



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.



YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE KENDİLİĞİNDEN YANABİLİRLİK ETÜDÜ İLE İSÇ UYGULAMALARININ İZLENİBİLİRLİĞİNİN ARTIRILMASI PROJESİ

KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMA OLGUSU RİSK VE TEDBİRLER REHBERİ



İNSAN KAYNAKLARININ
GELİŞTİRİLMESİ
PROGRAM OTORİTESİ



T.C. ÇALIŞMA VE
SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIğI
İŞ SAğLIğI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



T.C. ÇALIŞMA VE
SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIğI



CDT
COKEOCC EXTRACTON AND HİBİNG TECHNOLOGY



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.



YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE KENDİLİĞİNDEN YANABİLİRLİK ETÜDÜ İLE İSG UYGULAMALARININ İZLENİBİLİRLİĞİNİN ARTIRILMASI PROJESİ

KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMA OLGUSU RİSK VE TEDBİRLER REHBERİ

“Bu yayın Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin mali katkısıyla hazırlanmıştır. Bu yayının içeriğinden yalnızca Maden Sanayii İşverenleri Sendikası (MASİS) sorumludur ve bu içerik hiçbir şekilde Avrupa Birliği veya Türkiye Cumhuriyeti'nin görüş ve tutumunu yansıtmamaktadır.”



İNSAN KAYNAKLARININ
GELİŞTİRİLMESİ
PROGRAM OTORİTESİ



T.C. ÇALIŞMA VE
SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIğI
İŞ SAĞLIğI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



T.C. ÇALIŞMA VE
SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIğI



CDT
COTEZECH EXTRACTION AND MINING TECHNOLOGY

Yayına Hazırlayan
Maden Sanayii İşverenleri Sendikası

Maden Sanayii İşverenleri Sendikası
Birlik Mahallesi 411. Sokak No: 10 Pınar Kalemci Apt.
4. Kat No: 11 Çankaya / ANKARA
info@masis.org.tr
0 312 473 8292

Bu rehberde yer verilen bilgiler proje kapsamında "Kömürün Kendiliğinden Yanması" adlı kitaptan faydalanılarak hazırlanmıştır.

İçindekiler

	Sayfa
Önsöz.....	4
1. Kömürün Kendiliğinden Yanma Olgusu.....	5
2. Kendiliğinden Yanmanın Erken Tespiti.....	7
3. Kendiliğinden Yanma İle Mücadele Yöntemleri.....	11
3.1 Planlama Sırasında Yapılabilecek Çalışmalar.....	13
3.2 Üretim Sırasında Alınan Önlemler.....	15
3.3 Kendiliğinden Yanmanın Başlamasından Sonra Uygulanacak Yöntemler.....	19
4. Sonuç.....	22

Önsöz

Türkiye ile Avrupa Birliği arasındaki mali iş birliği kapsamında geliştirilen Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı "IPA II" altında, İstihdam, Eğitim ve Sosyal Politikalar Sektörel Operasyonel Programı Uygulaması kapsamında, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı AB ve Mali Yardımlar Dairesi Başkanlığı'nın, İnsan Kaynaklarının Geliştirilmesinden Sorumlu Program Otoritesi ve Sözleşme Makamı sıfatıyla yürüttüğü ve faydalanıcısı olduğu, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü'nün operasyon faydalanıcısı olarak yer aldığı, Kurumsal Kapasite Geliştirilmesi için Teknik Yardım Projesi olarak gerçekleştirilen İş Sağlığı ve Güvenliğinin Geliştirilmesi (IOHS) Hibe Programı'nda desteklenen ve Maden Sanayii İşverenleri Sendikası (MASİS) tarafından yürütülen, "Yeraltı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü ile ISG Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması" Projesi kapsamında yayınlanmış bulunan bu rehberi, sektör profesyonelleri ve karar alıcılarının hizmetine sunmaktan büyük memnuniyet duymaktayız.

Projemiz boyunca her konuda desteklerini bizlerden esirgemeyen Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nün birbirinden değerli akademisyenlerinin sunumlarını ve gerçekleştirilen analizlerden elde edilen verilere ilişkin yorumları içeren bu kıymetli rehberin vücuda gelmesinde büyük emekleri bulunan başta T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü ve AB ve Mali Yardımlar Dairesi Başkanlığı'nın yetkilileri olmak üzere tüm paydaş kuruluşlarımıza, kıymetli proje ekibimize, katılımlarıyla projemizi zenginleştiren MASİS üyesi kuruluşlara ve bilgi birikimlerini bu rehberde yansıtan değerli hocalarımıza teşekkürü bir borç biliyoruz.

Türkiye'deki yer altı kömür madeni işletmeciliğinde kendiliğinden yanabilirlik risklerine ilişkin farkındalığın yükselmesine ve bu alandaki iş sağlığı ve güvenliği bilincinin artırılmasına katkı sunmayı amaçlayan projemizden elde edilen somut çıktıların planlanan hedeflere ulaşma yolunda dikkate değer değişikliklere vesile olmasını temenni ediyor, tüm madencilik sektörümüze iş sağlığı ve güvenliği kurallarına tamamen uyumlu, sağlık ve esenliklerle dolu çalışmalar diliyoruz.

Saygılarımızla.

Maden Sanayii İşverenleri Sendikası

1. Kömürün Kendiliğinden Yanma Olgusu



Günümüz dünyasında küresel ısınmanın en önemli sebeplerinden biri olarak sera gazlarının gösterilmesi kömür kullanımını tartışılabilir hale getirirse de ekonomik nedenlerle Dünya genelinde kömürün bir enerji kaynağı olarak daha uzun süre geçerliliğini koruyacağı açıktır.

Kömürün yerinde kendiliğinden yanmasının engellenememesi durumunda, 'Kömür Yangınları' küresel bir problem olarak insan sağlığına, doğal yaşama ve çevreye ciddi tehditler oluşturmaya devam edecektir. Yaşanılan can kayıplarının yanı sıra yangınları söndürme çalışmalarında sarf edilen büyük harcamalar, rezerv ve sermaye kayıpları bu olgunun taşıdığı riskleri gözler önüne sermektedir.

Kömür, oksijen ile temas ettiğinde; normal atmosferik koşullar ve düşük sıcaklıkta da olsa, oksijen sorpsiyonu (soğurma) gerçekleşmekte, oksitlenme sonucunda karbon monoksit (CO) ve karbon dioksit (CO₂) gazları ile ısı açığa çıkmaktadır.

Açığa çıkan ısının havalandırma ile atılamaması veya ısı üretim hızının havalandırma soğutma hızından yüksek olması durumunda, sıcaklık artacak ve oksitlenme hızlanacaktır.

Bu olay, ortamda sıcaklığın kömürün yanma ısısına ulaşmasına kadar sürecek ve açık alev ile yanma şeklinde sonuçlanacaktır.

Kömürün yavaş oksitlenme ile kendiliğinden ısınması ve ısı birikimi ile de yanmaya kadar gidebilmesi, madencilikte "kendiliğinden yanma" olarak adlandırılmaktadır.

Bu durum toplu ölümlere neden olabilmektedir. Yangının kontrol altına alınamayarak panonun terk edilmesi durumunda ise hem önemli miktarda rezerv kaybı hem de bu bölgedeki ekipman ve malzemelerin kaybedilmesi önemli maddi kayıplar oluşturmaktadır.

1. Kömürün Kendiliğinden Yanma Olgusu

Kendiliğinden yanmanın metan hava karışımının da patlamasına neden olduğu bilinmektedir. Kömürün kendiliğinden yanmasının önlenmesi çalışmalarının sürdürülmesi, kömürün insanlığın ve doğal yaşamın zarar görmemesi adına daha temiz ve güvenli enerji kaynağına dönüştürülmesi için bir zaruret oluşturmaktadır.

Kendiliğinden yanma veya oksidasyon konusunda gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilere göre olayın bütün ocaklarda aynı ağırlıkta sorunlar yaratmadığı bilinmektedir. Bazı kömür damarları kendiliğinden yanmaya diğerlerinden daha yatkın durumda bulunurken, bazen de aynı kömür damarının değişik yerlerinde farklı yatkınlıklar gözlenebilmektedir. Bunun nedeni, kendiliğinden yanma olayının meydana gelmesinde; kömürün yapısal özelliklerinin yanı sıra, çevresel koşulların da önemli rol oynamakta oluşudur.

