





ILGIN LİNYİT İŞLETMESİNDE KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMASI VE RİSK ANALİZİ

Mahmut Suat DELİBALTA^{1,*} , Mustafa GÜNDOĞAR² 

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 51240 Niğde

² Yeni Çetlek Kömür ve Madencilik AŞ, Ilgın Linyit İşletmesi Şubesi, Ilgın 42605 Konya

ÖZET

Kömür yerkürede kısmen düzenli rezerv dağılımından dolayı tüm ülkeler için stratejik bir enerji kaynağıdır. Ancak; çevresel kaygılar nedeniyle gelecekte kömürün yerini alternatif enerji kaynaklarının alacağı fikri yaygın olsa da, dünya enerji politikaları 2040 yılına kadar kömür kullanım payının (%27,1) önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, kömürün kendiliğinden yanması geçmişte ve günümüzde olduğu gibi gelecekte de önemli bir problem olmaya devam edecektir. Kömürün kendiliğinden yanması ve açık ocak yangınları, Ilgın linyit işletmesinde de sorun olarak karşımıza çıkmakta, bazen stoka çekilen kömürlerin yanması sonucu büyük rezerv ve ekonomik kayıplar yaşanmaktadır. Ilgın linyit işletmesindeki 5 farklı üretim noktasından alınan kömür numunesi ile yapılan kendiliğinden yanma deney sonuçlarına göre; kesişim noktası değerleri çok fazla bir sapma göstermemiş, genelde tutuşma sıcaklığı 195-234 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Laboratuvar testlerine göre; yangına yakınlık indeksleri 2,73-3,73 arasında, risk düzeyi ise “düşük-orta” seviyede tespit edilmiştir. Ayrıca; yapılan termo-gravimetri (TG) / diferansiyel termal analizler (DTA) ile kömürün ortam sıcaklığına bağlı olarak oksidasyona uğradığı ve kendiliğinden yanma meydana getirebileceği gözlenmiştir. Bu maksatla yapılan incelemede; kömürün kendiliğinden yanma mekanizması, yanmayı etkileyen faktörler ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen bulgular sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ilgın, Kömür, Kendiliğinden yanma, İş sağlığı ve güvenliği

SPONTANEOUS COMBUSTION OF COAL AND RISK ANALYSIS IN ILGIN OPENCAST MINING

ABSTRACT

Coal is a strategic energy source for all countries, partly due to the regular distribution of reserves in the earth. But; although it is widely believed that alternative energy sources will replace coal due to environmental concerns, world energy policies reveal the importance of coal use share (27.1%) by 2040. For this reason, the spontaneous combustion of coal will continue to be an important problem in the future as it was in the past and today. Spontaneous combustion and open pit fires also appear as an important problem in Ilgın lignite plant, and sometimes there are large reserves and economic losses as a result of the combustion of coals withdrawn to stock. Based on spontaneous combustion in 5 different samples taken from the production point in Ilgın lignite mines; intersection tests did not show too much variability and ignition temperature (crossing-point temperature-CPT) is typically varied between 195-234 °C. Laboratory experiments have been identified that fire coal susceptibility index ranged between 2.73 to 3.73, and the risk index of is "low and medium". Also; thermos-gravimetric (TG) / differential thermal analysis (DTA) of the received coal samples are based on the results of experiments it has been determined the activity to the spontaneous combustion of Ilgın lignite's. In this study, spontaneous combustion mechanism of coal, factors affecting combustion and findings obtained by laboratory studies are presented.

Keywords: Ilgın, Coal, Spontaneous combustion, Occupational health and safety

1. GİRİŞ

Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council) verilerine göre, dünyada kanıtlanmış işletilebilir kömür rezervi toplam 892 milyar ton büyüklüğündedir. Söz konusu rezervin; 403 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 287 milyar tonu alt bitümlü kömür ve 201 milyar tonu ise linyit kategorisindedir. 2015 yılı dünya toplam kömür üretimi dikkate alındığında, küresel kömür rezervlerinin yaklaşık 134 yıllık ömrü olduğu hesaplanmaktadır. Ülkemiz rezerv ve üretim miktarları açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde değerlendirilmektedir. Toplam dünya linyit/alt bitümlü kömür rezervinin

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: msdelibalta@ohu.edu.tr

Geliş / Recieved: 22.08.2019 Kabul / Accepted: 03.07.2020 doi: 10.28948/ngmuh.609072

