



Derleme / Review

## TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN ANİ GAZ VE KÖMÜR PÜSKÜRMESİ OLAYLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE OLAYLARLA MÜCADELEDE ALINACAK ÖNLEMLER

AN ASSESSMENT OF COAL AND GAS OUTBURST OCCURRENCES IN TURKEY, AND PREVENTION METHODS

Olgun Esen<sup>a,\*</sup>, Gündüz Ökten<sup>a,\*\*</sup>, Abdullah Fişne<sup>a,\*\*\*</sup>

<sup>a</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL

Geliş Tarihi / Received : 05 Haziran / June 2017

Kabul Tarihi / Accepted : 18 Temmuz / July 2017

### Anahtar Sözcükler:

Ani gaz ve kömür püskürmesi,  
 Yeraltı kömür madenciliği,  
 Zonguldak,  
 İş sağlığı ve güvenliği.

### Keywords:

Coal and gas outbursts,  
 Underground coal mining,  
 Zonguldak,  
 Occupational health and safety.

### ÖZ

Dünya'da yeraltı kömür madenciliğinde, yıllardır büyük can ve mal kayıplarına neden olan ani gaz ve kömür püskürmesi olayları, yurdumuzda da Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda meydana gelmekte olup, acil olarak çözülmesi gereken iş kazası nedenleri arasında yer almaktadır. Havzada 1969-2013 yılları arasında 90 adet ani gaz ve kömür püskürmesi olayı kaydedilmiş ve toplam 374 kişi hayatını kaybetmiştir. 2013 tarihinden günümüze kadar geçen sürede havzada herhangi bir olay gerçekleşmemiştir. Bu çalışmada, ani gaz ve kömür püskürmesi olayı tanıtılmış, olayın meydana gelişinde rol oynayan ana faktörler sıralanarak, oluşum mekanizması kısaca açıklanmıştır. Ayrıca havzada kayıtlara geçen olayların istatistiksel bir değerlendirmesi yapılmış, olaylarla mücadele uygulanan yöntemler özet olarak verilmiştir.

### ABSTRACT

The coal and gas outbursts which causes loss of life and property in underground coal mining through the worldwide. This event only occurs in the Zonguldak coal basin in Turkey, and it has to immediately be prevented in the collieries of the basin. The sum of 374 workers were died after 90 coal and gas outburst occurrences were experienced in the years between 1969 and 2013. After 2013, coal and gas outbursts were not occurred until today. In this paper, coal and gas outbursts were identified and the mechanism of outburst have been given as a brief summary. Moreover, statistical assessment of outbursts for the Zonguldak coal basin have been made and the prevention methods were summarized.

\* Sorumlu yazar: [esenolgun@itu.edu.tr](mailto:esenolgun@itu.edu.tr) • <https://orcid.org/0000-0001-8015-0962>

\*\* [okten@itu.edu.tr](mailto:okten@itu.edu.tr) • <https://orcid.org/0000-0003-4950-2573>

\*\*\* [fisnea@itu.edu.tr](mailto:fisnea@itu.edu.tr) • <https://orcid.org/0000-0001-7449-0573>

## GİRİŞ

Milyonlarca yıl önce, bitkisel malzemenin kömürleşmesi sürecinde oluşan metan ve diğer gazlar ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$  ve ağır hidrokarbonlar), kömür ve çevre tabakaları içinde bir denge basıncında tutulur. Madencilik faaliyetleri hem bu denge basıncının bozulmasına neden olur, hem de kazı boşluğuna gaz akışını kolaylaştırır. Basınç altındaki gazın ocak havasına yayılması üç farklı şekilde gerçekleşir.

- Normal yayılma,
- Üflenerek yayılma,
- Ani püskürme şeklinde yayılma.

Bunlar içerisinde ani püskürme şeklinde yayılma, çok kısa sürede büyük miktarlarda gazın açığa çıkması nedeniyle diğerlerinden farklı bir yere sahiptir. Olay sırasında, gaz, beraberinde sürüklediği kömür ve kayaç postasını da kazı boşluğuna taşımaktadır. Büyük miktarda gazın sürüklediği kömür postası ile birlikte kazı boşluğunu doldurduğu bu olaylar, ani gaz ve kömür püskürmesi (ani degaj) olarak tanımlanmaktadır (Eckart vd., 1966; Gray, 1983; Hargraves, 1983; Lama, 1995).

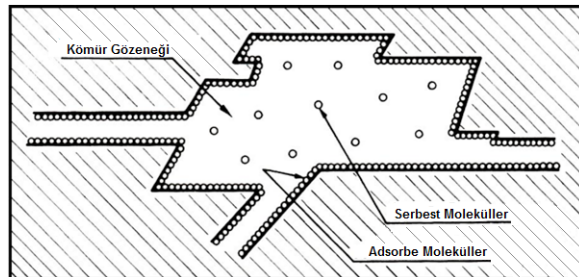
Tanımdaki kayaç terimi, gaz içeren kömür, tuz ve kumtaşı tabakaları için kullanılmaktadır. Olay esnasında açığa çıkan gaz ise, kayacın türüne göre değişim göstermektedir.

Kömür madenciliğinde karşılaşılan olaylarda,  $\text{CH}_4$  ve  $\text{CO}_2$  veya bunların değişik oranlarda karışımları, olayın ana nedeni olmaktadır (Ökten, 1983). Olaylar daha çok yeraltı kömür madenlerinde meydana gelmekte olup, tuz (potas) ve metal ocaklarında da olaylara rastlanmıştır (Li ve Hua, 2006; ACARP, 2015). Tuz ve metal madenlerinde kumtaşı ile birlikte ocak havasına karışan gazlar;  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  ve bunların  $\text{H}_2$  ve  $\text{N}_2$  gazları ile karışımıdır. Yeraltı kömür madenciliğinde ön sıralarda olan Çin, Rusya, Avustralya, Polonya, Ukrayna, Almanya, gibi ülkelerin tamamında ani gaz ve kömür püskürmesi olayları yaşanmıştır. Ülkemizde olaylarla sadece Zonguldak Havzası'nda karşılaşılmıştır. Meydana gelen olaylar ilk başlarda tam olarak anlaşılammış, arın kayması, göçük gibi olaylarla karıştırılmıştır. Dolayısıyla olaylara ait bilgilerin yer aldığı kayıtlar 1960'lı yılların sonlarından itibaren tutulmaya başlamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda meydana gelen ani gaz ve kömür püskürmelerini tanıtmak, istatistiksel olarak değerlendirmek ve olaylarla mücadelede uygulanan önlemleri ana hatlarıyla tanıtmaktır.

