

# OCAK YANGINLARINDA KENDİLİĞİNDEN YANMANIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayhan İvrin YILMAZ\*

## ÖZET

Kömürün bulunuşundan günümüze kadar ocak yangınları büyük miktarlarda ekonomik ve can kayıplarına neden olmuştur.

Kömür en ucuz ve çok kullanımlı bir enerji kaynağı olmasından dolayı yer kabuğundaki dağılmış kömür rezervlerinin çıkarılmasında çeşitli üretim yolları uygulanmaktadır. Çıkarıldıktan sonra kömürün hava ile temas yüzeyi hacimsel olarak arttığı için temel yapısını oluşturan karbon ile oksijenin bir araya gelmesi sonucu kendiliğinden yanma denilen oksidasyon olayı başlamaktadır. Kömür işletmecileri çeşitli kontrol yöntemleri kullanarak kendiliğinden yanmanın oluşturabileceği tehlikelerin önüne geçilebilmektedir.

Bu çalışmada; kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili bilgi aktarılmakta ve erken tespit yapılarak can ve mal kayıplarının önlenebilirliği anlatılmaktadır.

**Anahtar sözcükler;** Kömür, Oksidasyon, Kendiliğinden Yanma, Karbon Monoksit ve Oksijen.

## ABSTRACT

Since the discovery of coal as the main energy source underground mine fires has led to huge casualties and economic losses until today.

As coal is the cheapest and the most in use energy source various production methods are applied for extraction of dispersed coal reserves in earth crust. As the volumetric air-coal contact surface increase resulting with the extraction of in-situ coal oxidation which is called as *spontaneous combustion*, increases rapidly. Coal producers can avoid spontaneous combustion hazard using various control technics.

In this study; information about prevention of loss of life and property is given using early detection methods on spontaneous combustion.

**Key words;** Coal, Oxidation, Spontaneous Combustion, Carbon Monoxide and Oxygen

### 1. KENDİLİĞİNDEN YANMA

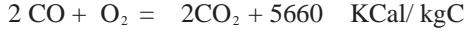
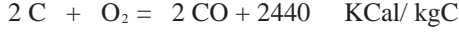
Kömür oksitlenmeye eğimli bir madde olduğundan, ocakta veya stokta yeni açılan yüzeyler, hava ile temas eder etmez oksidasyon olayı başlar. Önce oksijen molekülleri kömür yüzeyine fiziksel olarak

---

\* Doç.Dr., Celal Bayar Üniversitesi, Soma Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 45500, Soma-Manisa, email: ivrinyilmaz@hotmail.com

bağlanır (adsorbe olur) ve diffüzyon yoluyla geçiş gözeneklere kadar ulaşır. Sonrasında kömürün fiziksel bağlanmasını oksidasyon denen ortama ısıveren kimyasal reaksiyon takip eder. Ortama verilen bu ısı hava akımı ile taşınarak kızışma olayı meydana gelmeden reaksiyon devam eder. Bu ısı ortamdaki uzaklaştırılmazsa sıcaklık yükselmeye başlar. İlk aşamada peroksitler oluşur, 70-85°C sıcaklıkta peroksitler parçalanarak CO ve CO<sub>2</sub> yayılımı artar. 100°C de kömürdeki su buharlaşır. Sıcaklık yükseldikçe 130°C nin üstünde ısıya dayanıklı kömür-oksijen kompleksi oluşur [1].

Kömür kendi kendine kızıştığında dışardan ısı almak yoktur. Asıl neden oksidasyon ısıdır. Oksijen kömür tarafından absorbe edildiğinde 1-2°C sıcaklık oluşur. Ancak oksidasyon ortamına gelen hava çok fazla ise oluşan ısı taşınır ve kısa süreliğine tehlike kalmaz. Ters durumda, hava tamamen kesilmelidir. Sözü edilen reaksiyon:



Reaksiyonun tekrarlaması durumunda sıcaklık artar ve kömür yanmaya başlar. Gazlı ortamda patlama olabilir. Oksidasyon için kömür ve oksijenin varlığı yeterlidir[2].