M. S. Delibalta, M. Gündoğar

yaklaşık %3,2'si ülkemizde bulunmaktadır [1]. Bununla birlikte, linyitlerimizin büyük kısmının ısı değeri düşük olduğundan termik santrallerde kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Kömür, dünyada yaklaşık 80 ülkede kısmen düzenli rezerv dağılımından dolayı tüm ülkeler için stratejik bir enerji kaynağıdır. Ancak; çevresel kaygılar nedeniyle gelecekte kömürün yerini alternatif enerji kaynaklarının alacağı fikri yaygın olsa da, dünya enerji politikaları 2040 yılına kadar kömür kullanım payının (%27,1) önemini ortaya koymaktadır [2]. Bu nedenle, kömürün kendiliğinden yanması geçmişte ve günümüzde olduğu gibi gelecekte de önemli bir problem olmaya devam edecektir. Kömürün kendiliğinden yanması; kömür stoklarında, yeraltında, açık ocaklarda, kömür nakliyesi sırasında gemilerde, terkedilmiş madenlerde, maden atık toplama alanlarında, termik santrallerinin stok sahalarında, bunkerlerde ve kömür zenginleştirme tesisleri atıklarında gerçekleşebilen, önemli rezerv, makine ve ekipman kayıplarının yaşanmasına, zararlı gaz salınımı ile iklim değişikliğine, ciddi yaralanma ve ölümlere neden olabilen riskler içermektedir [3]-[6]. Özellikle açık ocak yangınlarında büyük rezervlerin terkedilmesinin yanı sıra en büyük tehlike, yangınlar sonucu oluşan zehirli ve boğucu gazların çok sayıda personel ölümüne neden olmasıdır. Burada önemli olan, yangının önceden sezilmesi ve önlenmesidir. Kısaca, kömür açık ocak yangınlarının hem insan yaşamı üzerine hem de iş sağlığı ve güvenliği üzerine olumsuz etkileri olduğu söylenebilir.

Kömürün kendiliğinden yanması, tüm kömür üreticisi ülkelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir. Bu sorunun nedenini saptama çalışmaları daha 17.yüzyılda başlamıştır. Problemin kaynağı hakkında çeşitli kuramlar ileri sürülmüş olup, bunlardan birkaçı; pirit kuramı, bakteri kuramı, oksidasyon kuramı ve nem kuramıdır [7]-[10]. Kömürün kendiliğinden yanması oldukça karmaşık ve hala tam olarak açıklanamamış bir mekanizmaya sahipse de, günümüzde en yaygın kabul gören yaklaşım kömür oksijen birleşimi kuramıdır.

Kömürün kendiliğinden yanması ve buna bağlı olarak ortaya çıkan açık ocak yangınları, Ilgın linyit işletmesinde de önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmakta, bazen stoka çekilen kömürlerin yanması sonucu büyük rezerv ve ekonomik kayıplar yaşanmaktadır. Bu maksatla yapılan araştırmada; söz konusu risklerin önüne geçebilmek için, kömürün kendiliğinden yanma mekanizması, yanmayı etkileyen faktörler ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen bulgular sunulmuştur.

2. MATERYAL VE METOT

Konya-Afyon karayolu (D-300) üzerinde bulunan Ilgın linyit işletmesi, Konya'nın kuzeybatısında ve 87 km mesafededir. Linyit sahası ise Ilgın'ın 22 km kuzeyinde bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Ilgın linyit işletmesi coğrafi haritası [11]

Linyit sahasında, Paleozoik yaşlı şist ve kuarsitler ile Mezozoik yaşlı (muhtemelen Kretase-Jura) kireçtaşları kömür oluşumu baseninin temelini oluşturan kayalardır. Rezerv alanı içinde işletilebilir kömür damar kalınlığı 0,60-21,55 m arasında değişmektedir. Kömür üretimi kademeli basamak shovel-kamyon açık işletme yöntemi ile yapılmaktadır (Şekil 2). Üretilen kömür 7-10 gün arasında stok alanında bekletilerek özelliği gereği %5 ila %10 arasında nem kaybı sağlanmaktadır. Nem kaybı sağlanan kömür piyasa talebi doğrultusunda 20-50 mm, 10-18 mm, 0-150 mm boyutlarına getirilmek üzere kırblaj tesislerine beslenmektedir.