## 1. ANİ GAZ VE KÖMÜR PÜSKÜRME OLAYLARININ TANIMI VE MEKANİZMASI

Kömür, bataklıklarda bozunma ve çürümeden kurtulan bitki kalıntılarının zamanla biyokimyasal, kimyasal ve fiziksel etkilerle değişimi sonucu oluşmaktadır. Kömürleşme olayı, bitkisel malzemenin turba, linyit ve taşkömürü evrelerinden geçerek antrasit ve grafitte dönüşmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Özpeker, 1991). Bu süreçte büyük miktarlarda gaz oluştuğu ve önemli bir kısmının kömür ve yan kayaçlar içerisinde depolandığı bilinmektedir. Oluşan gazın, % 90-95'i metan, geriye kalan kısmı ise karbondioksit, azot ve ağır hidrokarbonlardır (etan, propan vb.) (Kim, 1973). Karbondioksit gazı, su içinde kolaylıkla çözünbildiği için, miktarı zamanla önemli ölçüde azalmaktadır. Damarın yüzeye yakın olması ve örtü tabakalarının çatlaklı ve kırıklı bir yapı göstermesi durumunda, metan gazının büyük bir bölümü damardan ayrılarak atmosfere karışmaktadır. Derinde yataklanmış ve kompakt kayaçlarla örtülmüş damarlarda ise gaz, esas olarak kömür içindeki gözeneklerde adsorbe ve serbest moleküller halinde depolanmaktadır (Şekil 1) (Ediz ve Durucan, 1998).



Şekil 1. Kömür gözenekleri içerisindeki gaz molekülleri.

Üretim çalışmaları ile bozulan basınç dengesinden dolayı kömürün gözenek ve çatlaklarında depolanan metan gazı, ocak ortamına çeşitli şekillerde yayılarak patlama, yangın ve boğulma gibi birçok tehlikeyi de beraberinde getirmektedir (Wang vd., 2012). Yukarıda da belirtildiği gibi, kısa sürede büyük miktarda gazın sürüklediği malzeme ile birlikte yayıldığı "Ani Gaz ve Kömür Püskürmesi" olayları özellikle yeraltı kömür madenlerinde işletme güvenliğinin en önemli sorunları arasında yer almaktadır.

Ani püskürme olayları genellikle bakir bölgelerde, gazlı ve yüksek ranklı kömür damarlarında, özellikle fay, kıvrımlanma, dayk vb. jeolojik zorlamaların olduğu bölgelerdeki kazı çalışmaları sırasında ortaya çıkmaktadır (Lama ve Bodziony, 1998; Cao vd., 2001). Konuyla ilgili gözlem ve

araştırmalar sonucunda olayların meydana gelişinde etkili olan faktörler belirlenmiştir.

Bunlar içinde en önemlileri:

- Bölgenin jeolojik yapısı,
- Kömürün yapısal özellikleri; özellikle kömürleşme derecesi, çatlaklılığı ve gevrekliği,
- Kömürün içerdiği gaz miktarı,
- Kömürdeki gazın desorpsiyon hızı,
- Kaya basıncı'dır.

Kömür damarı ve çevresindeki kayaçların jeolojik koşulları, ani gaz ve kömür püskürmesi olayının meydana gelmesinde önemli bir etkidir. Jeolojik faktörler iki grup altında toplanabilir. Bunlardan birincisi doğrudan kömür damarının geometrisini ve oluşumunu karakterize eden parametreler, ikincisi ise kömür damarları ve yan kayaçların tektonizmasını karakterize eden parametrelerdir. Olaylar genellikle jeolojik deformasyona uğramış, aynı zamanda yüksek miktarda gaz içeren damarlarda ortaya çıkmaktadır (Lama ve Bodziony, 1998).

Kömürleşme olayı sırasında organik maddedeki değişimlerin evreleri kömür türlerini meydana getirir. Kömürleşme derecesi genellikle Uçucu Madde veya Sabit Karbon miktarları esas alınarak belirtilmektedir. Diğer bir deyimle, düşük uçucu madde miktarı ve/veya yüksek sabit karbon miktarı, yüksek kömürleşme derecesini işaret etmektedir. Araştırmalar düşük dereceli kömürlerden antrasite doğru gelişen kömürleşmeye paralel olarak adsorplanan gaz miktarında bir artış olduğunu göstermiştir (Ökten, 1983).

Artan gerilmeler altında elastik sınırı izleyen çok sınırlı bir şekil değiştirmeden sonra aniden kırılan kayaçlara "Gevrek Kayaçlar" denilmektedir (Ketin ve Canitez, 1972). Bu tür kayaçlarda yenilme, kırılma şeklinde olmaktadır. Kömürlerin de gevrek kayaçlar sınıfına girdiği, yüksek dereceli kömürlerin diğerlerine oranla daha gevrek bir yapı gösterdikleri bilinmektedir. Kömürün bu özelliği, sekonder gerilmelerin etkisiyle var olan süreksizliklerin gelişmesi ve yeni süreksizliklerin oluşmasında önemli rol oynar. Diğer bir deyimle, kömürün gevrekliği arttıkça gazın desorpsiyon hızını etkileyen temel parametrelerden "çatlak yoğunluğu" artar. Bu varsayımdan hareketle, kömür damarlarından alınan numunelerin gevrekliğini belirleyerek, damarın ani püskürmeye eğilimi konusunda bir fikir elde etmek mümkündür (Ökten, 1983; Bodziony ve Lama, 1996).