### 1.1. Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Etki Eden Faktörler

- *Kömürün rutubet içeriği:* Nem düşük sıcaklıkta oksidasyonu artırıyor.
- *Kül içeriği:* Artıkça kendiliğinden yanma eğilimi azalıyor.
- *Tane boyutu:* Küçüldükçe serbest yüzey alanı ve oksidasyon artar
- *Pirit içeriği:* Pirit nemli ortamda kolayca oksitlenir, şişerek kömürün parçalanmasına yüzey alanının artmasına neden olur.
- *Ortam sıcaklığı:* 30-100°C arasındaki her 10°C artış oksidasyon hızını 2,2 kat artırıyor.
- *Havadaki rutubet miktarı:* Artıkça su buharının kömür tarafından absorbe olması kolaylaşır ve ısı açığa çıkar. Bu ısı oksidasyonu kolaylaştırır. Oksijen konsantrasyonu %20 nin altına düşüncü azalır.
- *Madencilik tekniği-işletme koşulları:* Göçükte (ayak arkasında) ortaya çıkabilecek kızışma tehlikesini önlemek için ayak ilerleme hızı yüksek tutulmalıdır. Topuklarda meydana gelen çatlaklar kömürün kendiliğinden yanmasına neden olduğundan, özellikle derin ocaklarda topukların boyutlandırılması ve denetimi önem arz etmektedir.
- *Havalandırma koşulları:* Ocak içerisindeki yüksek basınç farkları eski imalatlara, göçüklere, çatlaklara hava kaçışını artırır. Hava miktarını artırmak için vantilatörün değişmesi, tali vantilatör konulması, havalandırma kapıları, kesit daralmaları havanın basınç artışına, bu basınç artışı da havanın çatlaklardan çevre tabakalara kaçak yapmasına ve kızışmalara neden olmaktadır.
- *Damar ve yantaş özellikleri:* Kömürün ısı iletkenliğinin yantaşlara oranla düşük olması nedeniyle kömür içindeki bantlar, ayak arkasında kömür bırakılması gibi nedenlerle kalın damarlar kendiliğinden yanmaya daha yatkındır. Tavan taşı içerisinde bulunan ince damarlar risk oluşturmaktadır. Kömür ve yan taştaki faylanmalar nedeniyle oluşan kırık zonlar, yeryüzüne kadar ulaşan tasman çatlaklar ve hava kaçakları havalandırma hesaplarını bozmakta kömürün kendiliğinden yanmasına neden olmaktadır [1].
- *Derinlik:* Kayaç basıncı artar, çatlaklar olur. Sıcaklık da artınca oksidasyon kolaylaşır.
- *Tektonik:* Tektonizmaya uğramış kömürler kendi kendine yanmaya daha yatkındır.
- *Üretim yöntemi:* Dönümlü ve dolgulu değilse, hava kaçakları ve hava ile temas fazladır. Damar içi galerileri kullanılacakları zaman sürülmelidir. Topuklar ya küçük tutulmalı ya da hiç bırakılmamalıdır. Topuk yanında ayak hazırlanmamalıdır.

- *Rank*: Düşük ranklı kömürlerin düşük sıcaklıklarda kendiliğinden yanmaya daha yatkın olduğu görülmektedir. İçinde fosil, karbon yüksek uçucu madde v.b olduğu için oksidasyona yatkındır [2].

## 1.2. Kömür ve İçindeki Yanabilen Maddelerin Yanma Denklemleri

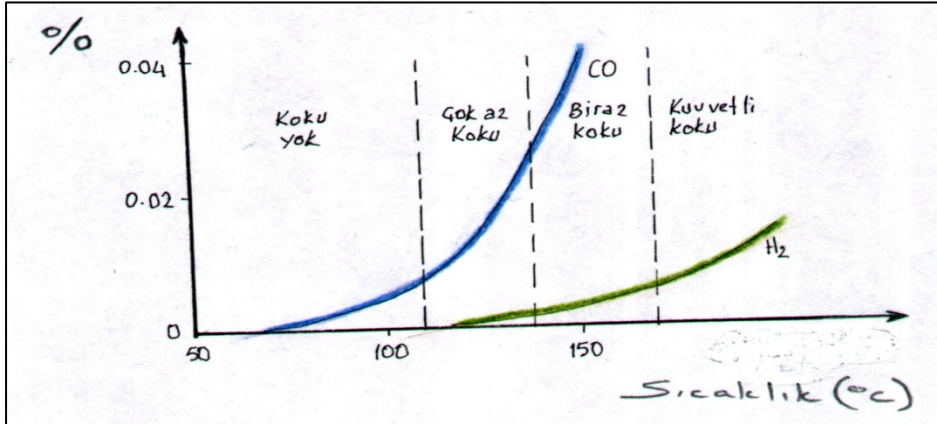
- *Karbon*  $C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO$
- *Karbonmonoksit*  $CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$
- *Karbon*  $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- *Hidrojen*  $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$
- *Kükürt*  $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- *Metan*  $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
- *Etan*  $C_2H_6 + \frac{7}{2} O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
- *Propan*  $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
- *Bütan*  $C_4H_{10} + \frac{13}{2} O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

Yanma denklemleri ideal ve tam yanma durumunda geçerlidir. Hava ve dolayısı ile oksijen yeterli olmazsa tam yanma olmaz ve karbon monoksit – karbon dioksit dönüşemez. Kömür yangınlarında ilk etapta CO konsantrasyonu artar. Karbon monoksit yangının başlangıç aşamasında olduğunu gösterir. Baraj arkasından daha çok CO ölçülmesi yangının başlangıç aşamasında olup ve devam ettiğini, daha çok CO<sub>2</sub> ölçülmesi ise yangının söndüğünü gösterir.

## 1.3. Kömür Kendiliğinden Yanmaya Başlamadan Alınacak Önlemler

### 1.3.1. Erken Tespit

Kendiliğinden yanmanın erken tespiti, meydana gelebilecek olumsuzlukları önlemek ve uygun önlemleri belirlemek açısından önemlidir. Oksidasyonun başlangıcından ilk yangın belirtilerinin duyu organları tarafından algılanması birkaç saat ile birkaç hafta sürebilir. Kömür arınında ve tahkimat elemanlarında görülen terleme oksitlenme reaksiyonlarının başladığını gösterir. Terlemeden sonra CO ve CO<sub>2</sub> oluşumu artar ve petrolümsü bir koku (benzin-benzen kokusu) hissedilir ( Şekil1 ).