ILGIN LİNYİT İŞLETMESİNDE KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMASI VE RİSK ANALİZİ



Şekil 2. Ilgın linyit işletmesi genel görünüşü [12]

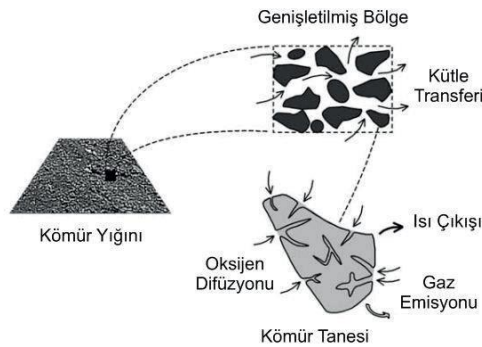
Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu Garp Linyitleri Müessesesi Ilgın linyit işletmesindeki 5 farklı üretim noktasından alınan kömür numuneleri üzerinde tutuşma sıcaklığı deneyleri yapılarak, kesişim noktası grafiklerine göre kendiliğinden yanmaya yatkınlık düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca; termo-gravimetri (TG) / diferansiyel termal analizler (DTA) ile aynı kömür numunelerinin ortam sıcaklığına bağlı olarak oksidasyona uğrayarak kendiliğinden yanma meydana getirip getirmeyecekleri araştırılmıştır. Böylece; her iki deney sonuçları arasında gözlenecek korelasyon ile kömürün kendiliğinden yanma düzeyini belirlemede daha objektif değerlendirme yapmamıza yardımcı olacağı öngörülmüştür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İlgın linyit işletmesinde 2016 yılı Mart ayı planlanan üretim faaliyetleri sırasında orta damar ve taban tabakasından yukarıdan aşağı doğru ekskavator yardımıyla alınmış kömür numuneleri, konileme dörtleme yöntemi ile azaltılmıştır. Çavuşçugöl sahası orta damar, taban tabakası ve stok sahası silodan olmak üzere alınan toplam 5 adet kömür numunesinin kendiliğinden yanma yatkınlıkları araştırması, Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümüne ait Kendiliğinden Yanma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen bulgular aşağıda verilmektedir.

3.1 Kömürün Kendiliğinden Yanma Mekanizması ve Etki Eden Faktörler

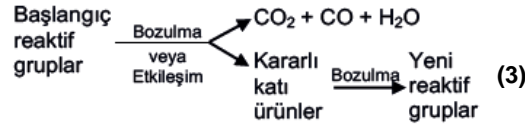
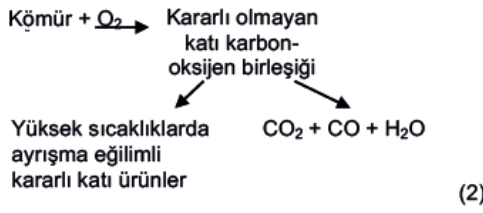
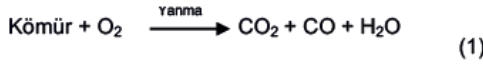
17. yüzyıldan beri kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili pirit kuramı, bakteri etkisi, fenil kuramı, serbest radikaller reaksiyonu, hidrojen reaksiyonu, nem kuramı aktivasyon grubu reaksiyonu ve kömür oksijen etkileşim kuramı gibi birçok yaklaşım ortaya konulmuştur. Her kömür ocağında yangın oluşmasa bile, mutlaka oksidasyon vardır. Dolayısıyla belirli bir karbonmonoksit (CO) oluşumu ve oksijen tüketimi söz konusudur (bkz. kimyasal reaksiyon 1, 2, 3). Bu her kömür ocağı için, normal sayılabilecek bir Graham indeksinin varlığını ortaya koyar. Bu nedenle, eğer Graham indeksi ile çalışılacaksa, ocağın normal endeksi tespit edilmeli ve bundan sonra endeksteeki değişiklikler gözlenmelidir. Günümüzde kömür-oksijen etkileşimi kuramı bilim adamları tarafından en çok kabul gören yaklaşımdır. Bu kurama göre etkileşim, oksijenin kömür içerisine nüfuz etmesi ile gerçekleşmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Kömür oksidasyon aşamaları [10]