Bu nedenle, kömürün kendiliğinden yanması olayı sürekli olarak araştırılmaya ve geliştirilmeye gereksinimi olan bir konudur. Olayı etkileyen parametrelerin tam olarak bilinmemesi veya çok fazla olması, bilimsel olarak sürekli araştırılmasını ve bu araştırmaların birçok disiplinden bilgi akışıyla ve mesleğe ait özel bir ilgi ile desteklenmesini gerektirmektedir.

Bununla beraber, bu konu ile ilgili araştırmalarda önemli bir yaklaşım, kömürlerin kendiliğinden yanmaya bünyesel (doğal) yatkınlıklarının saptanmasıdır. Diğer bir deyişle, farklı kömür madenciliği koşulları altında çevresel faktörlerin etkilediği yangın riskinin saptanması kadar, belirli bir kömürün bünyeden gelen yatkınlığını yansıtan ve önceden tedbir alınmasına olanak sağlayan bünyesel bir risk indeksinin bulunmasına da gereksinim vardır.

2. Kendiliğinden Yanmanın Erken Tespiti



Kömürün otooksidasyonu sonucu meydana gelen kızışma olaylarının mümkün olduğunca erken belirlenmesi, ortaya çıkabilecek zararları en alt düzeyde tutabilmek açısından önemlidir. Sıcaklık arttıkça oksidasyon ve gaz çıkışı hızlanmakta bununla birlikte olayın ileri aşamalarında sorunlar ağırlaşmaktadır. Bu nedenle olayın erken tespiti ve gelişmesini sınırlandırmak için gerekli tedbirlerin alınması önem taşır. Bu amaca yönelik izleme ve değerlendirme çalışmalarında esas alınan ölçütler, üç ana başlıkta toplanabilir.

- Koku
- Sıcaklık artışı
- Yanma Gazları

KOKU

Oksidasyonun başlangıcından itibaren ilk yangın izlerinin duyu organları tarafından hissedilmesi birkaç saat veya haftalarca sürebilmektedir. Bu süreye inkubasyon (kuluçka) periyodu adı verilmektedir. Terleme ile indikasyon periyodu başlar. Terlemeden sonra karbonmonoksit ve karbondioksit oluşumu artar ve petrolümsü bir koku hissedilir. Koku bu olgunlaşma zamanının başladığını ve kısa sürede yangın meydana gelebileceğini simgelemektedir. Ancak yangın kokusunu veren etilen ve propilen gazlarının oluşumu 150 °C civarındaki sıcaklıklarda gerçekleştiğinden, koku algılandığı zaman, yangınla mücadele açısından geç kalınmış olmaktadır. Pek çok ocakta yangın kokusunun fark edilmesi sonucunda yangınla mücadelede başarı elde edilmişse de yöntem önemli sakıncalar içermektedir.

2. Kendiliğinden Yanmanın Erken Tespiti

SICAKLIK ARTIŞI

Saraç (1992) konu ile ilgili olarak; "Oksidasyon ekzotermik bir reaksiyondur. Bu nedenle kızışmanın en belirgin göstergesi sıcaklık artışıdır. Ancak sıcaklıktaki ilk değişimler kızışan ortam çevresi ile sınırlı kalmakta, havalandırma havasındaki sıcaklık artışları çok daha ileri aşamalarda gözlemlenmektedir. Ayrıca kızışmanın ilk aşamalarındaki sıcaklık artışları kolayca seyreltilmekte, ısısal sensörler etkilenen alana çok yakın yerleştirilmedikçe, sıcaklıkta kayda değer değişimler fark edilememektedir Yangına karşı erken uyarı sistemlerinde kullanılan sensör tiplerinden birisi ocak havasındaki sıcaklık değişimini esas alan sensörlerdir. Ancak sıcaklık artışının etkili bir şekilde izlenebilmesi için çok sayıda sensörün ocak boyunca ve özellikle şüpheli bölgelere çok yakın yerlere yerleştirilmesi gerektiğini" vurgulamaktadır.

YANMA GAZLARI

Kömürün kendiliğinden yanma mekanizmasını açıklamaya yönelik laboratuvar araştırmaları düşük sıcaklıklardan itibaren, oksidasyonun her aşamasında çok çeşitli gazların ortaya çıktığını göstermiştir. Kömürün karmaşık yapısı ve kızışma olayını etkileyen faktörlerin çok fazla olması gibi nedenlerle oluşan zincirleme tepkimeler sırasında açığa çıkan gazlar için genel kapsamlı formüller vermek mümkün değildir. Ancak düşük sıcaklıklardan başlayarak olayın farklı aşamalarında çeşitli gazların açığa çıktığı bilinmektedir. En erken oluşan gaz karbonmonoksit olup 30-40 oC sıcaklıklarda dahi ölçülebilmektedir. Bu değer hidrojen için 80-100 oC propilen gazı için ise 150 oC civarındadır (Saraç 1992, Ökten vd. 1998).

Ayrıca Chakravorty ve Feng (1978), Saraç (1992) çalışmalarında; "Kanada kömürleri üzerinde yapılan dinamik oksidasyon deneyleri sonucunda kızışma süresince, karbonmonoksit, karbondioksit, hidrojen, metan, etan, propan, propilen, bütan ve izobütan gazları gözlenmektedir. Karbonmonoksit oluşumu kızışmanın ilk aşamalarında başlamakta, sıcaklıkla çok hızlı bir artış trendi göstermektedir. Hidrojen gazı 85 oC derece civarında gözlenmeye başlanmakta, 150 oC'den sonra artış hızı yükselmekte, 200 oC de en yüksek değeri aldıktan sonra düşme eğilimi göstermektedir" demişlerdir. Etan ve Etilen 150 oC civarında çıkmaya başlamakta, daha sonra giderek artış göstermektedir. Sıcaklığın artışı ile çıkan gazlar Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Karbonmonoksit, hidrojen, etilen ve propilen gazları "dedektör gazlar" olarak isimlendirilir. Dedektör gazlar içinde kızışmanın gelişimi en iyi karbonmonoksit ile izlenebilmektedir

Saraç (1992) ise "Pek çok yangın gazı arasında kızışmanın erken belirlenmesinde parametre olarak kullanılabilecek özelliklere sahip gibi görünen ve aşağıda verilen birkaç gazın bir kez daha ele alınması yararlı olacaktır" diye belirtmiştir.

Hidrojen

Bu konuda Saraç (1992), "Hidrojen gazı 80-100 oC civarında gözlenmeye başlanmakta, 220 oC ye kadar çıkışı hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu eğilim, hidrojen gazının yangın parametresi olarak kullanılabileceği izlenimini yaratmakla birlikte, 220 °C den sonra hidrojen çıkışının düşüşe geçmesi bu fikri geçersiz kılmaktadır. Yüksek sıcaklıklardaki bu düşüş, sıcaklığın artmasıyla oksijen oranının azalması, düşük oksijen seviyelerinde karbon-oksijen reaksiyonunun öncelik alması ile açıklanmaktadır" diye ifade etmektedir.

2. Kendiliğinden Yanmanın Erken Tespiti

Etilen ve Propilen

Saraç (1992) yine aynı çalışmasında, "Bu gazlar 150 oC civarında birlikte oluşmakta, sıcaklık artışı ile kararlı bir şekilde artış eğilimi göstermektedirler. Bu özelliklerinden dolayı kızışmanın belirlenmesinde bazı araştırmacılar tarafından bu gazlar önerilmektedir. Ancak, sadece yangın ürünü olmayıp kömürün doğal gazlarından olmaları, pratikte ölçümlerinin güç oluşu, erken uyarı sistemlerine uygun olmayışları, karbonmonoksit ile kıyaslandıklarında yangının çok daha sonraki aşamalarında oluşup, artış hızlarının çok yavaş oluşu bu önerilerin pratikte fazla kabul görmemesine neden olmuştur" demektedir.