Şekil1 Kızışma Sırasında Kokunun Gelişimi [5]

Ancak pek çok ocakta, yangın kokusunun fark edilmesi sonucunda yangınla mücadelede başarı elde edilmişse de, yöntem önemli sakıncalar içermektedir [6];

- Kokunun belirlenmesi insan duyu organlarına dayanan, tamamen sübjektif bir değerlendirmedir. Bu konuda yetenekli ve deneyimli ocak emniyet sorumluları gerektirir. Ayrıca, yeraltında uzun süre çalışan insanlarda zamanla koku alma yeteneği zayıflayabilmektedir.
- Motor yağları, egzoz dumanları ve sentetik madde kokuları hatalı alarm verilmesine yol açabilir; kokunun bu kaynaklardan geldiği düşünülerek yangın tehlikesi göz ardı edilebilir.
- En önemli sakınca kokunun geç hissedilmesidir. Koku hissedildiği anda oksidasyon merkezindeki ısı 120-150°C civarına ulaşmış bulunmakta çok geç kalınmış olmaktadır. Yangın kokusunu veren gazlar temelde etilen ve propilendir. Bu gazların üretimi ise ancak 100°C üzerinde önemli değerlere ulaşabilmektedir. Oksidasyon sırasında oluşan kokunun sıcaklıkla gelişimi Şekil de verilmiştir.

Petrolümsü koku algılandığı zaman oksidasyon merkezinde sıcaklık 150°C ye yaklaşır. Bu durumda müdahale için geç kalınmış olunur. Kendiliğinden yanmanın duyu organları ile tespitinde geç kalınacağından oksidasyon ürünü olan CO ve H<sub>2</sub> gazlarının ocak havası içerisinde konsantrasyonunun sürekli takip edilmesi gerekmektedir. Ocakta CO oluşumu;

- Sadece kömürün yanmasıyla değil patlatma, dizel yakıtlar veya oksi-asetilen-propan-bütan vb. gibi diğer yakıtlarla da olduğundan, CO konsantrasyonundaki artış, oluşan CO miktarının, tüketilen O<sub>2</sub> miktarına oranını ifade eden Graham Katsayısına da bakmak gerekir. Bu oranın %1 i aşması tehlike habercisi olup, %3 ü aşması kömürün kendiliğinden yanma riskinin gerçekleştiğini (yani yangının başladığını) göstermektedir. Kömürün kendiliğinden yanmasının erken tespiti, yapılacak müdahale ve seçilecek yöntemin etkinliğini belirlemektedir[1].
- Yeraltı kömür ocağı hava analizinde [2];

$$K = \frac{\text{Karbonmonoksit oluşumu}}{\text{Oksijen tüketimi}} * 100 = \%..$$

Şeklinde Graham endeksi ile bulunan değer 0.7 ise oksidasyon varlığını gösterir. Ancak 0.5 bulunduğu sorunun yok şeklinde bakılmamalı akabinde sık aralıklarla birkaç ölçüm daha yapılarak katsayının azalıp azalmadığına bakılmalıdır, artıyorsa erken teşhis ile hemen tedbir alma yoluna gidilmelidir.

Ocaklarda CO geliri kendiliğinden yanmanın erken tespiti için çok mühim bir ipucu olmasıyla birlikte başka kaynaklardan da ortama CO gelmesi, strateji belirleyerek sıkı takip edilmesi gerekir.

Havanın taşınmasıyla ortam soğudukça, başlama aşamasındaysa oksidasyon yavaşlar. Fakat artık kor haline yaklaşmış yada oksidasyonu ilerlemiş kömürün üzerine fazla hava gönderilmesi yanmayı hızlandırır. Diğer bir deyişle ortamda CO değeri fazlalaştığında hava miktarını artırarak , havayı temizlemeye çalışmak risktir.

Kömürün kendiliğinden yanmasının erken tespiti için Merkezi İzleme Sistemine bağlı sensörlerin sayısının tespitinde kömürün kendiliğinden yanma tehlikesinin ve risklerinin olduğu yerler göz önüne alınmalıdır. CO değeri yüksek okunan dedektörün etki alanı derhal kontrol altına alınabilmesi için gaz okumasının peşinden ilgili alan sıkı bir şekilde manuel gaz ölçümü yapılarak CO in nereden geldiği belirlenmelidir. Ocaktaki diğer CO geliri olan patlatma ve egzozlu çalışan makinelerin aktif olduğu anlar belirlenerek, havalandırma sonrası giderek artan ve sık ölçümlerle takip edilen oksidasyon geliri olan CO, erken tespit edilerek yangınların önüne geçilebilir.

Merkezi izleme sistemi haricinde kömürün kendiliğinden yanma tehlike ve risklerinin bulunduğu yerlerde (topuklar, galeriler, ayak arkası, baraj arkası ve önleri vb.) dedektörler tarafından ısı ve gaz ölçümleri yapıp, elde edilen sonuçlar Merkezi İzleme Sisteminin sonuçları ile karşılaştırılmalıdır.

