

# KÖMÜR TOZU PATLAMALARININ İLERLEMESİNİN DURDURULMASI İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM - AGE. 1 AKTİF ALEV GEÇİRMEZ KAPI

## A NEW APPROACH FOR ARRESTING THE PROPAGATION OF COAL DUST EXPLOSION - AGE.1 ACTIVE FLAME PROOF DOOR

t. Göktay EDİZ (•)  
Ahmet GÖRGÜLÜ (\*>  
W.Darron DIXON <»»>

ANAHTAR SÖZCÜKLER : Patlama Bariyeri, Aktif Alev Geçirmez Kapı.

### ÖZET

Bu makale yazarlar tarafından tasarlanmış, otomatik olarak çalışan, alev geçirmez bir kapı sistemi yardımıyla, ilerleyen bir kömür tozu patlamasının durdurulması için, yeni bir yöntemi vermektedir. Bu yöntemde, yaklaşan patlama, statik basınçtaki önceden belirlenmiş bir artışa göre hareket eden, basınca duyarlı bir sensörle algılanmaktadır. Bu sensör de, kapıların özel olarak tasarlanmış ve galeri kesitine sızdırmaz şekilde oturmuş, beton bloklardan oluşan bir kasa üzerine kapanmasını sağlayacak, mekanizmayı harekete geçirmektedir. Kapılar için basıncın geçmesine izin verip, alevi geçirmeyecek kadar küçük deliklere sahip perfore çelik levhalar kullanılarak, özel bir profil geliştirilmiştir.

### ABSTRACT

This paper describes a new technique for arresting a propagating coal dust explosion by using an automatically activated flame proof door system, designed by the authors. In this technique, the on-coming explosion is detected by a pressure sensitive device with a pre-determined rise in static pressure. The sensor then triggers a mechanism which provides the doors to be shut onto a specially designed concrete door case, constructed to the roadway sides tidely. Special profile was developed for the doors by using perforated steel plates, having holes small enough to stop explosion flame while allowing the blast wave pass through.

Y.Doç.Dr., A.Ü. MMF Maden Müh. Böl., ESKİŞEHİR  
" Mak. Yük. Müh., Teknik Md., ETİ Fab., ESKİŞEHİR  
\*\*\* Dr, Lecturer, Dundee Ins. of Tech. Mech. Eng. Dept., UK.

## 1.GİRİŞ

Normal şartlar altında, katı bir kömür parçası yanıcıdır. Ancak ufalanarak ince toz haline getirildiğinde, tutuşucu ve patlayıcı bir hal alır. Bunun nedeni, ince toz haline gelen kömürün oksijenle temas eden yüzey alanının ve havaya verdiği yanıcı gaz miktarının artması ile açıklanabilir. Patlamanın oluşabilmesi için ise, havada asılı olarak bulunan kömür tozlarının, belli bir konsantrasyona ulaşması (en az 50-60 gr/m<sup>3</sup>) ve yeterli bir tutuşturma kaynağı ile teması gerekmektedir. Kömür tozunun bu kendiliğinden patlayabilme özelliğine rağmen, madencilik tarihinde oluşan, hemen tüm kömür tozu patlamalarının, metan gazı patlamaları tarafından başlatıldığı görülmektedir (Vutukuri,1986). Lokal bir metan gazı birikiminin patlaması ile, maden açıklığının o bölümünde bulunan, kömür tozları havaya kaldırılıp, bir kömür tozu bulutu oluşturulmaktadır. Bu toz bulutu ise, metan gazı patlamasından oluşan, alev veya ısı ile patlatılmaktadır. Bu patlamanın yarattığı basınç ve hava akımı, alev için yakıt teşkil edecek şekilde, yeni kömür tozlarını havaya kaldırmaktadır. Dolayısıyla, birbirini takip eden bu patlamalar, alevin önünde yeterli yakıt (kömür tozu+metan) bulunması ve durdurucu bir sistemin (bariyer) olmaması halinde, madenin belkide tamamını etkileyecek şekilde gelişebilir.

Kömür tozu patlamaları, tutuşturma noktasından itibaren yaklaşık 60-100 m mesafeye kadar yavaş ilerler. Patlamaların şiddeti, hızı ve oluşan dinamik basınç, patlama kaynağından itibaren katedilen mesafeye bağlı olarak, artarak devam eder. En zayıf patlama bile, 30 m/s'lik alev hızına ve 1 KPa'lık bir dinamik basınca sahiptir, özellikle şiddetli patlamalarda, alev hızı 1000 m/s'ye ve dinamik basınç da 1700 KPa'a çıkabilir. Kömür tozunun tam detonasyonuna karşılık gelen alev hızı teorik olarak, 2000 m/s'ye çıkmakla beraber, genelde gözlemlenen alev hızları 200 m/s mertebesinde olmaktadır (Vutukuri,1986;Rabia, 1988). Kömür tozu patlamalarının oluşumu için bazı şartlar gerekmektedir, bunlar özet olarak aşağıda verilmiştir

i. Kömür tozlarının tutuşabilme-patlayabilme ihtimalleri, uçucu madde oranlarının yüksekliğine bağlı olarak artmaktadır. Genelde, %10'dan daha az uçucu madde içeren kömür tozlarında, kömür toz. patlaması hiç görülmemiştir (Vutukuri,1986).