Karbondioksit

Kendiliğinden kızışma olayında çok düşük sıcaklıklarda dahi karbondioksit çıkmakta ve zincirin her aşamasında oluşumu sürmektedir. Ancak sıcaklıkla kararlı bir artış göstermemesi ve kendiliğinden yanma dışında pek çok kaynaktan karbondioksit geliri olabilmesinden dolayı bu gaz tek başına yangın göstergesi olarak kullanılamaz. Bununla birlikte diğer gazlarla beraber göz önüne alındığı bazı yangın indeksleri faydalı sonuçlar vermiştir.

Karbonmonoksit

Yangın gazları arasında yangının gelişimini en iyi ifade eden ve kızışmayı en erken işaret eden gazın karbonmonoksit olduğu gerek literatürde gerekse madencilik pratiğinde genel kabul görmektedir. Günümüz yeraltı kömür madenciliğinde, manuel ölçüm yoluyla veya sürekli izleme teknikleriyle yangının haber alınmasında parametre olarak bu gaz kullanılmaktadır. Diğer yangın ürünleri ile karşılaştırıldığında, karbonmonoksite üstünlük kazandıran unsurlar şöyle sıralanabilir (Saraç 1992):

- Kızışma olayında en erken oluşan gaz karbonmonoksittir. 30°C gibi çok düşük sıcaklıklarda dahi gözlenebilmektedir.
- Sıcaklık artışı ile en hızlı konsantrasyon artışı gösteren gaz karbonmonoksittir. Hidrojen 10 ppm'e ulaşıncaya kadar karbonmonoksit oranı çoktan 100 ppm'e ulaşmaktadır. Etilen ve propilen'in 10 ppm'e ulaştığı andaki karbonmonoksit konsantrasyonu ise 1000 ppm'lik çok yüksek değerlere çıkmaktadır.
- Kızışma süresince karbonmonoksit çıkışı kararlı bir davranış göstermekte, sıcaklıkla logaritmik olarak artmaktadır. Hidrojen gazı çıkışı 220 oC civarına kadar artan bir hızla yükselirken, bu sıcaklıktan sonra azalma eğilimi göstermektedir. Karbondioksit ise kararsız bir davranış göstermektedir.
- Gerek klasik yöntemlerle gerekse erken uyarı sistemleri ile izlenmeye çok uygundur.

Ocak havasındaki karbonmonoksit konsantrasyonunun gelişimini gözleyerek kızışmayı kontrol etmede, hava miktarındaki değişmelerin karbonmonoksit oranını değiştireceği, dolayısı ile hatalara yol açacağı düşünülebilir. Bu olasılık karbonmonoksit oranı ile birlikte, oksijen tüketimini de hesaba katan indekslerin kullanılmasıyla ortadan kaldırılmaktadır.

Sonuç olarak, yangın gazları arasında kızışmanın gelişimini en iyi ifade eden gazın karbonmonoksit olduğu açık biçimde görülmektedir. En iyi çözümün damardan alınan numunelerin kendiliğinden yanma özelliklerinin laboratuvar araştırılması ile belirlenmesi olduğu açıkça görülmektedir.

2. Kendiliğinden Yanmanın Erken Tespiti

ERKEN UYARIDA MERKEZİ İZLEME SİSTEMİ

Yılmaz (2016) yaptığı çalışmada, ocak içerisindeki karbondioksit, karbonmonoksit, oksijen, metan, hidrojensülfür, nem, ısı, duman, havalandırma basınçları, hızları ve yönleri sürekli takip edilip elektronik olarak kayıt altına almak üzere ocağın stratejik yerlerine sensörler konulması gerektiğini belirtmektedir. Çalışanların tahliyesini sağlamak için otomatik alarm sistemleri kurulmalıdır. Gaz konsantrasyonlarının, karbonmonoksitin oksijene oranının, karbonmonoksitin karbondioksite oranının, gazların patlama özelliğinin, havalandırma basınç hız ve yönündeki anormal değişikliklerin merkezi izlemede kullanılan monitörler tarafından izlenebilmesi gerektiğini ifade eden Yılmaz (2016), bu ölçümlerin mevzuatta belirtilen değerleri aştığında kurulan alarm sistemini otomatik olarak aktif hale gelmesi gerektiğini belirtmektedir. Alarm sistemi belirlenen yerüstü noktalarında kolaylıkla fark edilebilen görülen ve işitilen sinyaller vermelidir. Merkezi izleme sistemi yapmış olduğu ölçümleri ve eğimleri kayıt etmelidir. Bu kayıtlar anlaşılır, ulaşılabilir, denetlenebilir olmalı ve muhafaza edilmelidir. Elektriğin kesilmesi halinde Merkezi İzleme Sisteminin fonksiyonlarını devam ettirebilmesi için alternatif bir akım desteği olmalı, havalandırma dursa dahi güvenli şekilde çalışmaya devam etmelidir. Merkezi izleme sisteminin sinyallerini izleyecek ve gerekli cevapları ve tepkileri anında verebilecek, özel eğitim almış Merkezi İzleme Sistemi Operatörleri yetiştirilip istihdam edilmelidir. Merkezi izlemede sensörlerin yerlerini, tiplerini bu yerlerde olan hava akım yönünü ve son değişiklikleri de gösteren güncel bir harita ve plan oluşturulmalıdır. Yerüstünde acil durumda madeni boşaltmaktan sorumlu kişi dâhil Merkezi İzleme Sistemi (MİS) Operatörlerinin ve diğer uygun personelin isimleri ile bu kişilerle iletişimi sağlayan bir liste oluşturulmalı ve güncel tutulmalıdır” diye belirtmektedir.

Kendiliğinden yanmanın gelişimini en iyi ifade eden gazın karbonmonoksit olduğu ancak ocak havasındaki karbonmonoksit oranının gözlenmesinin bazı sakıncalar içerdiği bilinmektedir. Ancak karbonmonoksit konsantrasyonunun erken uyarı sistemleri ile kısa periyotlarla sürekli gözlenmesi ve sonuçların manyetik bir ortamda kaydedilmesi durumunda ateşlemelerden ve egzoz dumanlarından kaynaklanan piklerin kolayca ayırt edilebileceği bilinmektedir. Gerçekten bu sistemlerle ocak havasındaki yangın kaynaklı karbonmonoksit trendlerinin belirlenmesinde bir güçlükle karşılaşılmamakta karbonmonoksit analizleri çok kısa zaman aralıklarında alındığından hava miktarındaki değişimlerin olumsuz etkisi de minimize edilebilmektedir.

Sonuç olarak; erken uyarı sisteminin kullanıldığı modern ocaklarda tek başına karbonmonoksit oranının gözlenmesi, bu verilerin bilgisayar ortamında yorumlanması, kızışmanın erken belirlenmesinde en etkili ve pratik yoldur.

3. Kendiliğinden Yanma İle Mücadele Yöntemleri



Ocağın henüz planlandığı aşamada kendiliğinden yanma riskinin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Planlama aşamasında kömür analizleri ile birlikte kömürün bünyesel yatkinliği saptanarak buna göre üretim yöntemi belirlenmelidir. Kömür kendiliğinden yanmaya yatkinlik gösteriyorsa dönümlü ayak uygulaması seçilmelidir. Damardaki süreksizlikler (fay vs) havalandırmayı etkilediğinden ocak jeolojik olarak iyi etüt edilmiş olmalıdır. Havalandırmadaki basınç farklarına neden olan kapılara ve kesitlerde yaratılan daralmalara ocaklar planlanırken özellikle dikkat edilmeli ve bu sonuçları doğuracak bir tasarım tercih edilmemelidir. Hava basınç farkına neden olma riskinden ötürü hava kapılarının minimum düzeyde kullanılması gerekmektedir. Az miktarda da olsa aldığı hava nedeniyle kızışmayı arttırarak kendiliğinden yanmayı sebebiyet verme potansiyeline sahip olan göçük arkasındaki kömürün en az miktarda tutulması büyük önem taşımaktadır. Bu bölgeye havanın ulaşamaması için dolgu malzemeleri kullanılarak kapatılması gerekmektedir. Mekanize kazıdan kaynaklanan yüksek oranda kömür tozu, çalışma ortamında öngörülmesi mümkün olmayan patlamalara neden olabilir. Yanıcı maddeler, oksijen ve sıcaklığın birlikteliğinden meydana gelen yangını önleyebilmek için bu üç etkenden en az birinin deplase edilmesi zorunludur. Yangın küçük bir bölgede meydana gelmişse daha fazla büyümesine olanak vermeden kömür o alandan uzaklaştırılıp yanan kömür ve çevresine su ve köpük ile soğutma işlemi uygulanmalıdır. Oksidasyon güçlendikten sonra sıcaklığın uzaklaştırılması mümkün değildir. Havanın ortamdaki uzaklaştırılması işleminde ise yanıcı yüzey su ve ısıya dayanıklı, patlama dayanımı yüksek ve kolay uygulanabilir kaplama malzemeleriyle kapatılabilir. Yanan bölgede önemli teçhizatlar yok ise bölgeye su basılarak yangının önlenbilir.