### 1.3.2. Üretim Yöntemi Seçimi

Kömür madenciliğinde en yaygın olarak uygulanan sistem “uzun ayak” yöntemidir. Bu yöntemin uygulanmasında dönümlü ayak, yangın tehlikesi bakımından ilerletimli ayağa karşı bazı avantajları içerir.

İlerletimli uzun ayaklarda ayak arkası göçüğü sürekli olarak hava akımı içinde olduğundan, göçük içine fazla miktarda hava kaçmakta ve göçükte kalan kömürün kendiliğinden yanmasına neden olmaktadır (Şekil 2). Dönümlü çalışmada ise taban yolları sağlam kömür içindedir. Buradan geçen hava kaçak yolu bulamadığından havalandırma randımanı yüksek olmakta, hava kaçakları azalmaktadır. Göçük içinde gelişebilecek oksidasyon ise, ayağın hızlı bir şekilde ilerletilmesi ile açık yangına dönüşmek için yeterli zamanı ve hava gelirini bulamamakta, olası yangınlar ayak çalışmasını etkileyememektedir. Bu nedenle yangına yakın panolarda yangın riskini azaltmak için mutlaka geri dönümlü sistem uygulanmalıdır. Kalın damarlarda koşullara en uygun üretim yönteminin seçimi daha da fazla önem taşır. Yöntemin yangın bakımından sakıncası göçüğe karışan kömürün artması ölçüsünde yükselmektedir. Bu nedenle üretim kayıplarının ve hava kaçaklarının en az olacağı bir yöntem seçilir. Madencilik tekniği ve işletme koşulları dikkate alınarak, ayak arkasında (göçükte) mümkün olduğunca kömür bırakılmamaya çalışılmalıdır[4].

### 1.3.3. Ayak İlerleme Hızını Optimize Etmek

Göçükte bırakılan kömürün kendiliğinden yanmasını önlemek veya etkisinden uzaklaşmak için havzadaki kömürde olabildiği ölçüde önceki yıllarda yapılan madencilik faaliyetlerinden elde edilen veriler dikkate alınarak ayak ilerleme hızının optimize edilmesi (20m/ay dan fazla ilerleme yapılması). Dilimli çalışmalarda ayak ilerleme hızının yavaş olması halinde göçükte kalan kömürün kendiliğinden yanması ve yangından çıkacak gazların tesir sahası içerisinde kalınması söz konusudur.

### 1.3.4. Topuk Hesabını ve Kontrolü Yapmak

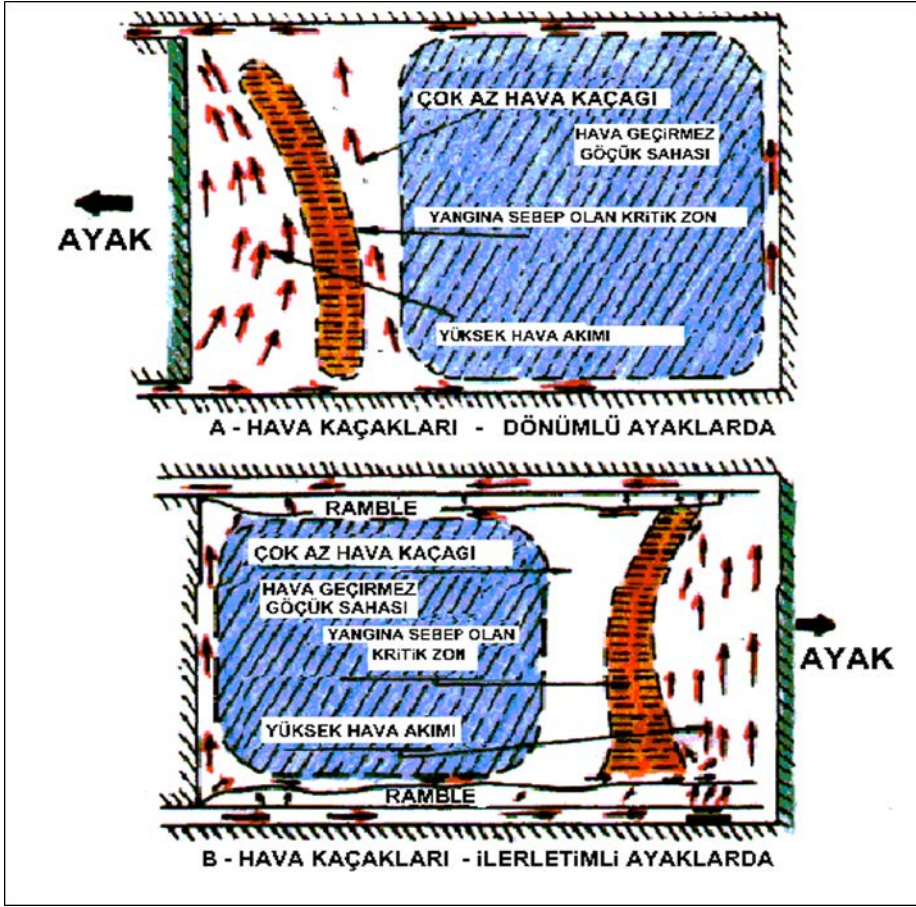
Topuklarda meydana gelecek çatlaklar oksijeni topuğun iç kısımlarına taşıyacağından işletme şartları gereği bırakılacak topuğun mukavemet hesabını iyi yapılması gerekmektedir. Topuğun yeterinden az bırakılması fazla çatlaklara veya serbest yüzey oluşumuna ve oksijenin topuğun iç kısımlarına ulaşmasına neden olur. Bu nedenle ocakta bulunan mevcut topuklarında çatlaklar ve kendiliğinden yanma ihtimaline karşı periyodik olarak kontrol edilmelidir. (CO ve ısı ölçümü topuklarda periyodik yapılarak kayıt altına alınmalıdır.)