M. S. Delibalta, M. Gündoğar

Kömürün kendiliğinden yanması, ortam sıcaklığında kömürün oksijen ile teması sonucu kızışmasını (ısınması) sağlayan oksidasyon temelli bir süreçtir. Bu süreçte oksijen -80°C 'da fiziksel adsorpsiyon, -5°C 'da kimyasal adsorpsiyon ve 40°C 'da başlayan kimyasal reaksiyonlar tarafından tüketilir. Yaklaşık 40°C 'a kadar süreçte ortaya çıkan ısı, kömür etrafında birikmeye yol açmadığı sürece bir problem oluşturmaz. Ancak, ortamda yeterli oksijen (hava) var ise ve sıcaklık uzaklaştırılmazsa, kömür ısınmaya devam eder, sıcaklığı artar, süreç daha sonraki aşamalara ulaşabilir ve nihayetinde kendiliğinden yanma meydana gelebilir.



Kömür türüne göre farklılık göstermekle birlikte kendiliğinden yanma süreci; $70-100^{\circ}\text{C}$ 'a kadar (özellikle $40-50^{\circ}\text{C}$ civarında etkisini arttırmaya başlar) kimyasal adsorpsiyonun etkin olduğu yavaş ya da başka bir ifade ile erken oksidasyon aşaması, sıcaklığın $140-150^{\circ}\text{C}$ 'a kadar çıktığı aralık hızlanan oksidasyon ve $140-150^{\circ}\text{C}$ sonrasında ise daha ziyade serbest radikallerin etkisi altında hızlı oksidasyon aşaması gerçekleşir [7]-[10]. Bu aşamalar sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar, aşağıda kısaca verilmiştir.

Bazı kömürlerin kendiliğinden yanmaya çok yatkın olduğu ve bazılarının ise olmadığı, hatta bazı damaların tavanının yandığı fakat tabanının yanmadığı olaylar bilinmektedir. Bunun nedeni, kömürde oksidasyonu başlatan temel parametrenin henüz tam olarak tespit edilememesidir [13], [14]. Kömürde oksidasyon ve kendiliğinden yanmaya etki eden faktörleri iki ana başlık altında toplamak mümkündür.

- 1- İç Faktörler (kömürün yapısıyla ilgili özellikler),
- 2- Dış Faktörler (jeolojik koşullar, atmosferik ve işletme koşulları vs.).

Kömür ocaklarında kendiliğinden yanmayı etkileyen; fakat burada belirtilmeyen karbon içeriği, ısı iletkenliği, alkali içeriği, porozite, işletme derinliği, yan kayaç ısı iletkenliği, jeotermal gradyan, yeraltı ocaklarında kullanılan tahkimat yöntemi, dolgu işlemi vs. gibi daha pek çok faktör vardır [15], [16]. Bu parametrelerden en önemlileri Tablo 1'de kısaca verilmiştir.

Tablo 1. Kendiliğinden yanmaya etki eden faktörler [17]

İç Faktörler (Endojen)	Dış Faktörler (Ekzojen)
Pirit	Sıcaklık
Nem	Nem
Tane boyutu ve yüzey alanı	Barometrik basınç
Kömür rankı ve petrografik bileşenler	Oksijen konsantrasyonu
Kimyasal bileşenler	Bakteri
Mineral madde	Kömür damarı ve yan taşlar
	Madencilik yöntemi
	Havalandırma sistemi

*ILGIN LİNYİT İŞLETMESİNDE KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMASI VE RİSK ANALİZİ***3.2 Tutuşma Sıcaklığı Deneyi**

Deney için hazırlanan 35 g, -200 mesh boyutundaki kömür numuneleri sırasına göre reaktöre konularak, mini kompresörden alınan 100 cc/dakika'lık hava ile deney başlatılmıştır. Deney sırasında her 5 dakika'da bir etüv sıcaklığı, bir ucu numune içinde, diğer ucu da kaydedici içinde olan sıcaklık ölçer aracılığı ile değişimler izlenmiş ve kaydedilmiştir (Şekil 4).