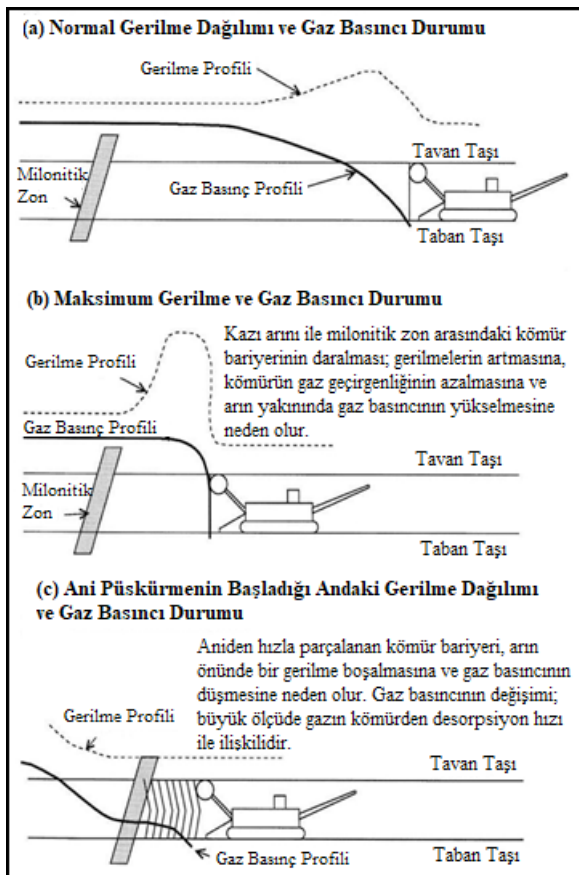
Kömür damarının gaz içeriği, ani gaz ve kömür püskürmesi olaylarında temel faktördür. Olayın gerçekleşmesi için, kömür damarındaki gaz miktarı belirli bir sınır değerinde olmalıdır. Genel olarak, 8 m<sup>3</sup>/t'dan (kuru-külsüz kömür) daha büyük bir gaz içeriğinde, diğer koşullar da sağlanıyorsa, ani gaz ve kömür püskürmesi olayının başlaması için yeterli şartlar oluşmaktadır (Lama, 1995). Almanya ve Avustralya'daki ampirik deneyimlere dayanarak, kömürün gaz içeriği açısından sınır değerler; metan için 9 m<sup>3</sup>/t, karbondioksit için 5 m<sup>3</sup>/t olarak tespit edilmiştir (Beamish, 1984). Dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir nokta da, kömürün heterojen yapısı nedeniyle damardaki bazı dilimlerin diğerlerinden daha yüksek gaz (3-4 m<sup>3</sup>/t daha fazla) içeriğine sahip olmasıdır. Genelde yüksek oranda düren (kömür mase-rali) içeren ve yoğun çatlaklı yapıya sahip olan bu dilimler, kömür damarı ani püskürmeye eğilimli olmadığı halde olayı tetikleyebilmektedir.

Kömürdeki mikrogözenek ve çatlaklarda depolanmış olan gazın, ortamdaki basınç dengesinin bozulması ile birlikte, süreksizliklerden desorbe olarak yayılma hızı önemlidir. Deneysel çalışmalar, olaya eğilimli kömür damarında gaz desorpsiyon hızının çok daha yüksek olduğunu göstermiştir (Paul, 1981).

Madencilik faaliyetleri sırasında yapılan kazılar yerkabuğu içindeki doğal (Primer) gerilme durumunun bozulmasına neden olmaktadır. Doğal gerilmelerin yön, yer ve şiddet değiştirmesiyle oluşan yeni gerilme dağılımı da ikincil (Sekonder) gerilme durumu veya "Kaya Basıncı" olarak isimlendirilmektedir (Vardar, 1979; Ökten, 1983). Artan gerilmeler kömür damarında sekonder çatlakların boyutları ve yoğunluğunu artırmakta, arının dayanımını azaltarak gaz basıncı etkisiyle parçalanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle kazı boşluğu çevresindeki gerilme dağılımının incelenmesi önem taşımaktadır. Ancak ocağın belli bir noktasında yapılan ölçümlerde elde edilen değerlerin sadece genel bir fikir verdiğini, tüm ocak için genelleştirilemeyeceğini de dikkate almak gerekir (Saltoğlu, 1975).

Yeraltında hazırlık ve üretim amacıyla yapılan kazı çalışmaları sonucu, açılan boşluğu çevreleyen bölgede gerilme dağılımının değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, kaya basıncının değeri arından uzaklaştıkça artmakta, belli bir mesafede maksimum değerine ulaşmaktadır. Arının ilerletilmesiyle birlikte yüksek basınç zonu da içerilere doğru ötelenmektedir. Normal şartlarda bu çevrim panodaki üretim çalışmaları sonuçla-

nıncaya kadar devam etmektedir. İlerleme doğrultusunda ani püskürmeye eğilimli milonitik bir zon (kayadaki ilksel tanelerin kırılarak ufalanması ile oluşan zon) bulunması durumunda, kazı ile birlikte arın önündeki bölgede gerilmeler ve gaz basıncı artmakta, kömürün gaz geçirgenliği de minimum değerine inmektedir. Bu aşamada arın ile milonitik zon arasındaki bariyer, basınç altındaki gazın deformasyon enerjisini frenlemeye çalışmaktadır. Bariyerin kazı çalışmaları sonucu zayıflatılması ile birlikte, gaz basıncı arını parçalamakta ve taşıdığı malzeme ile birlikte kazı boşluğuna doğru akmaktadır. Söz konusu olaylar yeniden bir denge sağlanıncaya (gaz basıncının düşmesi, taşınacak niteliklerde kömür kalmaması) kadar devam etmektedir (Beamish ve Crosdale, 1998).



Şekil 2. Ani püskürme olayının mekanizması (Beamish ve Crosdale, 1998)

## 2. OLAYLARIN İSTATİSTİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki olaylar 1969-2013 yılları arasında sadece Kozlu ve Karadon Taşkömürü İşletmelerine bağlı ocaklarda ortaya çıkmıştır. Havzadaki diğer işletmelerde bugüne kadar ani gaz ve kömür püskürmesi olay-

ları ile karşılaşmamıştır. Kayıtlara geçen ilk olay Kozlu Taşkömürü İşletmesi'nde, 22.06.1969 tarihinde -425/22924 Sulu başyukarıda meydana gelmiştir (Ökten, 1983).

Konu ile ilgili belgeler incelenmiş, havzada 1969 – 2013 tarihleri arasında toplam 90 adet ani gaz ve kömür püskürmesi olayı tespit edilmiştir. Olayların yıllara göre dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Bu olaylardan 38'i Kozlu Taşkömürü İşletmesi'ne bağlı ocaklarda, 52'si ise Karadon Taşkömürü İşletmesi'ne bağlı ocaklarda meydana gelmiştir (Esen, 2013).

Karadon Taşkömürü İşletmesi'nde meydana gelen 52 ani gaz ve kömür püskürmesi olayının 34'ü başyukarılarda, 9'u lağımlarda, 7'si taban yollarında ve 2'si ayaklarda ortaya çıkmıştır.

Kozlu Taşkömürü İşletmesi'nde ise 38 olayın 19'u başyukarılarda, 16'sı lağımlarda ve 2'si taban yollarında, 1'i de ayakta kaydedilmiştir. Olaylar ile ilgili detaylar Şekil 4'te gösterilmiştir. Geniş kazı arınlı (uzunayaklar) ocak kesimlerinde gaz daha kolay serbestleştiği için, uzunayaklarda olay sıklığı diğer çalışma alanlarına göre çok daha azdır. Olaylardan yalnızca 3'ünün uzunayak'ta meydana gelmesi bunu kanıtlar niteliktedir.