### 1.3.5. Havalandırma

Ocak havalandırma sisteminde yüksek basıncın olduğu yerlerde (havalandırma kapıları, kesit daralmaları, havalandırmada oluşan direnç değişimleri, tali vantilatörler ile hava miktarını artırmak için yeni vantilatör konulması) dikkatli olunmalıdır. Ocak içerisindeki yüksek basınç farkları eski imalatlara, göçüklere, çatlaklara hava kaçacağını artırır. Havanın çatlaklardan çevre tabakalara kaçak yapması, kızışmalara neden olmaktadır. Eski imalatlara yakın yerlerde, topuklarda ve kömür içerisinde sürülmüş galerilerde mümkün olduğunca hava basıncının artmasına neden olacak hususlardan kaçınılmalıdır. Mümkün olduğunca havalandırmada direnç artışlarından ve ani direnç farklarından kaçınılmalıdır. Hazırlık çalışmalarında kayaç yapısına uygun patlatma paterni oluşturulmalıdır. Tavan, taban ve yan çeperlerin örselenmeyecek şekilde patlatma yapılması sağlanmalı ve bu sayede havalandırmada gereksiz direnç oluşumları önlenmelidir.

### 1.3.6. Kalın Damarlar

Kalın damarlarda mümkün olduğunca ayak arkasında kömür bırakılmamalıdır. Tavan taşı içerisinde bulunan ince damarlar, kömür ve yan taştaki faylanmalar nedeniyle oluşan kırık zonlar, risk oluşturmaktadır. Kalın damarlarda uygulanan katlı - dilimli - üretim yöntemlerinde üretim sonrası göçükte kalan kömür parçaları son derece tehlikelidir. Kömürün kendiliğinden yanma özelliklerine göre yanma süresi belirlenerek, bir alt dilim çalışması, üst katta bırakılması ihtimali olan kömürlerin kendiliğinden yanma süresinden önce kazı hızı ayarlanarak tamamlanırsa olası yangın büyük ölçüde önlenmiş olur. Ayrıca üretim sonrası dolgu işlemleri yapılırken küllü su basılması çok itinalı yapılmalıdır. Hava akışını sağlayacak en küçük boşluklar bile orda kalan kömür parçalarını okside olarak yanmasına neden olur.



Şekil 2 İlerletimli ve geri dönümlü uzun ayak uygulamalarında hava kaçakları [5]

### 1.3.7. Tasmanlar

Yeryüzüne kadar ulaşan tasman çatlaklarındaki hava kaçakları, havalandırma hesaplarını bozmakta kömürün kendiliğinden yanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ocağa giren hava miktarı ile çıkan hava miktarı; emici havalandırmada tasmandan gelen hava ile artmakta, üfleyci havalandırmada ise ocağa basılan havanın bir kısmı tasmanlardan yeryüzüne kaçak yapmaktadır. Tasmanlara kaçan hava eski üst kotlarda bulunan eski imalatlarda yangına neden olmakta veya tasmandan gelen hava eski imalatlarda oluşan yangını ocak içerisine taşımaktadır. Bu nedenle tasmanda oluşan kaçakların doğal havalandırmaya etkisi göz önüne alınarak gün içerisinde ve yıl içerisindeki değişimleri iyi takip edilmelidir.

### 1.3.8. Eski İmalatlar

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

### 1.3.9. Barajlar

Yangın riski olan yerlere veya biten panoların giriş çıkışlarına veya irtibat galerilerinin tamamına aynı anda baraj yapılarak kapatılır. Yapılan barajların önüne ve arkasına üçer adet baraja gelecek yükü azaltacak dam yapılmalıdır. Baraja gelecek yük azaltılarak barajların deforme olması ve hava kaçağı önlenmelidir. Kızışma önlenememiş ve yangın söndürülemediği ise, ayrıca patlayıcı gaz bekleniyorsa,

yangınlı sahanın hava giriş ve dönüşleri barajlanarak kapatılır ve havası kesilir. Bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü önemli miktarda üretim ve malzeme kaybı söz konusudur. Barajlanan sahanın yeniden açılmaması gerekir. Açılması istenirse, baraj arkasındaki gazların durumu izlenerek, yangının tamamen söndüğü tespit edildikten sonra Bakanlıktan izin alınarak işe başlanabilir. Barajların yapımı sırasında bir patlama olmaması için, havalandırmanın bozulmaması gerekir. Hava giriş ve dönüşlerdeki barajlar aynı anda kapatılır. Kapatma çok çabuk yapılmalıdır. 24 saat sonra başlamak üzere 8 saatlik aralarla baraj arkasından gaz örneği alınır ve analiz yapılır. Bu oksijen oranı %10 a ve metan oranı %16 ya ulaşınca kadar sürer. Bu aşamadan sonra 24 saatlik aralıklarla oksijen oranı %5 ve metan oranı %30 a ulaştığı zaman örnek alma 48 saate çıkarılır. Barajların açılabilmesi için sürekli gaz ölçümleri yapılmalıdır. Yangının tamamen sönmüş olduğu gaz gelirleri sonra erdiğinde emin olunarak Enerji ve Tabii Kaynaklar ve Çalışma Bakanlığın izni ile ocak amiri nezaretinde baraj açılabilir[2].