ii. Araştırmalar, patlamalarda boyutları yaklaşık 830 mikron'a kadar olan, kömür tozlarının etkili olduklarını göstermiştir, özellikle 100 mikron'dan daha küçük tozlar patlamanın şiddetini ve yayılma hızını artırmakta, 10 mikron'dan küçük tozların ise, patlamaya etkileri oldukça az olmaktadır (Skochinsky,1969).

iii. Yapılan araştırmalar, kömür ocaklarında kömür tozu patlamalarının oluşabilmesi için, gerekli en düşük toz yoğunluğunun, 50-60 gr/m<sup>3</sup>, olduğunu göstermiştir (Durucan,1986). Ancak tozun cinsi, inceliği, tutuşturma kaynağı ve ortamdaki metan gazı miktarı, bu değerlerin düşmesine neden olabilmektedir.

iv. Nem içeriği yüksek kömür tozları patlama esnasında, havada toz bulutu oluşturacak şekilde, tam bir dağılım göstermezler. Bu nedenle, patlamanın ilerleme ihtimali oldukça azalır. Ayrıca ortamın nemli olması da, patlamanın oluşumunu ve ilerlemesini etkiler.

v. Kömür tozu patlamasının oluşumu için gerekli bir başka faktör ise, yeterli büyüklükte bir ısı veya alev kaynağının bulunmasıdır. Bu, metan gazı patlamalarından, hatalı patlayıcı kullanımından, arızalı elektrik hat ve kablolarından, sürtünme nedeniyle kızışmadan ve havadaki tozların sürtünmesiyle oluşan atatik elektriğin ani boşalmasından kaynaklanabilir.

## **2.KÖMÜR TOZU PATLAMALARINA KARŞI ALINABİLECEK TEDBİRLER**

Bu yüzyılın sonlarına doğru, toplam enerji ihtiyacının %20'si kömürden karşılanacaktır. Yine, 2000 yılına doğru kömür üretiminin 2.5 milyar ton'dan, 5.5 milyar ton'a çıkacağı tahmin edilmektedir (Goffart,1987). Bu talebin karşılanabilmesi için, üretim faaliyetleri artan bir şekilde, daha mekanize olarak yapılmaktadır. Mekanize madencilik, yeraltında mevcut riskleri artırmakla birlikte, yeni risk unsurları da yaratmaktadır. Yüksek üretim kapasiteli modern kazı makineleri, kazı esnasında kömürü daha fazla ufalayıp, havalandırma havasındaki tozluluğun ve üretim artışına bağlı olarak da, metan emisyonunun artmasına neden olurlar. Mekanize üretim aynı zamanda, patlamanın oluşma riskini artıracak şekilde, daha fazla ısı ve alev kaynağı oluşturmaktadır.

Kömür tozu patlamaları ile mücadelede amaç, patlamanın oluşma riskini mümkün olduğunca en aza indirmektir. Bununla birlikte, oluşan bir patlamayı da, madenin tamamını etkileyip, büyük can ve mal kayıplarına yol açabilecek, kendi kendine ilerleyen, bir dizi ardışık patlamalara dönüşmeden durdurmak gerekmektedir. Kömür tozu patlamalarına karşı alınabilecek tedbirler, aşağıdaki ana başlıklar halinde verilebilir:

i. Kömür tozlarının kaynağında oluşumunu en aza indirmek ve havada dağılımını önlemek için alınabilecek tedbirler: Kömür tozu patlamalarına karşı alınabilecek en etkili ve pratik tedbiri delme, patlatma, kazı, yükleme-boşaltma ve nakliye esnasında toz oluşumunu ve dağılımını en aza indirmek için, su kullanmaktır, özellikle nakliye galerilerinde biriken kömür tozu yığınlarının sürekli olarak temizlenmesi ve buralarda uygun hava hızlarının seçilmesi yararlı olmaktadır.

ii. Kömür tozlarının alev almasını önleyecek tedbirler: Madencilik tarihindeki hemen tüm kömür tozu patlamaları, metan gazı patlamaları tarafından başlatılmıştır. Dolayısıyla, metan gazı patlamalarına karşı alınacak tedbirler, kömür tozu patlamalarının önlenmesinde çok önemlidir. İyi havalandırma, lokal metan tabakalaşmasının önlenmesi, elektrik kablolarının sürekli kontrolü, emniyetli ateşleme yapılması, uygun iş ve nakliye araçlarının seçilmesi, dikkat edilmesi gereken hususlardır.