Yanan bölgede önemli teçhizat kalmışsa yangının olduğu bölgeye inert gazları enjekte ederek oksijen derişimi düşürülebilir. Eğer yanma önlenememiş ve boyutu büyük ise yalıtımına dikkat edilerek barajlama işlemi yapılır (Ilıca 2020).

3. Kendiliğinden Yanma İle Mücadele Yöntemleri

Bir kendiliğinden yanma riski belirlendiğinde çalışanların derhal ocak dışına çıkartılıp, uygun donanımlara sahip kurtarma ekiplerinin olay yerine gönderilmesi gerekir. Ancak, çevre kayaçlardan yayılan aşırı ısı, tahkimatin yanması veya tavan tabakalarının kızışmasından dolayı göçmesi durumlarında, yangın bölgesine bu ekiplerin dahi gönderilmesi tehlikeli olabilir (Saraç 1992).

Kendiliğinden yanma ile mücadelede uygulanacak temel strateji yangının ulaştığı aşamalara göre şöyle sıralayabiliriz:

- Kızışmanın oluşumunu olabildiğince engellemek,
- Önlenemeyen kızışmaları olabildiğince en erken aşamada saptamak,
- Saptanan kızışmalar olabildiğince en kısa sürede, kızışma bölgesel boyutta iken müdahale etmek,
- Yangın büyük maddi kayıplar getirirse dahi, önce can güvenliğini düşünmek,
- Tam donanımlı tahlisiye istasyonlarını ve ekiplerini her an yangın çıkacakmış gibi göreve hazır tutmak,
- Bölgesel yangınla mücadele tekniklerinin başarılı olmaması ve yangının ilerlemesi durumunda, panoyu barajlayarak bölgeyi izole etmek
- Baraj gerisi atmosferini gözleyerek, barajlanmış yangının gelişimini izlemek.

Bu temel strateji çerçevesinde, kendiliğinden yanma olayı ile mücadelede en önemli görev maden mühendislerine düşmektedir. Ocak idaresinin daha ocak planlama aşamasından başlayarak, gereğini yerine getirmesi yaşamsal önem taşıyan pek çok yükümlülüğü bulunmaktadır. Kömürün kendiliğinden yanmasını yönelik önleme çalışmaları başlıca üç başlık altında toplanmaktadır.

1. Planlama Sırasında Yapılabilecek Çalışmalar
2. Üretim Sırasında Alınan Önlemler
3. Kendiliğinden Yanmanın Başlamasından Sonra Uygulanacak Yöntemler

3.1 Planlama Sırasında Yapılabilecek Çalışmalar



Bir damarda üretime geçmeden önce damardan uygun şekilde numuneler alınarak damarın kendiliğinden yanma özelliklerinin araştırılması gerekir. Fiziksel, kimyasal ve petrografik analizler yapıldıktan sonra, bu örnekler üzerinde yürütülen laboratuvar çalışmaları, damarın oksidasyon davranışlarını ortaya koyar, uygulanacak üretim ve kazı sisteminin seçiminde ve alınacak önlemlerin belirlenmesinde temel verileri sağlar. Damarda daha önce başka panolar işletilmişse veya çevrede daha önce çalışılmış eski üretim yerleri varsa, buradaki çalışmalar sırasında edinilen deneyimler mutlaka göz önünde tutulmalıdır. En güvenilir verilerin uygulama sonuçları olduğu unutulmamalıdır. Damar özellikleri ve çevre koşulları değerlendirilerek çalışılacak damarın risk indeksi belirlenmelidir. Hesaplanan indeks değeri, kendiliğinden yanmaya yakınlıkta yüksek veya orta değeri işaret ediyorsa, kızıışmaya karşı üst düzey önlemler alınmalıdır (Saraç 1992).

3.1 Planlama Sırasında Yapılabilecek Çalışmalar

Uygulanacak kazı ve üretim yöntemi, projelendirme aşamasında veriler göz önünde tutularak seçilmelidir. Yangına yatkın damarlarda:

- Uzun ayak yöntemi uygulanacaksa mutlaka dönümlü ve dolgulu çalışma düzeni tercih edilmelidir. Böylece kaçaklar minimize edilebilir ve havalandırma randımanı yüksek tutulabilir.
- Üretim boşluklarının ramble malzemesi ile doldurularak tavanın kontrol edilmesi, kızışmaya uygun ortamların yok edilmesinde çok etkin bir yoldur. Özellikle hidrolik ve pnömatik dolgu gibi randımanı oldukça yüksek olan ramble yöntemlerinde tavan kontrollü bir şekilde oturmakta, tavan çatlakları minimum düzeyde kalmaktadır. Ayak arkası boşlukları da büyük oranda doldurulduğundan, hava kaçakları en aza indirilmekte, kızışma için en uygun ortamı oluşturan ayak arkası göçüğü tehlike olmaktan çıkmaktadır.
- Ayak arkasının tamamen doldurulmasının maliyetleri çok yükseltmesi durumunda, taban yolu kenarları şerit dolgu yapılabilir. Uygulamada bu yöntem ile büyük başarılar elde edilmiştir.
- Ayak boyu ve ilerleme hızının seçiminde kızışma tehlikesi mutlaka göz önünde tutulmalıdır. Kızışma zamanla gelişen bir olaydır. Bu nedenle ayak uzunluğu az, ilerleme hızı yüksek olan ayaklar oluşturulmalıdır. Arının hızlı ilerletilmesi durumunda bir bölgedeki oksidasyon kızışmaya dönüşmeden çok gerilerde kalır. Oksijen gelirin kesilmesi ile de yangın boğulur. İlerleme hızının yüksek tutulabilmesi, ayak uzunluğunun kısa olmasını, mekanize kazı veya tahkimat araçlarının kullanılmasını gerektirir.
- Mekanize kazı araçlarının kullanımı ise, kömürün daha çok ufalanmasına ve parça boyutunun küçülmesine neden olur. İnce parça oluşumunu olabildiğince düşük tutacak bir matkap düzeni seçilmelidir.
- Kalın damarlarda kızışmaya yatkın kısımlar daha önce kazılmalı, üretim kayıpları çok az olan bir üretim yöntemi seçilmelidir. Üretim kayıpları yüksek olan blok göçertme yöntemlerinden kaçınılmalıdır.
- Ocak havasının sürekli denetiminde kullanılacak donanım için gerekli yatırımlar yapılmalıdır.
- Havalandırma şebekesinin tasarımında yangın tehlikesi mutlaka gözönünde tutulmalı, olabildiğince birbirinden bağımsız devreler oluşturulmalıdır (Saraç 1992).
- Topuklarda mukavemet hesabı ve oluşabilecek çatlaklardaki kendiliğinden yanma ihtimaline karşı periyodik kontrol yapılmalıdır.

3.2 Üretim Sırasında Alınması Gerekli Olan Önlemler



Kendiliğinden yanmayı erken tespit ederek önlem alabilmek amacıyla üretim esnasında düzenli olarak hava numuneleri alınmalı ve izleme yapılmalıdır. Bir yeraltı kömür ocağının saha koşullarına bağlı olarak, numune alma yerleri ve sıklığı belirlenmeli ve gerektiğinde değiştirilmelidir. Gaz yönetiminin ayrılmaz bir parçası olarak gaz izleme, potansiyel ısınma göstergesinde vazgeçilmez bir rol oynar. Avustralya'da, normal gaz arka planının oluşturulmasına ve normal değerden herhangi bir değişiklik olduğunda anında uyarı verilmesine yardımcı olmak için gerçek zamanlı sensörler, tüp demeti sistemi, kişisel taşınabilir sensörler ve periyodik torba numuneleri dahil olmak üzere entegre bir gaz izleme sistemi yaygın olarak uygulanmaktadır ki bu durum, kendiliğinden yanmanın erken tespitine ve dolayısıyla önlenmesine yardımcı olabilir.

