

# GAL-SİLOPİ ASFALTİTLERİNİN GAZ İÇERİĞİ, KENDİLİĞİNDEN YANMA RİSKİ VE KESİLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Celâl KARPUZ (\*)  
Naci BÖLÜKBAŞI (\*)  
A. Günhan PAŞAMEHMETOĞLU (\*)  
Adil GÜRHAN (\*\*)

## ÖZET

*Bu bildiri GAL—Silopi bölgesi, Harbol ve Üçkardeşler asfaltit filanları üzerinde yapılan; kaya mekaniği parametrelerinin, asfaltit ve yantaşların kesüebilirliklerinin, galeri açma makinası tipine göre kazı performanslarının ve bıçak aşınma derecelerinin, alternatif asfaltit kazı yöntemi olarak hidrolik çatlatılabilirliğinin araştırılması, yerinde gaz içeriğinin ve kendiliğinden yanma riskinin saptanması çalışmalarını içermektedir. Asfaltitin orta ağırlıkta birim tipi bir galeri açma makinası ile kesilebileceği, sert Midyat kireç taşlarının ağır tip makina ile ancak düşük performansla kesilebileceği tahmin edilmektedir. Kendiliğinden yanma riski indeksi Harbol için "yüksek", Üçkardeşler için orta bulunmuştur. Her iki filon için gaz içeriği düşük bulunmuştur (1,8 - 2,5 m /ton).*

## ABSTRACT

*This paper summarises the results of the investigations on the determination of rock mechanics parameters, cuttability of asphaltites and the host rocks with their wear characteristics, expected cutting performances of boom type tunnelling machines, the applicability of hydraulic fracturing technique as an alternative cutting method, the determination of in-situ gas contents and spontaneous combustion risks related to GAL—Silopi district, Harbol and Üçkardeşler asphaltite veins. It was estimated that asphaltite can be cut with a medium weight boom type tunneling machine while hard Midyat limestone can only be cut with a heavy machine at poor cutting performance. Spontaneous combustion risk was found as high for Harbol vein and medium for üçkardeşler vein. However, the in-situ gas content (1.8 - 2.5 m /ton) was found to be low for both of the veins.*

(\*) Doç. Dr., Maden Yuk. Müh. ODTÜ, Maden Muh. Bol., ANKARA.

(\*\*) Araş. Got., ODTÜ, Maden Muh. Bol., ANKARA.

## 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi Güneydoğu Anadolu Linyitleri İşletmesi'nin (GAL) Sİlopi bölge-  
sindeki asfaltit filonlarında açık ocak yöntemi ile asfaltit Üretimi yapılmaktadır.  
Ancak, bundan sonra bu yöntemin hem ekonomik olma, hem bölgenin artan ya-  
kıt gereksinimini karşılayabilecek kapasitede üretim yapma, hem de emniyetli ça-  
lışma olanakları kalmadığından TKİ yetkililerince yeraltı işletmesine geçilmesi  
planlanmaktadır. Dünya madenciliğinde de örnekleri bulunmadığından - ya da en  
azından bilinen literatüre geçmediğinden- plânlanan yeraltı işletmesinin ne gibi so-  
runlar yaratacağı merak edilmektedir. Bu araştırma GAL — Silopi bölgesi Harbol  
ve Üçkardeşler asfaltit filonlarında uygun yeraltı yönteminin seçilmesinde kulla-  
nılacak verilerin temini amacı için yapılan çalışmaları kapsamaktadır.

Bu çalışmalar başlıca, kaya mekaniği parametrelerinin, patlatmanın yapılama-  
dığı durumda; asfaltit ve yan taşların kesilebilirliklerinin, galeri açma makinası ti-  
püne göre kazı performanslarının ve bıçak aşınma derecelerinin, alternatif asfaltit  
kazı yöntemi olarak hidrolik çatlatılabilirliğinin araştırılması, yerinde gaz içeriği  
ve kendiliğinden yanma riskinin saptanmasından oluşmaktadır (5).

## 2. ARAZİ GÖZLEM VE ÖLÇÜMLERİ

Sİlopi bölgesi asfaltitleri doğu-batı doğrultulu ve batıdan doğuya doğru sıra-  
sıyla Üçkardeşler, Harbol ve Silopi filonları şeklinde birkaç metreden 20-30 m'ye  
değişen kalınlıkta mostralara vererek uzanmaktadır.