iii. Kömür tozu patlamasının ilerlemesini önlemek için alınacak tedbirleri Bu amaç için genelde, taş tozu serpmeye ve jöle yöntemleri uygulanır. Galerilerin taş tozu ile kaplanması yönteminde, ince öğütülmüş kireçtaşı kullanılır. Fakat kömür tozu oluşumu fazla olan yerlerde, taş tozlarının üzerleri sürekli kömür tozları ile kaplanmaktadır. Patlama anında en üst tabaka daha aktif rol oynadığından, yöntemin etkinliği azalmaktadır. Sürekli taş tozu serpmeye, maden ortamının aşırı kirlenmesine neden olup, ilave işçilik ve nakliye masrafları gerektirir. Jöle yönteminde ise, galeri yüzeyleri higroskopik solüsyonlarla kaplanmaktadır. Jölelerin ana bileşeni, kaya tuzu veya  $CaCl_2$  olmaktadır. Bunlar, bir pulp kıvamında, püskürtücülerle galeri yüzeylerine püskürtülmekte ve kömür tozlarını bağlayıp, havada dağılmalarını önlemektedir. En önemli mahsurları, oldukça korozif olmaları ve galeri ile ekipmanların yüzeylerini aşırı kayganlaştırmalarıdır. Fakat, yöntem kömür tozu patlamalarına karşı oldukça etkilidir.

iv. İlerleyen kömür tozu patlamasının durdurulması için gereken tedbirler; ilerleyen bir kömür tozu patlamasının durdurulması, bariyerlerle mümkündür. Bariyerler çok miktardaki inert malzemeyi patlama alevinin geçeceği yola dağıtarak, alevi yakıtsız bırakıp, ısısını alarak, soğumasını sağlarlar. Sonuçta ise, patlama alevi söner. Bariyerler genelde, inert malzemeyi dağıtma prensibine göre "aktif" ve "pasif" olmak üzere iki grupta değerlendirilir.

### **3.PASİF BARIYERLER**

Pasif bariyerler, patlama alevinin önünde giden basınç dalgalarının etkisiyle devrilerek yada parçalanarak, içerdikleri inert maddenin havada dağılmasını sağlarlar. Kullanılan inert maddeye göre, taş tozu ve su bariyerleri olmak üzere iki çeşittirler.

#### **3.1.Pasif Taş Tozu Bariyerleri**

Bunlar, galeri eksenine dik olarak yerleştirilmiş, bir dizi tahta raf ve üzerlerine konmuş belirli miktarda taş tozundan oluşurlar. Tahta raflar, genellikle galeri yan duvarlarına, bazende zincirlerle tavana asılı olarak ve tavandan galeri yüksekliğinin 1/3'ü kadar aşağıda bulunurlar. Yerleştirilirken, madencilik faaliyetlerinden etkilenmeyecek, fakat en zayıf patlamalarda dahi, devrilebilecek şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Uygulamalar, bu tip bariyerlerin etkili olabilmesi için, patlama noktasına 60 m'den daha yakın olmaması gerektiğini göstermiştir (Vutukuri,1986). Bariyerin sahip olduğu taş tozunun miktarı, başarısını oldukça etkilemektedir. Kullanılan taş tozu miktarı ve çalışma bölgesine olan uzaklığına göre, "tali" ve "ana" bariyer olarak iki'ye ayrılır. Tali bariyerler patlamayı ilk aşamada durdurmak amacıyla, ayaktan 60-100 m mesafede yerleştirilip, galeri kesit alanının her m<sup>2</sup>'si için 100-200 kg taş tozu içerirler. Ana bariyerler ise, daha uzun mesafe katetmiş, kuvvetli patlamaları

durdurmak için, daha ilerlerde (<400 m) genellikle pano girişlerinde tesis edilirler. Bunlar, galeri kesit alanının her m<sup>2</sup>'si için 400 kg taş tozu içerirler. Bariyerler, gerekli taş tozunun konduğu tek bir raftan değil, birbirini takip eden (ortalama 1.5 m mesafeyle) raf dizilerinden oluşurlar. Bariyerde bulunan taş tozunun havada dağılabilmesi için, yeterli kurulukta olması sürekli kontrol edilmelidir. Taş tozunun, ortamdaki nemden sürekli etkilenmesi ve galeri kesitlerini kullanım açısından %30 küçültmelerinin yanısıra, taş tozu bariyerlerinin özellikle iki hususta başarısız oldukları görülmektedir (Rabia,1988):

i. Eğer patlama çok zayıf olursa, patlamanın oluşturduğu darbe etkisi rafları devirip, üzerlerindeki taş tozlarını havada bulut oluşturacak şekilde dağıtamamaktadır. Bu durum özellikle, bariyerin patlama noktasına 60 m'den daha yakın olması halinde ortaya çıkmaktadır.

ii. Eğer patlamanın alev hızı 500 m/s'yi geçerse, patlamanın basınç dalgaları ile alevi arasındaki gecikme süresi çok kısa olmakta ve alev, bariyerdeki taş tozlarının havada dağılmasını beklemeden, bariyer zonundan geçip gitmektedir.

