of the lands should be given with linear scale suitable with metric system rather than numerical scale (1:25000 etc.). Northern direction should be indicated in all maps. In regional maps, if possible, national grid or latitude/longitude units should be given. Map explanations should be given above the image separately from image heading. Photos, drawings or images composed of each can be given as groups like (a), (b) etc. Toning the images with tinting and shading should be avoided, especially for the images generated from computers; this should be taken into account. All images should be numbered as cited in the text as Image 1 or Image 1 and 2 (if more than one image is mentioned).

Photos should be as explicit and bright as possible. Photos should be sent in normal quality and placed in it‟s related section at the first application. After the acceptance of the article for publishing, all photos should be sent separately from the article with at least in 300 dpi quality.

4.7.Image Headings

Each image and picture should have a heading. Headings should be different from the image‟s resources. A heading should include a short heading and an explanation of the image. All symbols and abbreviations used should be identified.

4.8 Tables

Tables should be named sequentially. Footnotes should be embedded into tables and should be mentioned with superscript lower case letters. Vertical writing should be avoided.

5. Posting the Article to Magazine

Articles should be sent to editors below with e-mail till further notice.

Editor in Chief: C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül University Department of Mining Engineering)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencil ik Türki ye Ma gaz ine Agent : Onur Aydın (Madencilik Türkiye Magazine)
onur@mtbilimsel.com

6.About the Articles Accepted for Printing

Editorship communicates with the author if the article is accepted for printing. After the acceptance of the article for the publication, the author should prepare the article according to this spell check, in time given by the editorship and send the last copy to PMC after doing other edittings according to the other requirements of the editorship.