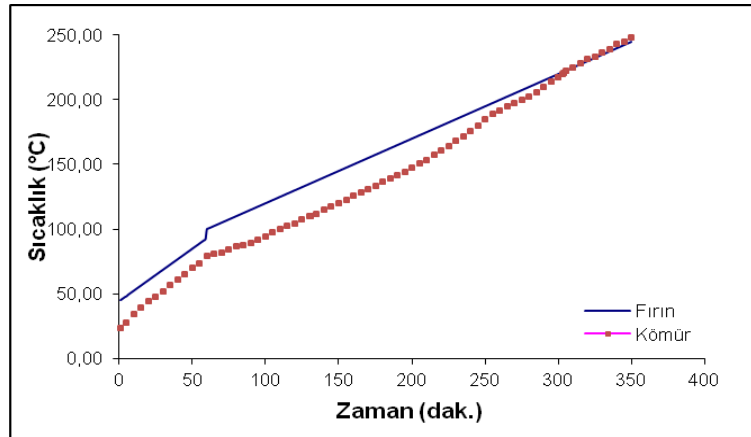
Şekil 4. Tutuşma sıcaklığı deney seti görünümü [17]

Yapılan yanma deneylerinde; reaktif tutuşma sıcaklıkları, ortalama sıcaklık artışları (OSA), tutuşma sıcaklığı (TS) ve yatkinlik indeksi (Liability Index-LI) ölçülmüştür. Bu değerler, tutuşabilirlik kesişim noktası grafikleri ile gösterilmiştir. Kömürün kendiliğinden yanma yatkinliğini göstermek için, genel olarak Tablo 2'de verilen sınıflama kullanılmaktadır.

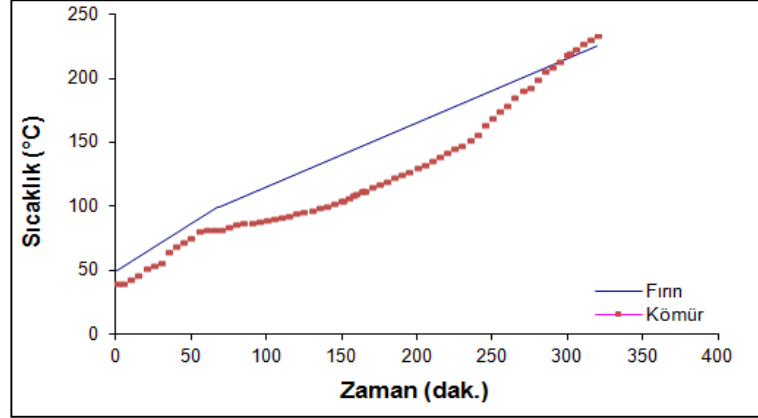
Tablo 2. Kendiliğinden yanmaya yatkinlik indeksi [18]

Yatkinlik indeksi (LI)	Risk düzeyi
0 - 3	Düşük
3 - 5	Orta
> 5	Yüksek

İşletme sahasındaki birinci formasyondan alınan taban ve orta tabaka kömür numunelerinin tutuşabilirlik deney sonuçları Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Birinci formasyon orta tabaka kömürü tutuşabilirlik eğrisi



Şekil 6. Birinci formasyon taban kömürü tutuşabilirlik eğrisi

Yapılan laboratuvar test sonuçlarına göre; alınan kömür numunelerinin kesişim noktası deneyleri çok fazla bir sapma göstermemiş, genelde tutuşma sıcaklığı 195-234°C arasında değişmektedir. Ortalama sıcaklık artışlarının da düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca; yanmaya yatkınlık indeksleri 2,73-3,73 arasında değiştiği görülmüştür (Tablo 3).

Tablo 3. Ilgın linyitleri tutuşma sıcaklığı deney sonuçları [17]

Numune Adı	OSA (°C/dk)	Yatkınlık indeksi	Risk düzeyi
1.Formasyon orta tabaka	0,6395	2,7330	Düşük
1.Formasyon taban kömürü	0,7638	3,6203	Orta
2.Formasyon orta tabaka	0,7236	3,7303	Orta
2.Formasyon taban kömürü	0,6215	2,8639	Düşük
Silo kömürü	0,6395	3,0251	Düşük

Deney sonuçlarına göre; Ilgın linyitlerinin kendiliğinden yanma yatkınlığı “düşük-orta” risk grubunda olduğu tespit edilmiştir. Ancak; Ilgın linyitlerinin %40’ın üzerinde nem içermesi, kesişim noktasında yapay bir yükselme meydana getirmektedir. Özellikle; işletmede belli bir süre bekletilmekte olan kömürlerin üzerinden çıkan beyaz renkli dumanlar, stoka çekilen kömürlerin neminin artmasının bir göstergesidir. Ilgın linyitleri düşük-orta risk grubunda olmasına rağmen; kendiliğinden yanma meydana gelmemesi için, çevre koşulları olan sıcaklık, rüzgâr ve yağmur gibi dış etkenlere maruz kalmadan stoktan erken sevki gerekmektedir. Aksi halde, yüksek ısınma hızı ve düşük tutuşma sıcaklığına sahip kömürlerin, kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının çok daha çabuk olacağı açıktır.