### 3.2.Pasif Su Bariyerleri

Bu bariyerler Almanlar tarafından geliştirilmiş olup, galeri kesitine yerleştirilmiş, taşıyıcı sehpalar üzerine konan veya zincirlerle direkt olarak tavana asılan, içleri su ile doldurulmuş plastik kaplardan oluşmaktadır. Kaplar galeri kesitine, tavandaki serbest alanı en iyi kullanacak şekilde yerleştirilir. Suyun buharlaşıp, ocak iklimini olumsuz olarak etkilemesini önlemek için, kaplar kapaklarla kapatılabilir yada su, ince plastik torbalar içinde, bu kaplara konabilir. Çalışma prensibi, aynı taş tozu bariyerlerinde olduğu gibi, patlama alevinin önünden giden basınç dalgalarının etkisiyle, su dolu kapların parçalanıp, suyun havada dağılması şeklindedir. Taş tozu bariyerlerini ayırdetmek için kullanılan, tali ve ana bariyer tanımları su bariyerleri için kullanılmaz, bunlar, "sıkışık" ve "yayılı" olarak tesis edilirler (Lunn,1992).

i. Sıkışık su bariyerleri: Göreli olarak, kısa mesafede yoğun su damlacıkları bulutu oluşturmak amacıyla tesis edilirler. Bunlar, galerinin her m<sup>2</sup>'si için en az 200 lt su içerirler. Ayrıca, bariyer zonundaki galeri hacminde, su damlacıkları konsantrasyonu 5 lt/m<sup>3</sup>'den az olmamalıdır. Bariyer uzunluğunun da, en az 40 m olması gerekmektedir. Sıkışık su bariyerleri ile korunan bir galerinin, bir sonraki bariyerle arasındaki mesafe 400 m'yi geçmemelidir (Health and Safety Executive,1990) .

ii. Yayılı su bariyerleri: Göreli olarak, daha uzun mesafede daha az yoğun, yine de etkili su damlacıkları bulutu oluşturmak amacıyla, bazen korudukları galerinin tamamını kaplayacak şekilde, tesis edilirler. Su kabı dizileri, bariyerin toplam uzunluğu boyunca aralarında en fazla 30 m mesafe olacak

şekilde, her biri 3 m'lik gruplar halinde düzenlenir. Bir grupta bulunması gereken minimum su miktarı, ilk dizi ile bir sonraki grup arasındaki galeri hacminde 1 lt/m<sup>3</sup> konsantrasyon oluşturacak şekilde olmalıdır. Buna ilave olarak, eğer o galeri yalnızca yayılı su bariyerleri ile korunacaksa, bariyerdeki toplam su miktarı, galeri kesit alanının her m<sup>2</sup>'si için en az 200 lt olmalıdır (Health and Safety Execution, 1990).

İngiltere'de yapılan araştırmalar yayılı su bariyerlerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir. Bunun nedeni, başarılarının sıkışık su bariyerlerinde olduğu gibi, alev ile duraylılığı az olan su bulutunun, tam zamanında buluşturulmasına, kritik olarak bağlı olmamasıdır (Lunn,1992). Yayılı bir su bariyeri, yeterli bir su bulutu oluştuktan sonra, önce alevin hızını keser, sonra da oldukça kısa mesafede alevin sönmelerini sağlar. Sıkışık su bariyerlerinin, yalnızca ana hava yollarında ve bir sonraki bariyere en çok 400 m uzaklıkta tesis edilmeleri uygun bulunmaktadır. Bariyer zonunda, etkili bir su bulutu dağılımı sağlamak için, su kabı dizileri, belirli galeri kesit alanları için, galeri genişliğinin yeterli bir uzunluğunu kaplamalıdır. Bu uzunluk, kesit alanı 10 m<sup>2</sup>'yi geçmeyen galerilerde, maksimum galeri genişliğinin %35'inden, 10-15 m arasında galerilerde %50'sinden ve 15 m<sup>2</sup>'nin üzerindeki galerilerde %65'inden az olmamalıdır. Ayrıca bir dizideki su kapları ve su kapları ile en yakın galeri yüzeyi arasındaki mesafenin 1.2 m'yi, bir dizideki toplam boşluğun da 1.5 m'yi geçmemesi gerekmektedir (Health and Safety Execution, 1990).

Genelde, taş tozu ve su bariyerleri, aynı şartlar altında, patlamanın durdurulmasında eşit olarak etkilidirler. Fakat, su bir çok açıdan daha iyi bir söndürücüdür ve etkili bir bariyer için, görelî olarak daha az suya ihtiyaç vardır. Ayrıca, suyun taş tozuna göre yeraltına indirilmesi ve bulunması daha kolay olup, özelliklerini zamanla kaybetme tehlikesi yoktur.