Kozlu ve Karadon Taşkömürü İşletmeleri'nde saptanan 69 adet ani gaz ve kömür püskürmesi olayının meydana geldiği kömür damarları ve tekrar sayıları Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre, 69 olayın %75'i Acılık, Sulu ve Çay damarlarında ortaya çıkmıştır.

Olayların şiddeti özellikle, olay sonrası kazı boşluğunu dolduran kömür postasının miktarına dayanarak belirlenmektedir (Bodziony ve Lama, 1996). Diğer bir deyişle olayların şiddeti ne kadar fazla ise, atılan kömür miktarı da o kadar fazla olmaktadır (Ökten, 1983). Kozlu ve Karadon Taşkömürü İşletmeleri'nde yaşanan 90 olaydan 55'inde atılan kömür miktarları belirlenmiş olup, değerlerin dağılımı Şekil 6'da derlenmiştir. Görüldüğü gibi, atılan kömür miktarı 31 olayda 50 – 400 ton arasında değişerek en fazla sıklığı göstermiş, en büyük değer ise 07.01.2013 tarihinde Kozlu Taşkömürü İşletmesi, -630 Kuzey Lağım'da meydana gelen olayda kaydedilmiş ve bu değer 2040 ton olmuştur.

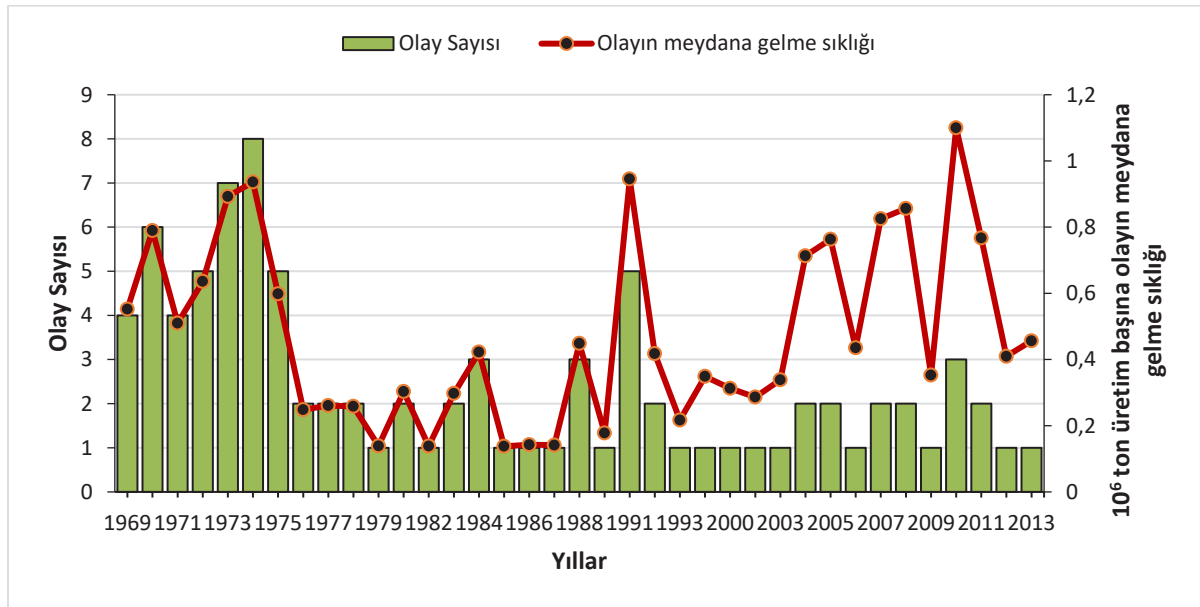
Majcherczyk ve Kobiela olayları şiddeti açısından, atılan kömür miktarını esas alarak sınıflandırmışlardır (Çizelge 1). Bu sınıflandırmaya göre; Kozlu ve Karadon İşletmelerinde meydana gelen olayların önemli bir bölümü orta ve küçük şiddetli sınıfa girmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Ani püskürme olaylarının açığa çıkan malzeme miktarına göre sınıflandırılması

Açığa Çıkan Malzeme Miktarı (ton)	Ani Püskürmenin Boyutu
0,5 – 10	Çok Küçük
10 – 50	Küçük
50 – 400	Orta
400 – 1000	Büyük
> 1000	Çok Büyük

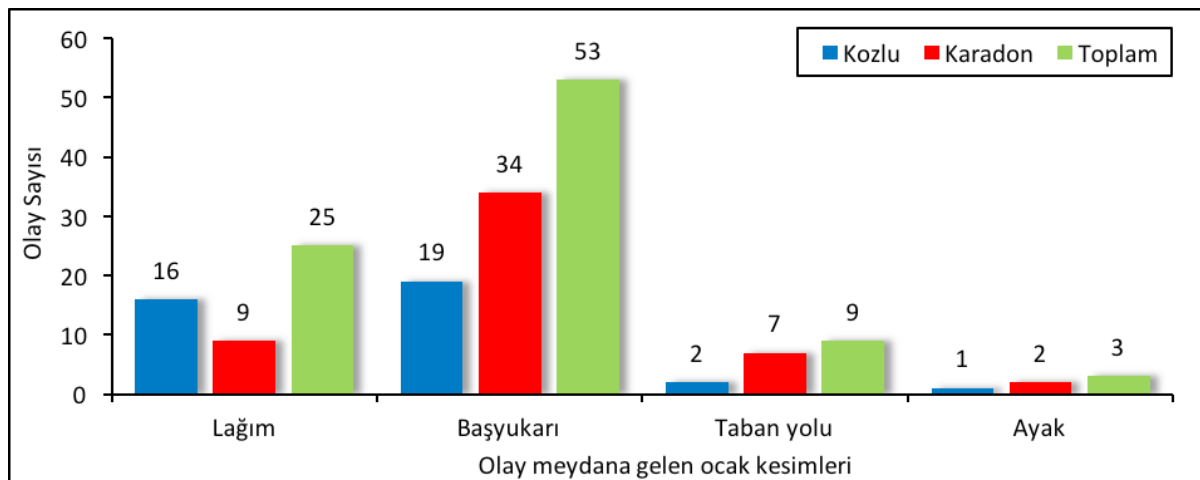
Çizelge 2. Havzada meydana gelen olayların açığa çıkan malzeme miktarına göre sınıflandırılması