Üretimi tamamen bitmiş sahaların hava kaçaklarını önlemek ve üretim sahalarında yangına sebep olmamak için barajlanarak kapatılması söz konusudur.

### **1.3.10. Baraj ve kapı malzemesi**

Yeraltında olabilecek kendiliğinden yanma olaylarına acil müdahale edebilmek için yeraltında veya yer üstünde havalandırma barajı, kapısı, perdesi yapımında kullanılacak malzeme yedek olarak bekletilmelidir. Kömür yangınlarında hava yastıklarının kullanılma imkanları araştırılmalıdır.

### **1.3.11. Tatil Dönüşü**

Tatil günlerini takip eden mesai günlerinde kömürün kendiliğinden yanması hususu dikkate alınarak özel olarak denetim yapılmalıdır.

### **1.3.12. Merkezi İzleme Sistemi**

Ocağın stratejik yerlerine sensörler konularak ocak içerisindeki: CO, CO<sub>2</sub>, metan, oksijen, hidrojensülfür, nem, ısı, duman, havalandırma basınçları, hızları ve yönleri sürekli takip edilip elektronik olarak kayıt altına alınmalıdır. Tehlike durumunda ocağın üretimi durdurularak çalışanların tahliyesi için otomatik olarak devreye giren alarm sistemleri kurulmalıdır. Merkezi izlemede kullanılan monitörler; gaz konsantrasyonlarını, karbon monoksitin oksijene oranını, CO nun CO<sub>2</sub> ye oranını, gazların patlarlığını, havalandırma basınç hız ve yönündeki anormal değişiklikleri göstermeli, gaz konsantrasyonları mevzuatta belirtilen değeri aştığında alarm sistemini otomatik olarak aktive etmelidir. Alarm sistemi belirlenen yerüstü noktalarında kolaylıkla fark edilebilen görülen ve işitilen sinyaller vermelidir. Merkezi izleme sistemi yapmış olduğu ölçümleri 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 dahil Merkezi İzleme Sistemi Operatörlerinin ve diğer uygun personelin isimleri ile bu kişilerle iletişimi sağlayan bir liste oluşturulmalı ve güncel tutulmalıdır[3].

### **1.3.13. Dedöktörçüler**

İş Sağlığı ve Güvenliği Başmühendisliğine bağlı Dedöktörçü unvanındaki personel ile ocağın stratejik yerlerinde: CO, CO<sub>2</sub>, metan, oksijen, hidrojensülfür, nem, ısı, duman, havalandırma basınçları, hızları ve yönleri ve tüp kırarak ihtiyaç duyulacak diğer ölçümlerin, yapılması gerekmektedir. Dedöktörçülerin ölçümleri ile Merkezi İzleme Sisteminin ölçümleri, kömürün

kendiliğinden yanmaya başladığı yerin erken tespiti, yangın süresince ve yangın sonrasındaki gaz çıkışlarının incelenmesi bakımından karşılaştırılmalıdır.

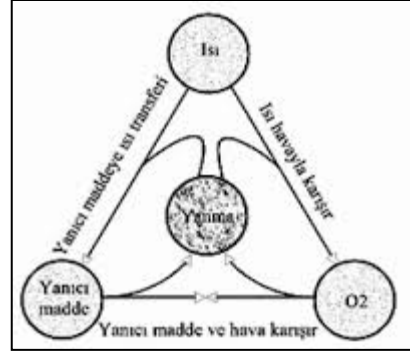
### 1.3.14. Yeraltı Haberleşme Sistemi

Yeraltına çalışma yapılan her bölüm ve kısım, Merkezi İzleme Sisteminin çift yönlü sesli iletişimini sağlayacak haberleşme sistemi (telefonlar) bulundurulmalıdır. Acil Durum Yöneticisi tarafından ocağın tahliye kararının verilmesi halinde, tahliye kararının yeraltında çalışanlara duyurulmasını sağlayan alarm ve sesli iletişim sistemi kurulmalıdır.

## 1.4. Kömürün Kendiliğinden Yanması Esnasında Alınacak Önlemler

### 1.4.1. Yanan Kesimi Kazarak Uzaklaştırmak

Merkezi izleme sistemi, emniyetçilerin gaz ölçümleri, duyu organları veya kızıl ötesi sıcaklık ölçerler ile önce kızışma merkezi belirlenir. Kızışmanın merkezi ulaşılabilir bir noktada ise kömür kazılarak uzaklaştırılır. (Yangın üçgenindeki yanıcı madde uzaklaştırılır) (Şekil 3). Kazılan kömür su veya köpük ile soğutulur, üzeri taş tozu veya lateks ile kapatılır. Özellikle galerilerde, başlangıç aşamasındaki yangınların söndürülmesinde etkilidir[1].