### 3.3.Pasif Bariyerlerin Sakıncaları

Tesis ve bakımları oldukça basit olmasına karşın, pasif bariyerler günümüz madenciliğinin oldukça fazla sayıda ekipman içeren ve ana galerilere nazaran daha dar olan taban yollarında önemli problemler yaratmaktadır. Bunlara örnek olarak, pasif bariyerlerin bulunduğu yollarda monoray taşımacılığının yapılamaması, konveyör veya vagon nakliyatının, basınçlı hava şebekesi gibi donanımların geçirilmesinin zorlaşması, hava yolu dirençlerinin artırılması verilebilir. Galeri genişliğinin önemli bir bölümü bariyerle kaplanmadığında ise, patlamaya karşı etkinlikleri azalmaktadır. Ayak ilerleme hızlarının fazla oluşu da, ayaktan olan mesafelerini belirli bir uzunlukta tutma zorunluluğunun yerine getirilmesini güçleştirmektedir.

Pasif bariyerlerin en önemli sakıncası ise, çalışmasının patlamanın oluşturduğu basınç dalgalarına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Patlamanın çok zayıf olması durumunda, (özellikle metan gazı patlamalarında veya patlama noktasının

bariyere çok yakın olması durumunda) yeterli bir inert madde dağılımı gerçekleşmemektedir. Patlamanın çok şiddetli olması durumunda ise, (ilk aşamada durdurulamayan, uzun mesafe katetmiş patlamalarda) patlamanın basınç dalgaları ile alevi arasındaki gecikme süresi çok kısa olmaktadır. Böylece, etkili bir inert madde bulutu teşekkül edemeden, alev bariyer zonundan sönümlenmeden geçmektedir. Fromme'un yaptığı araştırmalar, pasif bariyerlerin başarılı olabilmesi için, patlama alev hızının en az 100 m/s olması gerektiğini göstermiştir (Goffart,1987). Pasif bariyerlerin başarısız oldukları bir başka durum ise, tasarımla ilgili olup, yeterli uzunluk ve inert madde konsantrasyonuna sahip olmamaları halinde ortaya çıkmaktadır (Johnstone,1985).

#### **4. AKTİF BARİ.YERLER**

Pasif bariyerlerin yukarıda ifade edilen sakıncaları nedeniyle, patlamanın oluşturduğu dinamik basınca bağlı olmadan, inert maddeyi otomatik olarak deşarj edebilen sistemler geliştirilmiştir, özellikle son 15 yıl içerisinde önem kazanan aktif (tetikli) bariyerler, genelde birbirinden ayrı olarak yerleştirilen, iki ana üniteden oluşmaktadır. Bunlar; basınç, sıcaklık, radyasyon gibi patlamaya **bağlı** parametrelerdeki artışa duyarlı "sensör" ve sensörden aldığı uyarı ile harekete geçip, içinde bulunan inert maddeyi alevin geçeceği yola deşarj eden, "dağıtıcı" ünite olmaktadır.

Sensör ile dağıtıcı arasındaki mesafe değiştirilerek, inert maddenin deşarj edilmeye başlanması ile, alevin aynı noktaya ulaşma süresi ayarlanabilmektedir. Sensör, dağıtıcı üniteyi elektrik kablolu, patlayıcı fitilli, sesli veya uzaktan kumandalı sistemlerle harekete geçirebilmektedir. Dağıtıcı ünite ise, inert malzemeyi enerji kaynağı olarak) gerili yay-p-ton sistemi, sıkıştırılmış azot veya halon 1301 gibi gazlar Vf cardox silindiri veya cordtex gibi patlayıcı maddeler k'İllanarak deşarj edebilmektedir. Inert madde olarak da, genellikle, taş tozu ve su kullanılmaktadır (Vutukuri,1986).

#### **4.1.US Bureau of Mines Düşük Basınçlı Dağıtıcı Sistemi**

Bu sistemde dağıtıcı ünite, yaklaşık 33 cm çapında küresel bir tank şeklindedir. Bu tankın %70'i su ile doldurulmakta, geri kalan boşluğa ise azot gazı basılmaktadır. Su, tankın tabanında bulunan 7.6 cm genişliğindeki patlayıcı diyaframın açılması ile, ya çoklu memelerden veya yine 7.6 cm genişliğindeki bir borudan dağıtılmaktadır (Vutukuri,1986).

#### **4.2.SMRS MkII Tetikli Su Bariyeri**

Tali taş tozu bariyerlerinin yerine kullanmak amacıyla, İngiltere'de geliştirilmiştir. Sistem bir termokopul sensör ve sinyalin elektrik kablolarıyla iletildiği, silindirik bir dağıtıcı üniteden oluşmaktadır. Silindirik dağıtıcı ünite, 3 m uzunluğunda ve 0.4 m çapında olup, iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, basınçlı azot gazı içermekte, bir kapakla

kapatılmış olan ikinci bölümde ise 227 İt su bulunmaktadır. Bu iki bölüm birbirinden, üzerinde 5 gr civarında patlayıcı ve kapsül bulunan, bir çelik plaka ile ayrılmaktadır. Sensörden gelen elektriksel uyarıyla kapsül ateşlenmekte, bu da patlayıcı maddeyi patlatarak, çelik plakanın parçalanması sağlanmaktadır. Böylelikle, basınçlı azot, bir pistonu iterek, silindirin uçlarındaki kapağın tutucu civatalarını kesmekte ve suyu, yelpaze şeklinde havaya dağıtmaktadır. 227 İt suyun, sensörün uyarısından sonra, galeri boyunca tam dağılımı, yaklaşık 200 ms'de gerçekleşmektedir (Herbert,1984).