Bu amaçla kullanılan ve farklı gazları sürekli olarak izleyebilen farklı tipte sensörler vardır. Özel gereksinimlere bağlı olarak, bazı sensörler dört tipik gazı algılayabilir: CO, CO₂, O₂ ve CH₄; diğer sensörler ise CO veya CH₄ gibi tek bir belirli gazın algılanmasına hizmet eder. Birçok kömür madeninde sensörler CO ve CH₄'ü aynı anda algılayabilir. Bu sensörler, stratejik konumlardaki farklı tipik gazların gerçek zamanlı ve sürekli bir şekilde izlenmesini sağlasa da, sınırlı gaz algılama aralığı ve hizmet ömrü, sensör bakımı ve ayarı, oksijen için uygun olmaması gibi bazı dezavantajlara sahiptir.

3.2 Üretim Sırasında Alınması Gerekli Olan Önlemler

Tüp demeti (TD) sistemi, plastik tüpler aracılığıyla birden fazla yeraltı konumundan numuneleri sürekli olarak çekebilir ve bunları sırayla analiz edebilir. Sistemin analiz edebildiği tipik gazlar CO, CO₂, O₂ ve CH₄'tür. Yeraltı TD tüp demeti lokasyonlarından gaz örnekleri, (Gaz Kromatografisi ile karakteristik gazların daha hassas analizi için) özel gaz torbaları kullanılarak toplanabilir. TD sistemi, karakteristik gazların uzun vadeli eğilimi, geniş gaz algılama aralığı, kolay bakımı, uzun hizmet ömrü ve bir patlamadan sonra hala çalışabilir olması gibi büyük avantajlara sahiptir. Bununla birlikte, esas olarak yeraltı TD lokasyonlarından yüzey TD merkezine olan mesafeye bağlı olarak zaman gecikmesi, tüp tıkanması veya sızıntısını önlemek için düzenli TD denetimi ve bakımı ve her bir TD konumu arasında sonuç analizi döngüsü gibi bazı dezavantajlarla karşı karşıyadır.

Avustralya yeraltı kömür madenlerinde, hem gerçek zamanlı sensör sistemi hem de TD sistemi, normal olarak, belirli izleme konumlarında gaz konsantrasyonunu ve oranlarını görüntüleyebilen "Safegas" (Martin ve Clough 2021) adlı bir yazılım sistemine dahil edilmekte olup tetikleyici gaz seviyelerine ulaşıldığında uyarı vermektedir. İzleme verileri ve uyarılar, TD'nin uzaktaki merkezi kontrol odasında da eş zamanlı analiz edilebilir, böylece anormal durumlar görevliler tarafından zamanında fark edilebilmekte ve önlem alınabilmektedir.

El tipi portatif gaz monitörleri de yeraltı kömür madenlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeraltı işleri yaparken, kömür işçileri, ilgili alanlarda gaz seviyelerinin ayrıntılı bir şekilde izlenmesini sağlayan bir el tipi gaz monitörü ile donatılmıştır. Ayrıca, bu portatif gaz monitörü, yeraltı madencilerini, mühürlere veya duraklara yakın alanlar gibi riskli alanlardaki potansiyel yüksek gaz seviyelerinden korumaya yardımcı olmaktadır.

GC kullanılarak gaz bileşimini daha fazla analiz etmek için ilgili alanlarda rutin olarak gaz örnekleri alınmaktadır. GC, C₂H₄, C₂H₆, C₂H₂, H₂ gibi dört tipik gaz dışında çok çeşitli gazları doğru bir şekilde tespit edebilmektedir. Bu nedenle, operatörlerin GC kontrolü ve veri analizi konusunda iyi bir kavrayışa sahip olmaları gerekmektedir.

Yukarıdaki gaz örnekleme ve izleme tekniklerine ek olarak, belirli bir yerdeki hava akış oranlarını kaydetmek için kritik yeraltı konumlarına hava hızı izleme sensörleri kurulmaktadır. Spesifik sahaya bağlı olarak, hava akış hızı buna göre düzenlenmeli ve kontrol edilmelidir.

Erken Tespit:

Kömürün kendiliğinden yanma riskinin bulunduğu işletmeler, kurulacak olan merkezi izleme sistemiyle entegre çalışacak olan sensör sayıları belirlenirken dikkate alınmalıdır. Bu sistemin dışında kömürün risk taşıyan yerlerde sıcaklık ve gaz ölçümleri gerçekleştirilerek ortaya çıkarılan sonuçlar, MİS verileriyle mukayese edilmelidir.

Göçükte Kömür Bırakmamak:

Ayak arkasındaki kızışmanın, buralarda kalan kömürlerden kaynaklandığı bilinmektedir. Kömür üretim esnasında en fazla şekilde ayak arkasında, göçükte, fay ve kırılma zonlarının olduğu yerlerde ve ayrıca damarın fazla kalınlaşma yaptığı yerlerde bırakılmaktadır. Bu şartlar altında kalındığında bütün tedbirlerin alınması önem arz etmektedir. Dolayısıyla madencilik tekniği ve işletme koşulları dikkate alınmalı ve ayak arkasında yani göçükte mümkün olduğunca kömür bırakılmamalıdır.

3.2 Üretim Sırasında Alınan Önlemler

Ayak İlerleme Hızını Optimize Etmek:

Kömürün kendiliğinden yanmasını önlemek veya etkisinden uzaklaşmak için çalışılan bölgedeki kömüre ait önceki yıllarda yapılan tüm madencilik faaliyetlerinden elde edilen veriler dikkate alınmalı ve ayak ilerleme hızının en uygun şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir. Ayak ilerleme hızının düşük ve göçükte kalan kömürün fazla olması kömürün kendiliğinden yanmasını kolaylaştıracak ve bunun sonucunda ortama dolacak gazların etki sahası içerisinde kalınması söz konusu olacaktır.

Hava Denetimleri Yapmak

Bir ocak havalandırılmasında özellikle kesit daralmalarının ve havalandırma kapılarının bulunduğu yerler direnç değişimlerine yol açtığı için çok dikkatli olunmalıdır (Kara 2015). Bu yüksek basınç farkları; eski imalatlara, göçüklere, çatlaklara giderek hava kaçacağını artırır. Böylece de havanın bu çatlaklardan diğer çevre katmanlarına kaçak yapması, çeşitli kızışmalara sebep olmaktadır. Bu nedenle eski çalışılan ve kapatılan alanlara (eski imalatlar) yakın yerlerde, topuklarda ve kömür içerisinde sürülmüş galerilerde çalışılırken hava basıncının artmasına neden olacak tüm durumlardan kaçınılmalıdır. Bu tür yerlerde hazırlık çalışmaları yapılırken kayaç yapısına uygun patlatma metodu oluşturulmalıdır. Patlatma tavan, taban ve yan duvarların örselenmesini önleyecek bir durumda yapılmalı ve bu sayede havalandırmada meydana gelecek gereksiz direnç oluşumları önlenmelidir.

Kalın Damarlarda Alınan Önlemler:

Kalın damarlarda ayak arkasında kömür bırakılmamasına dikkat edilmelidir. Tavan taşı bünyesinde yer alan ince damarlar ayrıca kömür ve yan kayaçlardaki faylanmalar sebebiyle oluşan kırık zonlar, risk oluşturmaktadır. Kalın damarlarda uygulanan katlı-dilimli üretim yöntemlerinde, üretim sonrası kömür parçalarının göçükte kalması son derece tehlikelidir. Bu tür çalışmalarda, bir alt dilim çalışması dizayn edilirken, üst katta bırakılması ihtimali olan kömürlerin kendiliğinden yanma süresinden önce kazı hızı ayarlanarak tamamlanması olası yangını büyük ölçüde önlenmiş olacaktır.