Açığa Çıkan Malzeme Miktarı (ton)	Olay Sayısı	
	Karadon (adet)	Kozlu (adet)
0,5 – 10	1	2
10 – 50	6	7
50 – 400	11	20
400 – 1.000	5	1
> 1.000	1	1

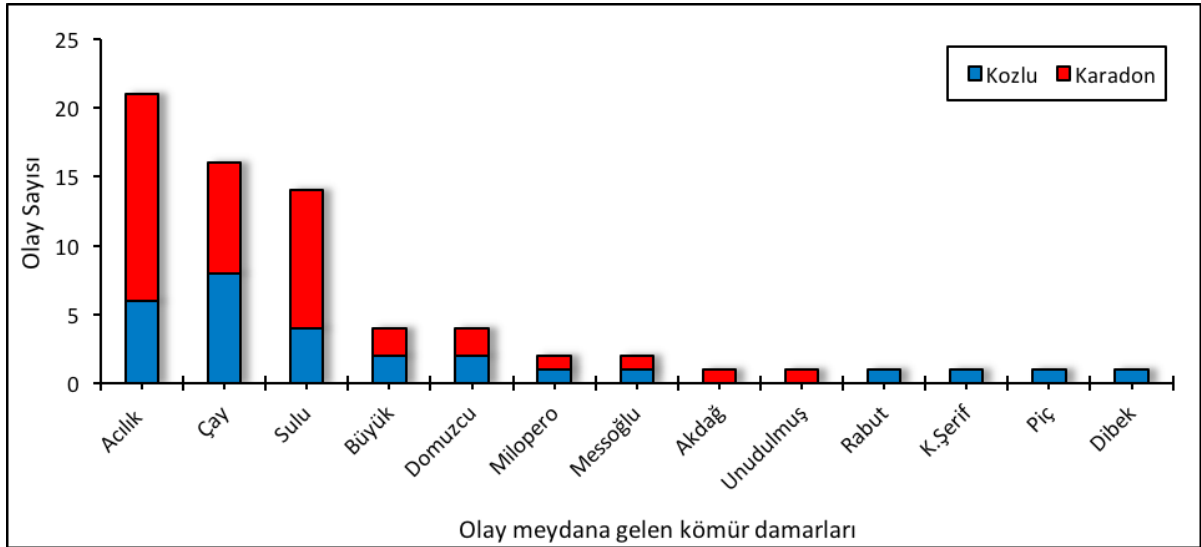


Not: Hesaplamalarda yıl bazında TTK toplam tüvenan üretimleri esas alınmıştır.

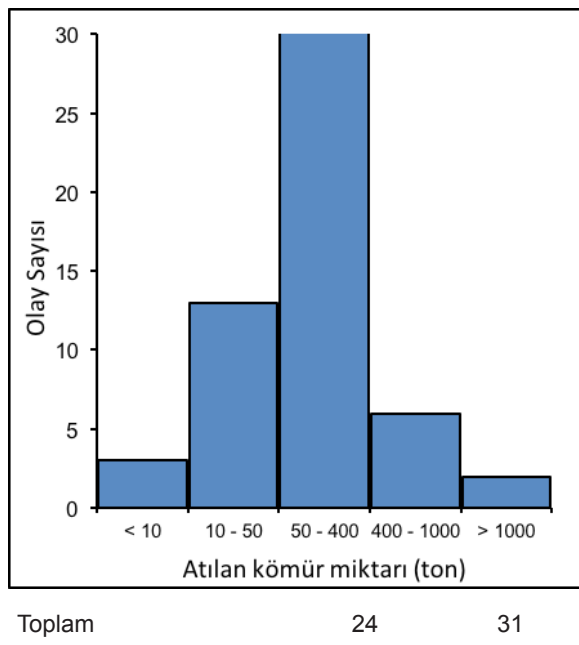
Şekil 3. Yıllara göre Karadon ve Kozlu taşkömürü işletmelerinde meydana gelen ani gaz ve kömür püskürmesi olaylarının sayısı ve 106 ton üretim başına olay sıklığı



Şekil 4. Ani gaz ve kömür püskürmesi meydana gelen ocak kesimleri ve olay sayıları

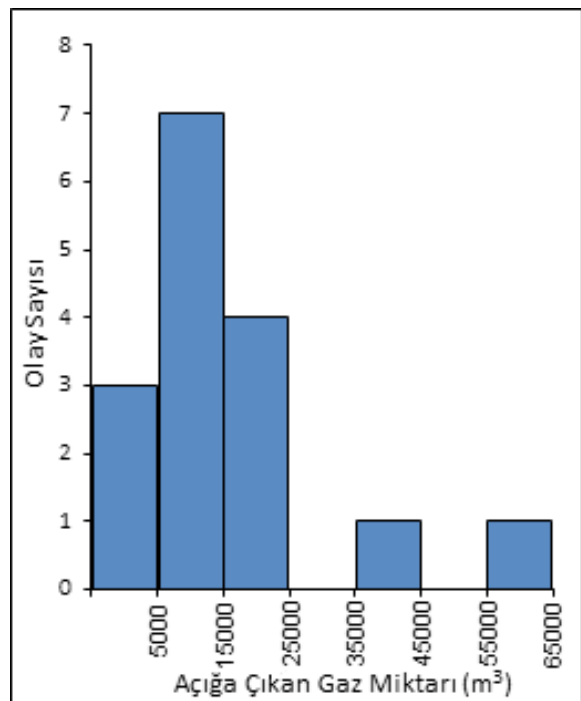


Şekil 5. Ani püskürme olaylarının meydana geldiği kömür damarları ve olay sayıları