#### **4.3.Belçika Tetikli Bariyer Sistemi**

Bu bariyer sisteminde, patlama termomekanik bir sensörle tesbit edilmektedir. Dağıtıcı ünite ise, 30 cm çapında, 2 m boyunda ve 20 kg ağırlığında olup, poliüretan köpükten yapılmıştır. Bunun etrafı ise, plastik bir koruyucu ile kaplanmıştır. Dağıtıcı, galerinin üst kısımlarına asıldıktan sonra, gözenek boşlukları 90 kg su ile doldurulmaktadır. İtici sistem, dağıtıcının eksenini boyunca, su geçirmez bir kanal içinden geçen ve metan bulunan ortamlarda bile emniyetle kullanılabilen, patlayıcı bir fitilden oluşmaktadır. Fitilin, sensörden aldığı uyarı ile patlaması, suyu dağıtmak için gerekli olan enerjiyi sağlamaktadır. Sistemin harekete geçmesinden sonra, 20 m<sup>2</sup>'lik bir galeri kesitinin tam olarak su zerrecikleri ile kaplanması, yaklaşık 283 ms sürmektedir. Sistemin çok zayıf patlamalarda dahi başarılı olduğu ifade edilmektedir (Goffart,1987;Goffart,1982;Lunn,1992).

#### **4.4.SMRE Tetikli Taş Tozu Bariyeri**

Bu sistemde dağıtıcı ünite, 25 kg ağırlığında taş tozu içeren, silindirik çelik bir tanktan oluşmaktadır. Tankın ucuna plastik bir kapak monte edilmiştir. Taş tozunu deşarj edici sistem, pistonun merkezine yerleştirilmiş, sıkıştırılmış bir helisel yay mekanizmasıdır. Piston ise, toz bölmesinde olup, dönme hareketi esnasında, toz deşarjını kolaylaştırmak için, üzerine kanatçıklar monte edilmiştir. Yay ve pistonu harekete geçiren tetik mekanizması ise, ünitenin üstüne monte edilmiş ve statik basınçtaki artışa duyarlı bir diyaframa bağlanmıştır. Sistemin, kullanılan galeri kesitine bağlı olarak, yeterli yoğunlukta inert madde konsantrasyonunu sağlaması durumunda, başarılı olduğu ifade edilmektedir (Lunn,1992).

#### **4.5.Aktif Bariyerlerin Sakıncaları**

Aktif bariyerler pasif bariyerlere nazaran, daha komplike ve pahalı sistemlerdir. Bazılarının ağırlığı, taşınmalarını ve montelerini güçleştirecek kadar fazladır. Fakat, esas sakıncaları, alev ile inert madde bulutunu çok hassas bir zamanlama ile buluşturma zorunluluğudur. Eğer inert madde bulutu, alevin bariyer zonuna gelişinden önce oluşursa, basınç dalgaları ile sürüklenecek ve etkili bir söndürme için gerekli konsantrasyonu kaybedecektir. Eğer geç oluşursa, patlama alevi geçip gitmiş ve bariyer etkisiz kalmış olacaktır. Bu nedenle,



aktif bariyerler henüz pasif bariyerlerin kullanımını tamamen ortadan kaldırmamıştır. Fakat, pasif bariyerlerin en başarısız oldukları ayağa yakın taban yollarında, kullanılmaları tavsiye edilmektedir (Lunn, 1992) .

## **5.AKTİF ALEV GEÇİRMEZ KAPI SİSTEMİ**

Bu yaklaşım, ilerleyen bir kömür tozu patlamasının, alev geçirmez bir kapı sistemi yardımıyla durdurulmasını önermektedir. Başka bir ifade ile sistem, alevin geçemeyeceği fakat gaz, yanma ürünleri ve havanın geçebileceği küçüklükte deliklerden oluşan, saç paketlerin bariyer olarak kullanılması prensibine dayanmaktadır. Hernekadar bu düşünce, şimdiye kadar, madencilikte patlama bariyeri amacıyla kullanılmamışsa da, uygulanmakta olduğu çeşitli gaz/hava yanma sistemleri mevcuttur, örneğin, LPG/hava yakma sistem ve tesisatlarında, geri yanmayı durdurmak için, perfore saç paketi veya tel kafes kullanılmaktadır. Benzer bir uygulama, madencilikte emniyet lambalarında görülmektedir. Bilindiği gibi emniyet lambasında, metanın alet bünyesinde yanmasıyla açığa çıkan alev ve ısı, alevi çeviren iç içe 2 tel kafes yardımıyla soğutulup, etkisiz hale getirilmektedir. önerilen sistem; sensör, çözme mekanizması, kapı ünitesi ile yardımcı dananım ve konstrüksiyonlar olmak üzere, dört ana üniteden oluşmaktadır (şekil.1). Patlamanın durdurulmasını garantilemek amacıyla, bir bariyerde en az iki adet alev geçirmez kapı bulunmaktadır.