Şekil 3 Yangın üçgeni

### 1.4.2. Yanan Kesimi İzole Etmek

Hava kaçaklarını kontrol altına almakta yangınla mücadelede etkili bir yöntemdir. Bu amaçla sızdırmazlık sağlayacak yüzeyin önü tahta perde ile kapatılır, arada kalan boşluk kil, kum veya taş tozu ile doldurulur. Özellikle göçük ve çevre kayaçlara, taban yollarından açılan sondajlarla, taş tozu, çimento veya termik santral artığı kül enjeksiyonuyla (basılarak) yanan kısım izole edilmeye çalışılır[1].

### 1.4.3. Yangın Sahasını Su ile Doldurma

Yangın sahasında önemli malzeme veya teçhizat yoksa bu kesim tamamen su ile doldurulabilir. Sahanın tekrar açılmasından kısa bir süre sonra ocak havasındaki rutubet miktarı yükseleceğinden, tekrar kızışma için uygun bir ortam oluşacağından dikkatli olunmalıdır[1].

Kendiliğinden yanmaya eğilimli kalın damarlarda en alt kota inilerek tabakaların eğimi yönünde meyil yukarı çalışılması halinde göçük kısmı alt kotta kalacağından, ocakta gelen yeraltı suları göçük kısmına yönlendirilerek, göçüğün su içerisinde kalması sağlanırsa, ayak arkasında oluşacak kendiliğinden yanma olaylarının önüne geçilecektir. Yeraltı kömür ocaklarında bu şekilde çalışıldığında ayak arkası su içerisinde kalmakta ve ayak arkasına havalandırma ile oksijen taşınmamaktadır. Bu sayede göçükte kömürün kendiliğinden yanması olayı büyük ölçüde önlenmektedir.

### 1.4.4. İnert Gazların Kullanılması

Yangın bölgesine CO<sub>2</sub> veya N<sub>2</sub> gibi inert gazların basılması oksijen konsantrasyonunu düşürerek yangın ögelerinden birine müdahale edilebilmektedir. Gerekli gaz miktarının fazla olması, maliyetinin yüksek olması, her yangına uygulanamaması gibi nedenler kullanımını sınırlamaktadır[1].

### 1.4.5. Yangın Barajları

Diğer yöntemlerle yangının söndürülememesi 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. Barajlar mümkün olduğu kadar yangınlı sahaya yakın ve az sayıda kurulmalıdır[1]. Barajların içine,



arkasındaki ortamda bulunan gaz ölçümlerini yapacak boru bırakılmalı, ayrıca baraj arkasında biriken suyu tahliye etmek için deve boynu kurulmalı ve barajlar su patlamalarına dayanıklı olmalıdır.

## **1.5. Kömür Stoklarının Kendiliğinden Yanması**

### **1.5.1. Erken Tespit**

Kömür yığınlarından buhar çıkışı ve koku yayılımı olup olmadığı izlenmelidir. Yığın içerisindeki sıcaklığın denetim altında tutulabilmesi için yığına 3-4 metre ara ile zeminden 30 cm yükseğe ulaşacak şekilde sonda içinde termometre sarkıtılır. İyice sıkıştırılmış yığınlarda sıcaklığın 50°C geçmemesi istenir[1].

Stoklanacak kömür ya da şistin, yakın çevresinde yangına ve diğer tehlikeli durumlara sebep olmaması için stok alanlarının/yerlerinin seçiminde, düzenlenmesinde ve işletilmesinde uygun tedbirler alınır.

Kızışma ve tutuşmayı engellemek için stok yönetimi ve stok devir hızına dikkat edilir ve ilk stoklanan kömür ilk önce sevk edilir.

### **1.5.2. Hava Sirkülasyonunu Önlemek**

Kömür stoğu içinde hapsedilmiş olan havadaki oksijen konsantrasyonu, oksidasyonun devamı için yeterli değildir. Olayın gelişmesi için gerekli oksijen, yığının tabanından veya yan kenarlarından girer, bir baca gibi yukarı doğru yükselerek yığını terk eder. Hava sirkülasyonunu önlemek için alınacak tedbirler:

- Stok yapılacak arazi tesviye edilmeli, drenajı yapılmalı. Zemin mümkünse beton olmalı.
- Stoklama sırasında kömürün parçalanarak ufalanması önlenmeli.
- Farklı tane boyutundaki kömürler birlikte depolanmamalıdır. Mümkünse homojen boyutlarda stoklanmalıdır.
- Yığın koni veya piramit şeklinde olmalıdır.
- Kömür 50-100 cm kalınlığında tabakalar halinde yığılmalı ve bir silindire sıkıştırılmalıdır.
- Yağmur sularının akması için yığın üstü meyilli tutulmalı, akan suların yan yüzeylerde oluşturduğu olukların derinleşmesi önlenmelidir.
- Rüzgarın estiği yönlere gelen kenarlarda eğim bir miktar azaltılmalı, yüzey iyice sıkıştırılmalıdır.
- Kömür uzun süre stokta kalacaksa üzeri çamur, katran vb. maddelerle kapatılmalıdır[1].