Şekil 6. Olaylar sonrası atılan kömür miktarı değerlerinin dağılımı

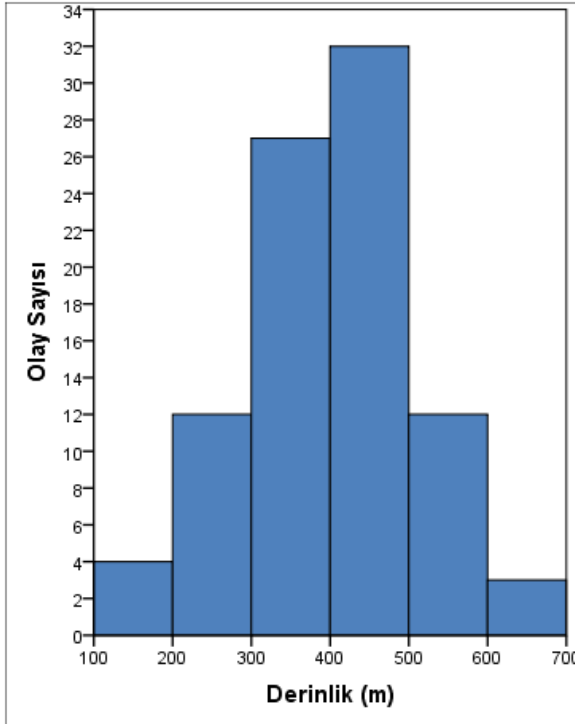
Olayların şiddetini belirlemede diğer bir kıstas da açığa çıkan gaz miktarıdır. Kozlu ve Karadon Taşkömürü İşletmeleri'nde meydana gelen 90 olaydan sadece 16'sında açığa çıkan gaz miktarları saptanabilmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi değerler 5.000 – 15.000 m<sup>3</sup> arasında yoğunlaşmaktadır. Şimdiye kadar en fazla gaz yine 07.01.2013 günü Kozlu Taşkömürü İşletmesi'nde, -630 Kuzey Lağım'da meydana gelen olaydan sonra açığa çıkmış olup, 65.000 m<sup>3</sup>tür.



Şekil 7. Olaylar sonrası açığa çıkan gaz miktarı değerlerinin dağılımı

Madencilik çalışmalarının daha derin seviyelere inmesi kaya basıncını, dolayısıyla ani püskürme olayının meydana gelme olasılığını artırmaktadır. (Diamond vd., 1986; Cao vd., 2001). Ancak bu, sığ derinliklerde çalıştırılan maden işletmelerinde olaylarla karşılaşılmayacağı anlamına gelmemelidir (Bodziony ve Lama, 1996). Derinliğin, Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki ani gaz ve kömür püskürmesi olayları üzerindeki etkisi Şekil 8'de açıklanmıştır. Görüldüğü gibi üretim derinliğinin artmasıyla birlikte olay sayısı da artmaktadır.

Kozlu Taşkömürü İşletmesi'ndeki ani püskürme olaylarının tamamı -300 m ve daha altındaki derinliklerde meydana gelmiştir. Karadon Taşkömürü İşletmesi'nde ise olayların oluşma derinlikleri -110 m ile -560 m arasında değişmektedir. Olay sayısının -500 m ve altındaki derinliklerde azaldığı görülmektedir. Azalmanın nedeni bu derinliklerdeki üretim yerlerine daha yeni ulaşılmış olmasıdır.

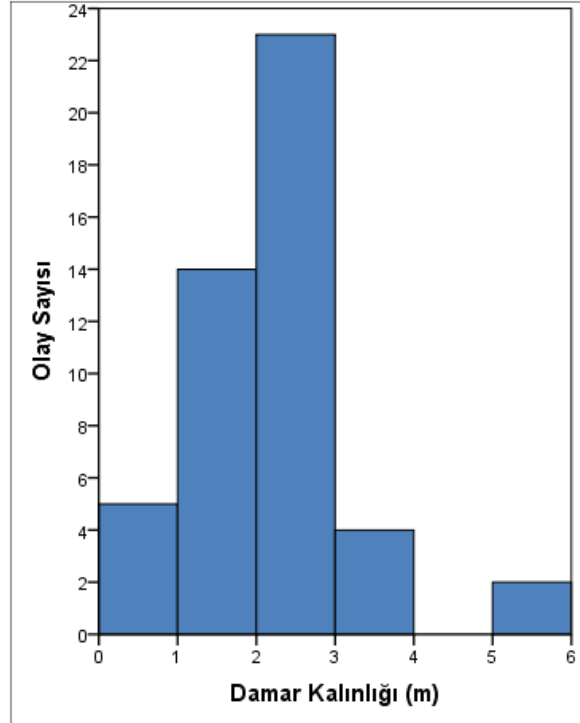


Şekil 8. Meydana gelen olayların üretim derinliği ile ilişkisi

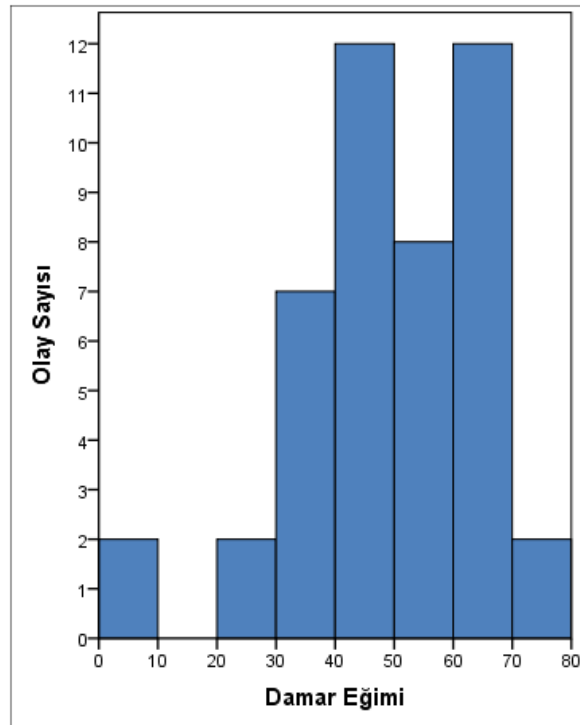
Havzada kömür damarı kalınlıkları 0,70-30 metre arasında değişmekle birlikte, üretimi yapılan damar kalınlıkları genellikle 2 ile 3 metre arasındadır. Olayların damar kalınlığı ile ilişkisi Şekil 9'da verilmiştir. Kalınlığı 3 metreye kadar olan damarlarda, olay sayısının arttığı görülmektedir. Daha kalın damarlarda olay sayısının az olması, bu gruba giren damarlardaki üretim yerlerinin sınırlı olması ile açıklanabilir.