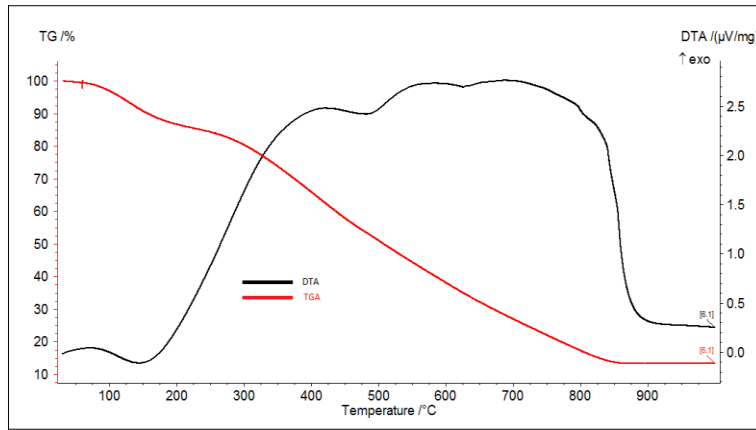
3.3 TG/DTA Analizleri

Bu analizler, bir malzemenin sıcaklık artışı ile bünyesinde meydana gelen termal ve gravimetrik değişimleri belirlemede kullanılmaktadır. Malzeme bünyesinde meydana gelen ağırlık değişimleri (su kaybı, organik madde uzaklaşması gibi) termogravimetri (TG), ekzotermik ya da endotermik reaksiyonlar sonucu meydana gelen sıcaklık değişimleri diferansiyel termal analiz (DTA) cihazı ile tespit edilmektedir (Şekil 7). DTA; incelenen numunenin erime, kaynama, parçalanma noktalarını yüksek bir doğrulukla tayin etmektedir. Ayrıca, kristalleşme ve faz değişimleri hakkında da bilgi vermektedir.

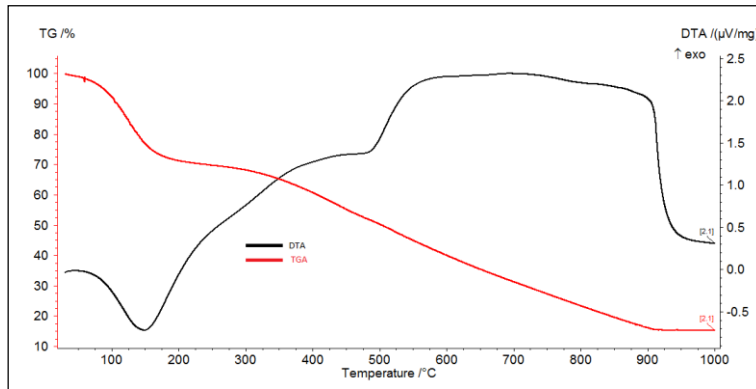
ILGIN LİNYİT İŞLETMESİNDE KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMASI VE RİSK ANALİZİ

Şekil 7. TG/DTA analiz cihazı [17]

İlgın linyit işletmesindeki 5 farklı noktadan alınan kömür numunelerinin TG/DTA analizleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM)'da yapılmıştır. Alınan numuneler gerekli boyut küçültme işleminden sonra, 10 g ağırlığındaki numune cihaza konularak, normal şartlarda deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları bilgisayarda otomatik olarak kayıt altına alınarak, birinci formasyona ait grafikler Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Birinci formasyon orta tabaka kömürü TG/DTA analiz eğrisi