### **1.5.3. Isı Kaynaklarını Kontrol Altında Tutmak**

- Zorunlu kalmadıkça sıcak, güneşli veya yağmurlu havalarda stoklama yapılmamalı.
- Stok sahasında ve kömür içerisinde çöp, kağıt, tahta parçası, bitki artıkları bulunmamalıdır.
- Stoklar buhar kazanı ve sıcak su borusu gibi ısı kaynaklarından uzak olmalı.
- Yığın yüksekliği düşük ve orta uçucu maddeli taşkömüründe 6-10 m, yüksek uçucu maddeli taşkömüründe 4-8 m, linyitte 6 m. geçmemelidir.
- Farklı türdeki kömürler birbirine karıştırılmamalı, ayrı yerlerde stoklanmalıdır.
- Kendiliğinden yanma eğilimi yüksek kömürler açılacak hendeklerde depolanmalıdır.
- Kapalı stok sahalarına CO<sub>2</sub> veya N<sub>2</sub> gibi inert (aktif olmayan) gazlar pompalamak iyi sonuçlar vermektedir[1].
- Alınan tüm önlemlere rağmen kendiliğinden yanma açık alevli hale dönüştüyse, yanan kısım yığından uzaklaştırılarak başka bir yere taşınmalıdır[1]. Taşınan bu yanan kısım yere serilerek

ısı uzaklaştırılmalı, eğer sönmüyorsa üzerine bol su dökülerek soğutma sağlanmalıdır. Tehlikenin atlatılmasından sonra bu kömür tekrar stoğa katılmamalı, ayrı bir yerde devamlı kontrol altında tutularak stoklanmalıdır.

- Stokta farklı noktalarda kızışma varsa, stok bozularak iyice sıkıştırılarak yeniden oluşturulmalıdır.
- Stoktan lavvara ve termik santrale sevkiyat yapılacaksa, kızışmanın olduğu yerlere öncelik verilmelidir.

Torba kömür stoklarında, su-hava geçirmeyen torba ile kömür torbalaması yapılır ve güneş ısısından korumak amacı ile branda vb. yöntemlerle ısı birikmesi engellenir.

## 2. SONUÇ

Kömürün havayla teması sonucu oksidasyon kaçınılmazdır. Kendiliğinden yanmayı etkileyen değiştirilemeyecek etkenlerle birlikte, yangına teslim olmadan, maddi ve manevi kayıplara uğramadan bu olay iyi tanınarak ve sıkı takip edilerek aşılabilir. Çünkü kömürün rankı, doğası gereği içindeki yanmaya yatkın bileşimler, petrografik özellikler değiştirilemez. Ancak üretime başlamadan yatağın özellikleri, kömürün yanmaya karşı duyarlılık özellikleri belirlenerek, uygun üretim yöntemi ve alınacak önlemlerle ve kararlılıkla takip edilmeleri ile oksidasyon erken tespit edilerek durdurulabilir.

Yeraltı kömür ocaklarında CO gazı yangının en önemli belirtecidir. Ancak patlayıcı madde ile patlatma sonrası ortama yayılan ve içten yanmalı motorların egzosundan çıkan gazların içinde CO bulunması nedeni ile gaz ölçüm değerleri okumalarında oynamalar olabilmektedir. Bu nedenle patlatmaların yapıldığı ve makinelerin çalıştığı anlar zaman olarak hariç tutulup buna göre CO takibi yapılarak artan CO gaz değerlerinin kararlı bir artış eğilimi göstermesi oksidasyonun şiddeti için en önemli göstergedir. Artış hangi sensörün etki alanından okunmuş ise doğrudan o bölgeye zaman kaybetmeden ulaşılarak manuel gaz ölçüm cihazlarıyla ayrıntılı sıkı tarama yapılır ve CO miktarındaki artışın nereden olduğu erken tespiti yapılabilir. CO artan bölgede, manuel gaz ölçümü birden fazla ölçümcü tarafından yapılması sayesinde çabucak belirlenen oksidasyonlu bölgede gerekli tedbirler alınarak faciadan dönülmesi mümkündür.

## KAYNAKLAR

- [10] Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Alınacak Tedbirler, Prof.Dr.Gündüz ÖKTEN, Pror.Dr. Vedat DİDARİ, Pror.Dr. Cem ŞENSÖĞÜT, KÖMÜR Editör. Prof.Dr Orhan KURAL İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [11] Madenlerde Havalandırma, Pror.Dr. Ercüment YALÇIN, Prof.Dr. Sabit GÜRGEN,9 Eylül Üniversitesi.
- [12] Yeraltı Kömür Madenlerinde Güvenlik ve Sağlık ILO Uygulama Klavuzu.
- [13] Eynez Yeraltı Ocağı Havalandırma Sisteminin Ocak Yangınlarına Etkisi, Doç.Dr.Ayhan İvrin YILMAZ,Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [14] Değirmenci, A., (1992) Kozlu Müessesesindeki Ocak Yangınları ve Alınan Önlemler, Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı Zonguldak, s:153-164
- [15] Banerjee, S.C., (1982) Spontaneous Combustion of Coal and Mine Fires, Central Mining Researc Station, 168p, Bihar, India.