### **5.1.Sensör Ünitesi**

Geliştirilmekte olan sistem için, patlamanın otomatik olarak algılanmasında, basitliği, güvenilirliği ve çalışma hızı slyetinln yüksekliği nedeniyle, diyafram tipli sensörler di .ülmüştür. Bu sensörler, ortamdaki statik basınç artışına göre çalışmaktadır. Sensör, patlatma gibi madencilik faaliyetleriyle yaratılabilecek, maksimum statik basıncın üzerinde bir değere ayarlanmalıdır. Bu sensörlerin bir avantajı da, çalışmasında bir enerji kaynağına ihtiyaç göstermemesidir. Bu durum özellikle gazlı madenlerde önem kazanmaktadır.

### **5.2.Çözme Mekanizması**

Bu mekanizma, sensörden aldığı uyarı ile, açık vaziyette bulunan alev geçirmez kapıyı özel olarak tasarlanmış, alev sızdırmaz kapı kasasına oturtup, kapanmasını sağlar. Mekanizma, normal durumda bir halat, makara, halat tamburu, mandal dişli ve mandal mekanizması ile kapıyı açık tutmaktadır. Sensörün mandalı açmasıyla kapı, gravitasyonel olarak halatı çekmekte ve tamburun serbest dönmesini sağlamaktadır. Kapının ağırlığına uygun olarak, tambur miline bağlı çalışan bir fren mekanizması, kapının kapanma hızını ayarlama da kullanılmaktadır. Halat kullanımının avantajı, sensör ile kapı arasındaki mesafenin istenildiği gibi ayarlanabilmesi ve çalışmasında herhangi bir enerji kaynağına ihtiyaç göstermemesidir (şekil.2).

### 5.3.Kapı Ünitesi

Bu Ünite) alev geçirmez kapı, betonarme kapı kasası ve kilit mekanizmasından oluşmaktadır. Kapı, patlama alevinin önünden giden basınç dalgalarının geçişine izin verecek, fakat alevi geçirmeyecek kadar küçük deliklere sahip, perfore sandviç saç paketlerden oluşmaktadır. Düz ve ondüleli saçların biraraya getirilmesi ile oluşturulan sandviç paket, alev sızdırmazlığın yanısıra, ısı yalıtımını ve mukavemeti de artırmaktadır (şekil.3). Bu paketler, maksimum basınca dayanacak boyutta bölmelere ayrılmış, çelik bir şasinin üzerine, sızdırmazlık sağlanacak şekilde monte edilirler. Kapının oturduğu betonarme kasa, dört bloktan oluşmaktadır. Bu bloklar birbirine civatalar ve sızdırmazlık elemanları ile bağlanmaktadır. Bu beton bloklar, aynı zamanda galeri kesitine sızdırmaz bir şekilde yerleştirilmişlerdir. Basınçlı hava, elektrik, telefon hatları ve su şebekesi gibi donanımlar, bu blokların içlerinden, alev sızdırmaz bir şekilde geçirilebilmektedir. Kapı kapandığında, bir kilit mekanizması yardımıyla, alttan ve yanlardan kilitlenmektedir. Bu kilitler, kapının stabilitesini ve sızdırmazlığını, her iki yönde de, sağlamaktadırlar.

### 5.4.Yardımcı Donanım ve Konstrüksiyonlar

Kapı sistemi açık konumda, hiçbir madencilik faaliyet ve donanımına engel olmayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem, insan, hava, basınçlı hava şebekesi, iletişim hatları gibi donanımların geçişine izin vermekte, monoray, vagon ve konveyör taşımacılığında ise, bazı önlemler gerektirmektedir, bunları

i. Monoray nakliyatında! monoraylar, kapı bölgesinde kapının kapanmasını engellemeyecek şekilde, parçalı olarak tasarlanmıştır. Kapının kapanmasını sağlayan mekanizma, monoray parçasının da hareketini sağlamaktadır. Böylece, bir patlama anında kapı kapanırken, monoray parçaları kapının kapanmasına ve sızdırmazlığına engel teşkil etmemektedir.

ii. Vagon nakliyatında; en az iki adet alev geçirmez kapıdan oluşan bir bariyerin iki kapısı arasındaki mesafenin, maksimum katar uzunluğuna bağlı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Böylece, vagonların geçişleri esnasında bir patlama olursa, kapılardan en az birinin, serbestçe kapanabilmesi garantilenmiş olur. Vagon tekerlerinin geçtiği ray bölmesindeki sızdırmazlığın temini için, özel bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem, tekerleğin geçişine izin verirken, alev geçişini önlemektedir.

iii. Konveyör nakliyatında: konveyör tesisinin, bir patlama anında kapının kapanmasına izin verirken, kapı ile kapı kasası arasında alev sızdırmazlığını ortadan kaldırmayacak şekilde yapılması gerekmektedir. Bu ise, bariyer zonunda konveyör bandının parçalı olarak tasarlanması ve konveyör geçişlerinde kapının kapanmasını engellemeyecek, kaydırma oluklarının yapılmasıyla mümkündür.