Damar eğiminin olayların meydana gelişinde rol oynayan önemli etkenlerden birisi olduğu bilinmektedir (Lama ve Bodziony, 1998). Çünkü eğim arttıkça kömürün taban taşı ve arakesmelerin oluşturduğu süreksizlik düzlemleri üzerinde kazı boşluğuna doğru kayma olasılığı da artmaktadır (Ökten, 1983). Şekil 10'da havzada meydana gelen olayların damar eğimi ile ilişkisi verilmiştir. Değerlendirme sonuçları, olay sayısının, eğimi 40°-70° arasındaki damarlarda yoğunlaştığını gös-

termiştir. 70°'den daha dik damarlarda az sayıda olayla karşılaşılması, söz konusu damarlarda çalışmaların sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 9. Meydana gelen olayların damar kalınlığı ile ilişkisi



Şekil 10. Meydana gelen olayların damar eğimi ile ilişkisi

### 3. ANİ GAZ VE KÖMÜR PÜSKÜRMESİ OLAYLARIYLA MÜCADELEDE UYGULANAN YÖNTEMLER

Dünya’da ani gaz ve kömür püskürmesi olaylarıyla yoğun olarak karşılaşılan birçok ülkede, olaylarla mücadele etmek amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Lama ve Saghafi, 2002; Gray, 2012; Imgrund ve Thomas, 2013). Bunlar aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir:

- Kazı arınında geniş çaplı rahatlatma sondajlarının açılması,
- Koruyucu damar kazısı,
- Kazı hızının ayarlanması,
- Tahrik ateşlemeleri

Geniş çaplı rahatlatma sondajlarının avantajı, damar üstündeki tavan yüklerini bir ölçüde azaltmak, sekonder çatlaklar oluşturarak gazın kazı boşluğuna doğru hareketini kolaylaştırmaktır. Kullanılacak sondaj çapı genelde 65 ila 140 mm arasındadır. Deliklerin boyu en az 20 m seçilmeli, arının her 15 m ilerletilmesinden sonra sondajlar tekrarlanmalıdır.

Yardımcı damar kazısı, olaylar ile mücadelede uygulanan etkili ve kolay bir yöntemdir. Yöntemin uygulanabilmesi için ani püskürmeye eğilimli damarın altında veya üstünde olaya eğilimli olmayan damarların bulunması gerekir. Üretime geçmeden veya hazırlık galerileri sürülmeden önce olaya eğilimli olmayan damarlarda kazı çalışmalarına başlanır ve ortamdaki gazın bir kısmı bu sırada drene edilmiş olur.

Olaylara yatkın bir damarda, ayak cephesi veya galeri arını, ilerleme doğrultusundaki yüksek basınç bölgesine hızla yaklaşırsa, ani püskürme meydana gelme olasılığı artmaktadır. Yüksek basınç bölgesi, arından en az 4-5 m uzakta tutulabilirse, bu iki nokta arasında koruyucu bir bariyer bırakılmış olur. Bu bariyer, gazın oluşturduğu basınca dayanmakta, olay yaşanmadan gazın yayılmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla kazı hızı bu bariyerin duraylılığını zayıflatmayacak şekilde ayarlanarak, olayın gerçekleşmesi önenebilmektedir.

Tahrik ateşlemeleri uygulamasında, yüksek oranda gaz içeren zon ile kazı arını arasındaki koruyucu bölge (bariyer), patlayıcı madde kullanılarak aniden ortadan kaldırılmakta, bir anlamda gazın olayı meydana getirebilmesi için uygun şartlar yaratılmaktadır. Ateşleme işlemi sırasında bölgedeki tüm personel güvenli bir uzaklığa çekildiği

için, olay gerçekleşse bile çalışanların güvenliği açısından herhangi bir tehlike oluşmamaktadır.

### 4. ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASINDA UYGULANAN MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Olaylarla mücadele konusunda; Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, EK-2, Madde 10.2’de “Bacalar, ani grizu boşalabilecek yönlerde devam ettirildiği takdirde, yapısal özellikler göz önünde bulundurularak en az 25 metre boyunda kontrol sondajları yapılması sağlanır. Kontrol sondaj deliklerinde, grizu veya tehlikeli gazların varlığı anlaşılırsa, iş durdurulur; çalışanlar söz konusu yeri terk eder; giriş yeri kapatılır, durum yetkililere derhal haber verilerek gerekli çalışmaların yapılması sağlanır.” hükmü esas alınmaktadır.

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından söz konusu yasal düzenlemeye ek olarak “Ani Püskürme (Degaj) Yönergesi” hazırlanmıştır. Bu yönerge gereğince, ilk olarak panolar üretime hazırlanırken ani gaz püskürmesi için gerekli koşulların varlığı plan ve kesitler üzerinde değerlendirilmektedir. Sonuçlar ani püskürme olasılığını gösteriyorsa, şartlara göre yukarıda bahsedilen yöntemlerden birisi uygulanmaktadır.

Uygulamada en çok başvurulan yöntem “Rahatlatma Sondajları”dır. Bakir damarlardaki hazırlıklarda (taban yolu, başyukarı, başaşağı) arın çevresinde kademeli olarak üç ile yedi adet sondaj delinmektedir. Çalışmalar sırasında kazı boşluğunun çevresinde en az 5m uzunluğunda deliklerin bulunması, her bir deliğin arını ile bir sonraki deliğin başlama noktası arasında 3-5 m arasında bir mesafe bırakılması öngörülmektedir.

Ayak içinde açılacak rahatlatma sondaj delikleri aralarında 3-5 m olacak şekilde, arına dik ve en az 5m uzunluğunda açılmaktadır. Tektonik arızalı zonlarda ise delik uzunlukları en az 10 m olmaktadır.

Kömürdeki rahatlatma sondajları en az 90 mm dış çaplı helezon burgularla açılmaktadır. Sondaj açma işlemi sırasında çıkan gazın (CH<sub>4</sub>) konsantrasyonu, kömür tozu ile birlikte gaz üflemesi vb. olağan dışı gelişmeler sürekli izlenmektedir. Bu gibi durumlarla karşılaşırsa, şartlar normale dönünceye kadar kazı arınında uygun mesafelerde ilave delikler açılmaktadır.



## SONUÇLAR

Zonguldak Taşkömürü Havza'sında 1969 – 2013 yılları arasında 90 adet ani gaz ve kömür püskürmesi olayı meydana gelmiştir. Olaylar sonucu atılan kömür miktarı 50 ile 400 ton arasında yoğunlaşmış, en büyük değer 2040 t olmuştur. Açığa çıkan gaz tüm olaylarda metan'dır. Ölçülen değerler 5.000-15.000 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Olayların özellikle Acılık, Çay ve Sulu damarlarında yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Kozlu Taşkömürü İşletmesi'ndeki ani gaz ve kömür püskürmesi olaylarının tamamı -300 m ve daha altındaki derinliklerde meydana gelmiştir. Karadon Taşkömürü İşletmesi'nde ise olayların meydana geldiği derinlikler -110 m ile -560 m arasındadır. Derinliğin artmasıyla birlikte olay sayısının da arttığı tespit edilmiştir.

Olaylar sırasında açığa çıkan gazın hacmi ve malzeme miktarı, olayın şiddeti veya boyutunu belirlemede ve sınıflandırmada kullanılan parametrelerdir. Majcherczyk ve Kobiela (Bodziony ve Lama, 1996), ani püskürme olaylarını, açığa çıkan malzeme miktarına göre sınıflandırmıştır. Olaylar bu sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde, 55 olaydan 31'inin orta şiddette olduğu anlaşılmaktadır.