Şekil 9. Birinci formasyon taban kömürü TG/DTA analiz eğrisi

M. S. Delibalta, M. Gündoğar

Deney sonuçları ve DTA analiz grafikleri incelendiğinde, kömür numuneleri başta endotermik bir reaksiyon göstermektedir. Bu durumda kömürün 0-200 °C arasında nemini attığı, daha sonra hızlı bir reaksiyona girerek 200-300 °C arasında ani bir değişim göstererek ekzotermik reaksiyon ile kömürün ortam sıcaklığına bağlı olarak oksidasyona uğradığı, böylece kendiliğinden yanma meydana gelebileceği söylenebilir. Burada; numunenin ekzotermik reaksiyon vermeye başladığı andan itibaren, grafiğin ani yükselişinin eğimidir ki, bu da kömürün kısmen kendiliğinden yanmaya yatkınlığını göstermektedir. TG analiz grafiğine bakıldığında ise; sıcaklığa bağlı olarak numune ağırlığında sürekli bir azalma izlenmekte, özellikle 0-200 °C’de genellikle hızlı bir düşüş meydana geldiği gözlenmekte, bu da kömür numunelerinden nemin uzaklaştığını doğrulamaktadır (bkz. Şekil 8, 9). Daha sonraki sıcaklık periyotlarında ise, kömür numunesi kısmen yanma reaksiyonuna uğrayarak ağırlık kaybını sürdürmektedir.

4. SONUÇLAR

Kömür, dünyada yaklaşık 80 ülkede kısmen düzenli rezerv dağılımından dolayı tüm ülkeler için stratejik bir enerji kaynağıdır. Ancak; çevresel kaygılar nedeniyle gelecekte kömürün yerini alternatif enerji kaynaklarının alacağı fikri yaygın olsa da, dünya enerji politikaları 2040 yılına kadar kömür kullanım payının (%27,1) önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle kömürün kendiliğinden yanması, tüm kömür üreticisi ülkelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir. Bu sorunun nedenini saptama çalışmaları daha 17.yüzyılda başlamıştır. Problemin kaynağı hakkında çeşitli kuramlar ileri sürülmüştür. Kömürün kendiliğinden yanması oldukça karmaşık ve hala tam olarak açıklanamamış bir mekanizmaya sahipse de, günümüzde en yaygın kabul gören yaklaşım kömür oksijen birleşimi kuramıdır.

Kömür madencilik faaliyetleri sırasında gerek dış kaynaklı (ekzojen) gerekse iç kaynaklı (endojen) etkilerle meydana gelen açık ocak yangınları; maden işletmelerinde özellikle üretim faaliyetlerinin aksamasına, rezerv kaybına, iş sağlığı ve güvenliği gibi unsurların yok olmasına neden olmaktadır. Burada önemli olan, kömürün kendiliğinden yanmasını önceden sezinlemek ve önlemektir. Bu maksatla, Ilgın linyit işletmesi kömürleri ile ilgili laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

Ilgın linyit işletmesindeki 5 farklı üretim noktasından alınan temsili kömür numunesi üzerinde yapılan kendiliğinden yanma deney sonuçlarına göre; kesişim noktası değerleri çok fazla bir sapma göstermemiş olup, genelde tutuşma sıcaklığı 195-234 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Laboratuvar test sonuçlarına göre; yangına yatkınlık indeksleri 2,73-3,73 arasında, risk düzeyi ise “düşük-orta” seviyede tespit edilmiştir. Ayrıca; yapılan TG/DTA analizlerine göre, işletme kömürleri başlangıçta 0-200 °C arasında nemini atarak endotermik reaksiyon göstermiş, daha sonra 200-300 °C arasında hızlı bir artış göstererek ekzotermik reaksiyon göstererek, kömürün ortam sıcaklığına bağlı olarak oksidasyona uğradığı ve kendiliğinden yanma meydana getirebileceği gözlenmiştir. Elde edilen bu bulgular, aynı kömür sahasında daha önce yapılan bilimsel araştırma sonuçları ile de uyumluluk göstermektedir.