Tasman Etkisi:

Yılmaz (2016) çalışmasında, tasman nedeniyle meydana gelen ve yeryüzüne kadar ulaşan çatlakların, havalandırma hesaplarını bozarak kendiliğinden yanmaya neden olduğunu belirtmektedir. Ocağa giren ve çıkan hava miktarı, emici havalandırmada tasmandan gelen hava ile artmakta ve üfleyci havalandırmada ise ocağa basılan havanın bir kısmı yeryüzüne kaçak yapmaktadır. Tasmanlara kaçan hava ise daha üst kotlardaki önceki çalışma bölgelerinde yangına sebebiyet vermektedir. Ayrıca tasmandan gelen hava bu yangını ocaktaki mevcut çalışma alanına da taşıyabilmektedir. Bundan dolayı Yılmaz (2016) tasman etkisinin dikkate alınıp gün ve yıl bazındaki değişmelerin takip edilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Eski İmalatlarda Alınan Önlemler:

Çalışması biten ve kömürü alınan yerler hava ve insan girişini önleyecek şekilde kapatılmalıdır.

3.2 Üretim Sırasında Alınması Gerekli Olan Önlemler

Topuk Kontrolü Yapmak

Ökten vd. (1998), Yılmaz (2016) çalışmalarında; “Topuklarda meydana gelecek çatlaklar oksijeni topuğun iç kısımlarına taşıyacağından işletme şartları gereği bırakılacak topuğun mukavemet hesabını iyi yapılması gerekmektedir. Topuğun yeterinden az bırakılması fazla çatlaklara veya serbest yüzey oluşumuna ve oksijenin topuğun iç kısımlarına ulaşmasına neden olur. Bu nedenle ocakta bulunan mevcut topuklardaki çatlaklar kendiliğinden yanma ihtimaline karşı periyodik olarak kontrol edilmelidir (CO ve ısı ölçümü topuklarda periyodik olarak yapıp kayıt altına alınmalıdır)” diye ifade etmektedirler.

Baraj ve Kapı Malzemesi Bulundurulması:

Yine Yılmaz (2016) çalışmasında; “Yeraltında olabilecek kendiliğinden yanma olaylarına acil müdahale edebilmek için yeraltında veya yer üstünde havalandırma barajı, kapısı, perdesi yapımında kullanılacak malzeme yedek olarak bekletilmelidir ve kömür yangınlarında hava yastıklarının kullanılma imkânları araştırılmalıdır” diye bildirmektedir.

Tatil Dönüşünde Denetim:

Tatil günlerini takip eden çalışma günlerinde kömürün kendiliğinden yanması hususu özellikle dikkate alınmalı ve özel olarak denetimler gerçekleştirilmelidir.

Merkezi İzleme Sisteminin Kullanılması:

Uzaktan izleme ve kontrol sisteminin ana amacı “iş sağlığı ve iş güvenliği” ni arttırmaktır. Sistem birçok özellikleri sonucu iş güvenliğini tehlikeye sokabilecek durumların önceden saptanmasına yardımcı olmakta ve verimi yükseltmektedir. Her alanda olduğu gibi madencilik alanında da teknolojik yeniliklerden yararlanmak kaçınılmaz olmaktadır. Üretim yapılan ocak sayılarının artması, yayılması ve derinleşmesi sonucunda çalışılan ortamların daha güvenilir ve sağlıklı hale getirilmesi için uzaktan izleme ve kontrol sistemlerinin kullanılarak tüm ocakların tek bir merkezden izlenmesi gerekli hale gelmiştir.

Dedektörcülerin Yaptığı Denetimler

Yılmaz (2016) çalışmasında; “İş Güvenliği ve Sağlığı Başmühendisliği’ne bağlı dedektörcü unvanındaki personel ile ocağın stratejik yerlerinde; karbonmonoksit, karbondioksit metan, oksijen, hidrojen sülfür, nem, ısı, duman, havalandırma basınçları, hızları ve yönleri gibi ihtiyaç duyulacak diğer ölçümlerin, yapılması gerekmektedir. Dedektörcülerin ölçümleri ile Merkezi İzleme Sisteminin ölçümleri, kömürün kendiliğinden yanmaya başladığı yerin erken tespiti, yangın süresince ve yangın sonrasındaki gaz çıkışlarının incelenmesi bakımından karşılaştırılmalıdır” diye söylemektedir.

3.3 Kendiliğinden Yanmanın Başlamasından Sonra Uygulanacak Yöntemler



Kendiliğinden yanma ile mücadelede temel hedef kızışmaya uygun ortamları yok ederek, kızışmanın gelişmesini önlemektir. Ancak, tüm önlemlerin alındığı düşünülen panolarda bile, beklenmedik kızışma olaylarıyla karşılaşılabilir. Bu durumda kendiliğinden yanma ile aşağıdaki doğrudan mücadele yöntemleri derhal devreye sokulması gerekir.

Yanan Kesimi Kazarak Uzaklaştırmak:

Merkezi izleme sistemi, gaz ölçümleri veya kızıl ötesi sıcaklık ölçerler ile yapılan incelemeler sonucu elde edilen bulgular değerlendirilerek, kızışma merkezi kesin olarak belirlenir. Kızışmanın merkezi ulaşılabilir bir noktada ve küçük boyutta ise kömürün kazılarak uzaklaştırılması düşünülebilir. Yangın büyük kütleleri etkilemişse veya göçük içi gibi ulaşılabilen kısımlardaysa bu yöntem uygulanamaz. Uygulama yerleri taban yolları kenarları, topuklar ve küçük boyutlu kızışmalarla sınırlıdır. Özellikle galerilerde, başlangıç aşamasındaki yangınların söndürülmesinde etkilidir. Kazım işlemine başlamadan önce bölgedeki tüm personel geri çekilir. Kızışma bölgesi ile kontrol odası arasında haberleşme sağlanır. Kazılan kömür su veya köpük ile soğutulur, üzeri taş tozu veya izole edici maddelerle kaplanarak en kısa sürede yeryüzüne taşınır. İslatma sırasında zehirleyici ve patlayıcı olan su gazı oluşumuna karşı dikkatli olunmalıdır. İşlem, tüm ısınmış malzeme kazılıncaya kadar devam ettirilmelidir. Kazılarak alınan kısım taş malzeme ile doldurulmalı, yüzeyler hava sızdırmaz şekilde sıvanmalıdır. Bu işlemler süresince ekibe görev yapan elemanların uygun solunum aletleriyle donatılmış olması gerekir (Banerjee 1985, Saraç 1992, Ökten vd. 1998, Yılmaz 2016)

3.3 Kendiliğinden Yanmanın Başlamasından Sonra Uygulanacak Yöntemler

Yanan Kesimi İzole Etmek:

Saraç (1992), Ökten vd. (1998), Yılmaz (2016) çalışmalarında; "Bu yöntemde amaç, kızışan bölge civarına enjeksiyon yaparak yangının hava ile ilişkisini kesmek ve yangının boğulmasını sağlamaktır. Hava kaçaklarını kontrol altına almak da yangınla mücadelede etkili bir yöntemdir. Bu amaçla sızdırmazlık sağlayacak yüzeyin önü tahta perde ile kapatılır, arada kalan boşluk kil (bentonit), kum veya taş tozu ile doldurulur. Özellikle göçük ve çevre kayaçlara, taban yollarından açılan sondajlarla (50 mm çaplı ve 2-6 metre uzunluğunda), taş tozu, çimento veya termik santral artığı kül enjeksiyonu ile yanan kısım izole edilmeye çalışılmalıdır" diye ifade etmişlerdir.

Yangın Sahasını Su ile Doldurmak:

Yine aynı çalışmalarında Saraç (1992), Ökten vd. (1998), Yılmaz (2016); yangın alanında önemli miktarda malzeme veya teçhizatın bulunmaması halinde bu bölümün su doldurulmak suretiyle yangının önlenebileceğini belirtmektedirler. Bu yöntem uygulandığı takdirde, saha yangın sonrasında tekrar açıldığında ocaktaki nem oranı yükselmiş olacağından, tekrar yanma için müsait koşullar oluşacağından dikkat elden bırakılmamalıdır. Kendiliğinden yanmaya eğilimli kalın damaralarda en alt kota inilerek tabakaların eğimi yönünde meyil yukarı çalışılması halinde göçük kısmı alt kotta kalacağından, ocağa gelen yeraltı suları göçük kısmına yönlendirilerek, göçüğün su içerisinde kalması sağlanırsa, ayak arkasında oluşacak kendiliğinden yanma olaylarının önüne geçilecektir" demektedirler.