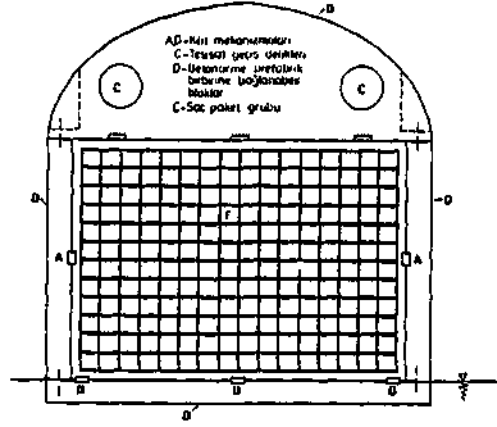


Figure 1. Aktif Alev Geçirmez Kapı.

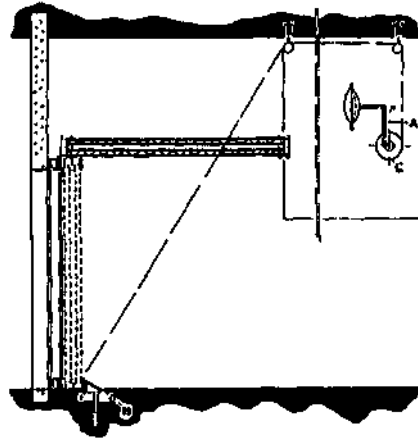


Figure 2. Çözme Mekanizması ve Sensör.

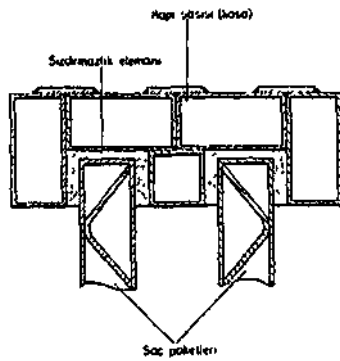


Figure 3. Alev Geçirmez Perfore Saç Paket.

## 6. SONUÇLAR

önerilen sistemin, teorik olarak kömür tozu patlamalarının durdurulmasında başarı ile kullanılabilmesi düşünülmektedir. Sistemin, makalede özetlenen pasif ve aktif bariyerlere göre önemli avantajları vardır. Bunlara örnek olarak, imal ve tesislerinin kolay olması, fazlaca bakım ihtiyacı göstermemesi, başarısının hassas bir zamanlamaya kritik olarak bağlı olmaması, patlama alev hızı ve şiddetinin çalışmasını etkilememesi verilebilir.

önerilen sistemin, gerçek ortamda başarısının belirlenmesi için, imal edilip, testlere tabi tutulması gerekmektedir. Yapılacak testlerde, öncelikle kapanma güvenilirliği, süresi, basınç altında alev sızdırmazlığının kontrolü, tasarım hatalarının belirlenmesi, değişik madencilik şartları ve ekipmanları ile uyumu denenmelidir. Bu amaçla çalışmalar sürdürülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- DURUCAN Ş., GUYAGÜLER T., 1986; "Yeraltı Kömür Madenciliğinde Çevre Sorunları ve Kontrol Yöntemleri", Maden İş Sendikası Yayını, 179 s.
- GOFFART P., BROWAEYS P., 1982; "Le Systeme Belge D'arrêt-Barrage Déclenche", Explosifs, Vol 35, s.31-60.
- GOFFART P., 1987, "The Belgian Triggered Barrier System", Safety and Health Commission for the Mining and Other Extractive Industries, Doc.No 7797/87 EN, Luxembourg 10 s.
- HERBERT M.J., 1983; "The SMRE Triggered Water Barrier System Type 1A", Safety and Health Commission for the Mining and Other Extractive Industries, Doc.No 2354/88 EN, Luxembourg 64 s.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1990; "Approval of a Passive Water Trough Barrier", 14 s.
- JOHNSTONE A.G., ROBERTS A.F., LUNN G.A., 1985; "Barrier Protection Against Explosion. Design Requirements and Recent Experiments", Proceedings of the 21st International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Sydney s.623-628.
- LUNN G.A., BROOKES D.E., 1992; "Explosion Barriers and British Mines", Mining Engineer, s.326-334.
- RABIA H., 1988; "Mine Environmental Engineering", Athenaeum Press, Newcastle Upon Tyne, 425 s.
- Skochinsky A., Kamarov V., 1969, "Mine Ventilation", Mir Publishers, Moscow.
- VUTUKURI V.S., 1986, "Environmental Engineering in Mines", Cambridge University Press, 504 s.