Ilgın linyit işletmesi kömürlerinin kendiliğinden yanmasına karşı alınabilecek tedbirler; kömürün olabildiğince atmosferik hava ile teması kesilmeli veya kısa tutulmalıdır. Ayrıca, piyasa talebine göre kömür stok miktarı belirlenmelidir. Gereğinden fazla kömürün stoklanması, hem ekonomik hem de çevre yönden pek çok zarara sebep olabilmektedir. Özellikle kömür açık ocak yangınlarında önemli olan, kendiliğinden yanma oluşmadan gerekli tüm önlemleri önceden almaktır. Unutulmamalıdır ki, kazaları önlemek her zaman hasarı ödemekten daha sağlıklı, güvenilir ve ucuz bir yöntemdir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar; kömür yanma ve TG/DTA analizlerinin yapılmasında katkıda bulunan Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama-Araştırma Merkezi (TUAM) yönetici ve personellerine teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- [1] ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Bilgi Merkezi - Kömür, [Online] <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, [Erişim tarihi: 25.06.2020].
- [2] M. S. Delibalta ve Ö. Y. Toraman, “Kömür karşıtı lobi faaliyetleri ve teknolojik gerçeklik”, Türkiye 26.Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-IMCET2019, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, ISBN: 978-605-01-1273-3, 16-19 Nisan, Antalya/ Türkiye, 2019, ss.113-123.
- [3] V. Didari, “Yeraltı ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması ve risk indeksleri”, *Madencilik*, cilt 25, ss.31-32, 1986.
- [4] S. Saraç ve T. Soytürk, “Tunçbilek kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması”, Türkiye 8. Kömür Kongresi, Zonguldak, 1992, ss.141-152.

ILGIN LİNYİT İŞLETMESİNDE KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMASI VE RİSK ANALİZİ

- [5] B. Ünver ve S. Demirebilek, “Kömür karışımı pasaların kendiliğinden yanma riski potansiyelinin analizi”, Türkiye 9. Kömür Kongresi, Zonguldak, 1994, ss.317-318.
- [6] E. Kaymakçı, “Zonguldak havzası kömür damarlarına uygulanabilecek bir kendiliğinden yanmaya doğal yatkınlığı değerlendirme tekniğinin geliştirilmesi”, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.78-84, 1998.
- [7] H. Wang, Z. B. Dlugogorski, M. E. Kennedy, “Coal oxidation at low temperatures: oxygen consumption, oxidation products, reaction mechanism and kinetic modelling”, *Progress in Energy and Combustion Science* vol. 29, pp.487–513, 2003.
- [8] L. L. Sloss, “Assessing and managing spontaneous combustion of coal”, IEA Clean Coal Centre, CCC/259, ISBN: 978-92-9029-582-2, pp.55, October, United Kingdom, 2015.
- [9] A. Bayraktar, “Yeraltı maden işletmelerinde ocak yangınları”, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı*, Ankara, 55s., 2013.
- [10] S. Inal ve K. Aydın, “Spontaneous combustion of coal and effecting factors”, *Scientific Mining Journal*, vol. 58(2), pp.145-165, 2019.
- [11] İLİ, TKİ–Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Ilgın Linyitleri İşletmesi-İLİ Kontrol Müdürlüğü, Açık İşletmeler, [Online] <http://www.ili.gov.tr>, [Erişim tarihi: 10.08.2013].
- [12] M. S. Delibalta, “TKİ-GLİ Ilgın linyitleri işletmesinin ekonomik ve ekolojik önemi”, II. Ulusal Ilgın Sempozyumu, Ilgın Belediyesi, Eylül 2013, Ilgın / Konya, 2013, ss.10.
- [13] J. Zhan, H. H. Wang, F. Zhu and S. N. Song, “Analysis on the governing reactions in coal oxidation at temperatures up to 400°C”. *International Journal of Clean Coal and Energy*, vol. 3, pp.19-28, 2014.
- [14] C. Şensöğüt, “Türk kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlığı - Ilgın linyitleri örneği”, *Madencilik*, cilt 38, sayı 1, s.45-52, 1999.
- [15] G. Ökten, “Kömürün kendiliğinden yanması ve önlenmesi için alınacak tedbirler”, *Kömür Kimyası ve Teknolojisi*, O. Kural (Editör), İstanbul, 1988, s.103-113.
- [16] E. Kuzuluk, “Farklı miktar ve özellikteki kömür yığınlarının kendiliğinden yanma davranışları, önlenmesi ve önceden tespit edilmesine bir örnek; Çayırhan kömür stokları”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.5-45, 2014.
- [17] M. Gündoğar, “TKİ Konya-Ilgın kömür açık işletmesinde ocak yangınları riskinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 80s., 2016.
- [18] B. Genc and A. Cook, “Spontaneous combustion risk in South African coalfields”, *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, vol.115, pp.563-568, 2015.