İnert Gazların Kullanılması:

Yangın bölgesine azot, karbondioksit gibi inert gazları basarak oksijen konsantrasyonu düşürülmekte ve yangın öğelerinden birine bu yöntemle müdahalede edilebilmektedir. Ancak gerekli gaz miktarının fazla olması, maliyetinin yüksek olması, her yangına uygulanamaması gibi nedenler bu yöntemi sınırlandırmaktadır.

Yangın Barajları Yapılması:

Diğer yöntemlerle, oluşan yangının söndürülemezliği veya üretimi tamamlanan sahaların terk edilmesi durumunda bölge barajlar ile kapatılır. Yangın sahasının hava giriş ve dönüş yollarına kurulan barajlar hava kaçaklarını tamamen önleyecek nitelikte ve gaz patlamalarına karşı dayanıklı olmalıdır. Barajlama, kızışma bölgesine hava girişini önleyerek yangının uzun dönemde boğulmasını esas alan ve yangınla savaşımında ancak bölgesel tekniklerle sonuç alınmadığında uygulanan bir yöntemdir. Çünkü barajlama sonucunda terk edilen panoda önemli miktarda rezerv ve malzeme kayıpları söz konusu olur. Bu nedenle, kızışmanın erken belirlenerek barajlamaya gerek kalınmaması temel alınmalıdır.

Barajlanan pano yangın tamamen söndüğünde ve koşullar elverdiğinde bir süre sonra tekrar açılabilir. Bu işlem için baraj gerisi atmosferinden belli aralıklarla hava örnekleri alıp, gaz analiz değerlerinin gelişimini gözlemek gerekir. Yangının tamamen söndüğüne karar verilip, ilgili makamlardan izin alındıktan sonra, barajlar açılarak bu panoda yeniden üretime geçilebilir. Kömür ocaklarında üretimi tamamen bitmiş panolar da, hava kaçaklarını ve burada kalmış kömür tozlarının yangına neden olmasını önlemek için benzer şekilde barajlanarak kapatılır.

Uzun ayaklarda hava giriş ve dönüş yollarında yer alan yangın barajlarının, hava kaçaklarını tamamen önleyecek kalitede ve gaz patlamalarına karşı da dayanıklı olması esastır. Baraj civarındaki formasyonlar çatlaklı, faylı veya geçirimli olmamalıdır. Gerekirse çevre formasyonlara çimento enjeksiyonu yapılmalı veya bölge tamamen beton kemere alınmalıdır. Gaz ölçümlerini yapmak üzere barajların içine boru bırakılmalı, deveboynu kurularak baraj arkasında biriken suyun

3.3 Kendiliğinden Yanmanın Başlamasından Sonra Uygulanacak Yöntemler

tahliyesi sağlanmalıdır. Ayrıca barajlar su patlamalarına dayanıklı şekilde tasarlanmalıdır. Baraj yapımında kullanılacak yapı malzemeleri kolay temin edilmeli ve baraj yerinde her an kullanılmaya hazır durumda bulundurulmalıdır. Panonun kapatılmasına karar verildikten sonra barajların olabilen en kısa sürede kapatılması yangın bölgesinde oluşabilecek gaz patlamalarının önlenmesi, baraj yapım ekibinin güvenliğinin sağlanması ve yangının kısa sürede söndürülebilmesi açısından çok önemlidir.

Basınç Dengeleme Yöntemlerinin Uygulanması:

İlerlemiş kızılgmalarla savaşmada temel strateji yangın bölgesine gelen hava akımını kontrol etmektir. Bu amaçla uygulanan yöntemlerden birisi pano hava giriş ve çıkış yollarında barajlar yapmak, diğeri ise hava kaçak yollarının girişi ve çıkışı arasındaki hava basıncı farklılığını azaltmaktır. Barajlama klasik bir yöntem olup, yaygın olarak kullanılır. Ancak barajlar tam anlamıyla hava sızdırmaz değildir. Özellikle yüksek basınç farklarının olması durumunda, baraj bünyesinden veya çevre kayaçlardan önemli miktarda hava kaçak yapar. Bu nedenle, barajlama yapıldığında barajlar arasındaki basınç farklılığını minimize etmek gerekir. Bu işlem basınç dengeleme olarak bilinir. Yangınla savaşmada en iyi sonuç, basınç dengeleme yöntemiyle desteklenmiş, yüksek kaliteli barajlarla alınır.

Kaçak hava miktarı, kaçak yollarının giriş ve çıkışları arasındaki basınç farkıyla orantılı olarak artar. Ayrıca, çok yüksek basınç farkları büyük tehlikeler doğurabilen baraj patlamalarına da yol açabilir. Bu basınç farklılığını dengelemek için:

1)Basınç odaları oluşturulabilir: Bir bölgede kızılgma belirlendiğinde vakit geçirmeden hava giriş ve çıkış yolları klasik barajlama tekniği ile barajlanır. Barajın 3-6 metre önünde ek bir duvar örülerek baraj ve duvar arasında bir oda oluşturulur.

2)Havalandırma sistemlerinde düzenlemeler yapılabilir: Barajlar arasındaki basınç farklılığı havalandırma sisteminde değişiklikler yaparak da dengelenebilir. Yangın bölgesine giden hava yollarındaki bazı kapıların kaldırılması veya kesitlerinin ayarlanması yoluyla hava basınçları değiştirilebilir. Olanak varsa iki tabanyolu bir bağlantı galerisi ile birleştirilerek, burası basınç dengeleme yolu olarak kullanılabilir. Bu işlemler, hava basıncı sık sık ölçülerek kontrollü bir biçimde yürütülür. Barajlardaki hava kaçak yollarının giriş ve çıkış uçları arasındaki basınç farkını azaltmanın bir başka yolu, yardımcı vantilatör kullanmaktır.

Taban Yollarının Sıvanması:

Göçük içinde kızılgma belirlendiğinde veya yangına yatkın damarlarda çalışılırken önceden taban yollarının sıvanması, göçük içine olan hava kaçaklarını önleyerek yangınla mücadelede etkin bir önlem oluşturur (Kara 2015). Bu yöntemde taban yolları göçük tarafında damar yüksekliğini aşacak şekilde tabandan itibaren püskürtme yöntemi ile sıvanmalıdır. Taban yolu tahkimat bağlarının iç kısmına ikinci bir dizi bağ atarak arasının çimentolanması da çok etkin bir önlemdir. Sıva malzemeleri geçirgenliği çok düşük olan ve yanıcı olmayan yapı malzemelerinden seçilmelidir. En yaygın olarak kullanılan sıva malzemeleri çimento ve jipstir. Yolu tahkimat bağlarının iç kısmına ikinci bir dizi bağ atarak arasının çimentolanması da çok etkin bir önlemdir. Sıva malzemeleri geçirgenliği çok düşük olan ve yanıcı olmayan yapı malzemelerinden seçilmelidir. En yaygın olarak kullanılan sıva malzemeleri çimento ve jipstir.

4. Sonuç

Kömürün kendi kendine yanması hem iş sağlığı ve güvenliği hem de ekonomik açıdan kömür madenciliğinin yüzyıllardır devam eden en büyük sorunlarından birisidir. Bu nedenle yeraltı kömür madenciliğinde kendiliğinden yanma olaylarının yol açtığı sorunların çözümüne sistemli bir biçimde yaklaşmak için ilk adım, damar ve panoların sınıflandırılmasıdır. Bu amaçla yapılacak bir çalışmada sağlanması gereken bilgiler üç grupta ele alınabilir:

- I. Kömür örneklerinin kimyasal, petrografik ve oksidasyon analizleriyle edinilecek bilgiler,
- II. Kömür ve komşu tabakaları ile örtü tabakalarının jeolojik, mekanik ve ısı iletkenlik özelliklerinin saptanmasıyla edinilecek bilgiler,
- III. Panoların işletme ve havalandırma koşullarının değerlendirilmesiyle edinilecek bilgiler.