Damarların eğimi arttıkça olay sayısının da arttığı, olayların özellikle 25°'den daha dik damarlarda yoğunlaştığı görülmüştür. Olay sayısı, özellikle üretimin önemli bir bölümünün karşılandığı 1-3 m arasındaki damarlarda yüksektir. Artan damar kalınlığı ve eğiminde olay sayısının azalması, bu gruba giren damarlarda üretim çalışmalarının sınırlı olması ile açıklanabilir.

Olayların iş sağlığı ve güvenliği konusunda oluşturduğu sorunları önleyebilmek için çeşitli mücadele yöntemleri geliştirilmiştir. Uzun yıllar içinde kazanılan deneyimlerden yararlanarak TTK Kozlu ve Karadon Taşkömürü İşletmeleri'nde de bu çalışmalar sürdürülmektedir. Uygulamada en çok başvurulan yöntem "Rahatlatma Sondajları"dır (TTK, 2005).

Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki kömür damarlarının yüksek oranda metan gazı içermesi, bölgenin tektonik olaylar sonucu kırıklı ve kıvrımlı bir yapı kazanmış olması nedeniyle ani gaz ve kömür püskürmesi olaylarının gerçekleşmesi için uygun şartlar mevcuttur. Gelecek yıllarda üretim çalışmalarının daha derin seviyelere inmesi ile birlikte olayların meydana gelme olasılığı da yükselecektir. Bu nedenlerle, olaya eğilimli zonların

önceden belirlenmesi ve olaylarla mücadele yöntemleri konularında yapılacak çalışmalara önem verilmelidir.

## KAYNAKLAR

ACARP, 2015. Outburst Risk Determination and Associated Factors. The Australian Coal Industry's Research Program Reference No.C23014, Report 398.

Beamish, B. B., 1984. Overseas visit to West Germany. Tech. Rept. CCP-009-84. Collinsville Coal Co. Pty, Collinsville, pp. 38.

Beamish B. B., Crosdale P. J., 1998. Instantaneous outbursts in underground coal mines: An overview and association with coal type. Int J Coal Geol 35:27-55.

Bodziony J, Lama, R. D., 1996. Sudden outbursts of gas and coal in underground coal mines. Outbursting Scoping Study Final Report pp. 453-478.

Cao, Y., He, D., Glick, D. C., 2001. Coal and gas outbursts in footwalls of reverse faults. Int J Coal Geol 48:47-63.

Diamond, W.P., La Scola, J.C., Hyman, D.M., 1986. Results of directmethod determination of the gas content of the US coal beds. US Bureau of Mines Information Circular No. 9067, Pittsburgh, PA.

Eckart, D., Gimm, W., Thoma, K., 1966. Plötzliche Ausbrüche von Gestein und Gas im Bergbau. Freiburger Forschungshefte A 409, VEB Deutscher Verlag für Grundstoff, Industrie, Leipzig.

Ediz, İ. G., Durucan, Ş., 1998. Kömür Ocaklarında Metan Gazı Oluşumu ve Birikimi, Kömür: Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri (Editör: Orhan Kural), Özgün Ofset ve Matbaacılık A.Ş., Sf. 223-242.

Esen, O., 2013. Türkiye Taşkömürü Kurumu Ocaklarındaki Ani Gaz ve Kömür Püskürmesi Olaylarının Değerlendirilmesi ve Olayları Etkileyen Faktörlerin Araştırılması. (yüksek lisans tezi), İTÜ, İstanbul, Türkiye.

Gray, I., 1983. Factors influencing outbursting and gas drainage in underground coal mines. Dissertation, University of Wollongong.

Gray, I., 2012. Mining Gassy Coals. 12th Coal Operators' Conference, University of Wollongong & Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2012, 249-259.

Hargraves, A. J., 1983. Instantaneous outbursts of coal and gas: a review. Proc. Australas. Inst. Min. Metall. 285:1-37.

Imgrund, T., Thomas, R., 2013. International Experience of Gas Emission and Gas Outburst Prevention in Underground Coal Mines. 13<sup>th</sup> Coal Operators' Conference, University of Wollongong & Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2013, 331-338.

Ketin, İ., Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu.

Kim, A. G., 1973. The composition of coalbed gas: U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines.

Lama, R. D., 1995. Safe gas content threshold value for safety against outbursts in the mining of the Bulli seam. Int.Symp.cum Workshop on Management & Control of High Gas Emission & Outbursts Wollongong, 20-24 March.

Lama, R. D., Bodziony, J., 1998. Management of outburst in underground coal mines. Int J Coal Geol 35:83–115.

Lama, R. D., Saghafi, A., 2002. Overview of Gas Outbursts and Unusual Emissions. in Aziz, N. (Ed), Coal 2002: Coal Operators' Conference, University of Wollongong & Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2002, 74-88.

Li, X. Z., Hua, A. Z., 2006. Prediction and prevention of sandstone-gas outbursts in coal mines. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 43, Sf. 2–18.

Ökten, G., 1983. Zonguldak Taşkömürü Havzasındaki Ani Gaz ve Kömür Püskürmesi Olaylarının İncelenmesi ve Olaya Eğilimli Zonların Belirlenebilirliğinin Araştırılması, (doktora tezi), İTÜ, İstanbul, Türkiye.

Özpeker, I., 1991. Kömür Oluşumu Petrografisi ve Sınıflandırılması, Kömür, (Editör: Orhan Kural), Sf. 8-9.

Paul, K., 1981. Weiterentwicklung von Verfahren zur Prognose und Verhütung von Gasausbrüchen. Glückauf 117, Nr. 13, 738-758.

Saltoğlu, S., 1975. Zonguldak Maden Kömür Havzasındaki Ani Gaz ve Kömür Püskürmesi (Degajman Enstantane) Olaylarının Tanıtımı, Olaya Eğilimli Damarların Saptanması ve Uygulanması Gereken Savaş Yöntemleri, (doçentlik tezi), İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

Türkiye Taşkömürü Kurumu, 2005. Degaj Yönergesi. Zonguldak.

Vardar, M., 1979. Kayalarda Gerilme Durumları. İleri Kaya Mekaniği Ders Notları. İTÜ Maden Fakültesi.

Wang, S., Elsworth, D., Liu, J., 2012. Mechanical Behavior of Methane Infiltrated Coal: the Roles of Gas Desorption, Stress Level and Loading Rate. Rock Mech Rock Eng, Doi: 10.1007/s00603-012-0324-0.