I ve II. grup için geniş laboratuvar çalışmaları gerekli olup III. grupta yer alan bilgiler çoğunlukla saha ile ilgili deneyimlerden elde edilebilmektedir. Bu bilgilerin sağlanmasını izleyen aşamada kendiliğinden yanmayı etkileyen parametreler, sistematik ve ağırlıklı bir şekilde sayısallaştırılarak güvenli ve güvensiz koşullara karşı düşen indeks değerleri belirlenmelidir. Kendiliğinden yanmaya karşı alınacak önlemler, öncelikle, indeks değeri güvensiz koşullara karşı düşen damar ya da panolarda yoğunlaştırılmalıdır.

Türkiye Cumhuriyeti ve Avrupa Birliği tarafından finanse edilen “Yeraltı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü İle İsg Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması Projesi” kapsamında Türkiye’nin tüm bölgelerinde faaliyet gösteren yer altı kömür madeni işletmelerinden MAPEG uzmanları aracılığıyla numuneler alınarak Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünde teste tabi tutulmuştur. Bu yolla ülke genelindeki yer altı kömür madeni işletmelerindeki kendiliğinden yanabilirlik riski işletme bazında ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Madenlerdeki farklı damarlardan da örnekler alınarak bilimsel açıdan doğru ve tutarlı sonuçlara ulaşılmaya çalışılan analizler sonucunda elde edilen veriler, yapılacak yeni yatırımlara, mevcut işletmelerde alınması gerekli olan tedbirlere ve ihtiyaç duyulabilecek yeni yasal düzenlemelere ışık tutacaktır.

Deney Sonuçları

Kömür örneklerinin kendiliğinden yanma karakteristiklerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen deneylerde kesişme noktası sıcaklığı ve OSA (Ortalama Sıcaklık Artışı) parametresi belirlenmiş ve bu değerlere bağlı olarak da FCC indeks değerleri her bir örnek için hesaplanmıştır.

Yapılan kendiliğinden yanma deneylerinde en düşük Kesişme Noktası Sıcaklığı 134 °C ile “GB3” kodlu örnek ile “EŞT” kodlu örneklerde belirlenirken, en yüksek Kesişme Noktası Sıcaklığı 201 °C olarak K1 kodlu örneğin analizlerinde gözlemlenmiştir. Kömür örneklerinin kendiliğinden yanma deneyleri sırasında bir diğer parametre olan OSA (Ortalama Sıcaklık Artışı) değerleri 0.608 °C/dak ile 2.391 °C/dak arasında değişmektedir. Belirlenen bu sonuçlarla hesaplanan FCC indeks değerlerinin 3,06 dak-1 ile 13,90 dak-1 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir.

Her bir örneğe ait kesişme noktası sıcaklığı, OSA parametresi ve FCC indeks değerleri projenin sonuç raporunda Çizelge halinde sunulmuştur. Analizi yapılan 101 kömür örneğinden, 18 kömür örneğinin kendiliğinden yanma yatkınlığı “DÜŞÜK” olarak tespit edilirken, 79 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı “ORTA” olarak tayin edilmiş olup, kalan 4 örneğin ise kendiliğinden yanma yatkınlığı “YÜKSEK” olarak tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Yapılan her bir analiz paralel olarak sürdürülmüş elde edilen FCC indeks değerleri ve karşılık gelen risk sınıfları her bir örnek için doğrulanmıştır. Rapora konu olan kömürlerin üretilmesi sırasında kendiliğinden yanmaya yatkınlıkları konusuna önem verilmesi ve belli aralıklarla kendiliğinden yanma analizlerinin tekrarlanması "ORTA" ve "YÜKSEK" yatkınlıklarda belirlenen kömür örnekleri için özellikle önerilmektedir.

Yine bu rapor kapsamında çeşitli kömür ocaklarından alınan kömür örneklerinin kısa analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge halinde verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde örneklerin nem içeriklerinin % 0.9 ile % 41.7 arasında, kül içeriklerinin %3.94 ile %59.42 arasında, uçucu madde içeriklerinin % 17.59 ile % 52.36 arasında, kükürt içeriklerinin ise %0.2 ile %9.07 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kömür örneklerinin alt ısıl değerlerinin 1063 kcal/kg ile 7818 kcal/kg arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Öneriler

Kendiliğinden yanma ilk aşamada önlenemez veya kontrol edilemezse çeşitli can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir. Bunun sonucunda da yanmanın her aşamasında sağlığa zararlı ve zehirleyici pek çok gaz çıkmaktadır. Kızışma sonucu çıkan gazlar ve oluşan ısı, özellikle de açık alevli yangın, daha önceden patlama sınırlarında bulunmayan ocak atmosferine patlayıcı özellik kazandırabilmektedir. En büyük tehlikeyi oluşturan bu durum toplu ölümlere neden olabilmektedir. Yangının önlenememesi sonucu panonun terk edilmesi durumunda, panodaki ekipman ve malzemelerin tahrip olması önemli maddi kayıplara neden olabilmektedir. Bütün bu kayıpların önlenmesi için grizulu ve kendiliğinden yanma özelliği gösteren taşkömürü, linyit ve benzeri maden işletmelerindeki yeraltı çalışmalarında bu projede dile getirildiği gibi yangının tespitinden, önlenmesine ve alınacak tedbirlere kadar ayrı bir başlık açılarak ülke madencilik mevzuatında kapsamlı bir şekilde yer almalıdır.

Proje kapsamında hazırlanarak gerçekleştirilen analiz sonuçlarının işlendikten sonra coğrafi bir harita üzerinde risk durumunu gösterir şekilde paylaşıldığı Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımının, yapılacak yeni analizlerin sonuçlarıyla sürekli güncellenmesi ve bu konudaki farkındalığın canlı tutulması, kurulması muhtemel bir erken uyarı sistemi için de veri alt yapısı oluşturacaktır. Mevzuatta gerçekleştirilecek bir düzenleme ile Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan ya da daha sonra eklenecek olan yeni yer altı kömür madeni işletmelerinin gerek kısa analiz gerekse kendiliğinden yanma yatkınlık deneyi sonuçlarından elde edilen FCC endeksi doğrultusunda sınıflandırılması yerinde olacaktır. Yüksek ve orta düzeyde risk taşıdığı tespit edilen işletmelerden örneğin 6 aylık periyotlarla nem, kül, uçucu madde, sabit karbon, kükürt, üst ve alt ısıl değerler ile kesişim noktası sıcaklığı ve ortalama sıcaklık artışlarının izlenmesi sonucunda risk durumunda değişiklik görülen ya da risk taşıdığı belirlenen işletmelerde erken uyarı sistemi kurulumununun ivedilikle sağlanması bir koşul olarak mümkün olabilecektir. Düşük FCC indeksine sahip işletmelerde ise değişen üretim koşulları ve üretime geçilen yeni damarların farklı karakteristik özellikleri de dikkate alınmak şartıyla izleme periyotları daha uzun sürelerle belirlenebilir. Yeni alınacak işletme ruhsatlarında ise belirtilen parametreler çerçevesinde gerçekleştirilecek numune analizleri sonucunda elde edilen veriler ışığında erken uyarı sisteminin kurulumu işletmeye geçiş için bir ön koşul olarak mevzuatımıza girebilir. Alternatif olarak kömürün kendiliğinden yanabilirlik riskinin tespiti bölgesel veriler çerçevesinde de bir zorunluluk şeklinde yasal zemine kavuşturulabilir. Mevzuatta önerilen bu düzenlemeler sonucunda Coğrafi Bilgi Sistemi verilerinin güncelliği sürdürülebilir hale gelmiş

4. Sonuç

olacaktır. Erken uyarı sistemi için özellikle mercek altında tutulması gerekli olan sahalara ait bilginin ve tüm yer altı kömür işletmelerinin kendiliğinden yanabilirliğe ilişkin taşıdığı risklere ait veri alt yapısının kurulmuş olması, bu mekanizmanın gelecekte daha kısa sürede ve daha etkin şekilde işlerlik kazanması ve işletmecilerin de bu verilerden istifade etmesi açısından son derece önemli ve değerli olacaktır.

Kömürün Kendiliğinden Yanma Olgusu
Risk Ve Tedbirler Rehberi

*Maden Sanayii İşverenleri Sendikası
Birlik Mahallesi 411. Sokak No: 10 Pınar Kalemci Apt.
4. Kat No: 11 Çankaya / ANKARA
info@masis.org.tr
0 312 473 8292*