Genellikle dik ve dike yakın dalım gösteren bu filonlar, kum taşı, kıltaşı, siltta-  
şı, anhidrit ve kil bantları içeren Gercüş formasyonunun içinde -bir sandviç gibi-  
yer alırlar. Kalınlığı birkaç metre ile 200-300 m'ye değişen Gercüş formasyonu  
da kuzeyde Cudi, güneyde Midyat kireçtaşları ile kontak halindedir. Cudi fomas-  
yonu orta trias ya/ya da orta kretase yaşlıdır (7).

Asfaltitte mevcut tabakalanma Üç kardeşler'de 040-065/33-40° konumunda  
yoğunlaşırken, Harbol'da 080-104/50-70° (100/55°) konumunda izlenmektedir.  
Düzlemsel - düz, yer yer ondülasyonlu - kapalı, sürekli ve 20-60 cm tabaka aralığı  
olan bu sete ek olarak, Üç kardeşler'de 180/60°, Harbol'da 332/56° konumlu ta-  
li setlerde gözlenmiştir.

Gercüş formasyonu çamurtaşı-kıltaşı ve kil bantlarının çokluğu nedeniyle he-  
terojen ve ayrışmaya uygun olduğundan, orta yer yer ileri derecede ayrışmış küt-  
le özelliğindedir. Bieniawski'ye (1) göre kaya kütlesi sınıflaması da bu durumu ka-  
nıtlamaktadır. Bu birimde tek ölçülebilen eklem kumtaşı - silttaşlarında ve 320-  
330/30-40° özelliğindedir. Asfaltite beraber "İyi kaya" özelliği gösteren Midyat  
kireçtaşları (içinde galeri açılması olası formasyon) Üç kardeşler'de 195-200/70-90°  
Harbol'da 200/50-70° konumundadırlar. 50-60 cm yer yer 100 cm tabakalanma  
aralığı olan bu birim masif sağlam özelliğinin yanında, açılması düşünülen nakli-  
yat galerisi için de uygun bir yapı (doğrultuya dik) göstermektedir.

Çizelge 1 — Asfaltit ve Yantaşların Laboratuvar Deney Sonuçları  
(Fiziksel ve Mekanik Özellikleri)

Formasyon Adı	Kaya Türü	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> ) (CU)	Elastisite modülü (10 x kgf/cm <sup>2</sup> ) (E)	Poisson Oranı (N)	Kohezyon (kgf/cm <sup>2</sup> ) (c)	İçsel Sürtünme Açısı (Derece) (0)	Tabii Birim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	Schmidt Sertliği	Shore Sertliği	Koni Delici Değeri	.Kuvars Miktarı (t)	Çimento- laşma Derecesi
MİDYAT	Killi Kireçtaşı	514 (285-747)	0,83	0,435	135	51	2,304	52	27	1,81	0	5
	Sert Kireçtaşı	1399 (1239-1498)	3,12	0,240	400	44	2,422	58	46	5,10	0	6
	Anhidrit	1135	5,89	0,348	310	41	2,948	54	44	4,40	0	6
	Kumtaşı (Gri-Kırmızı)	1185 (1060-1274)	3,08	0,118	225	52	2,408	56	55	5,97	30	7
	Kumtaşı (Yeşil-Sarımsı Yeşil)	219 (172-310)	1,05	0,344	85	35	2,355	42	23	1,34	10	5
GERCÜŞ	Kiltaşı	220-285	0,45	0,312	- (*)		2,351		30	2,29	2	4
	-Silttaşı (Kırmızı)	438 (290-493)	1,36	0,172	110	49	2,416	4B	33	2,83	5	5
	-Jips içeren Siltli Kumtaşı	172 (133-232)	0,49	0,189	-		2,521	-	21	2,07	10	3
	Asfaltit	241 (213-264)	0,101D	0,183	78	30,5	1,394	-	5Z	1,30	0	4

### 3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Arazi çalışmaları sırasında laboratuvarında kaya mekaniği ve kesme deneyleri için örnek toplanmıştır. Çizelge Vde deney sonuçları verilmiştir. Asfaltitin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü değerleri literatürde rastlanan değerlerin alt sınırlarında yer alırken (9), Midyat kireçtaşı yüksek dayanımlı, Gercüş ise düşükten yükseğe kadar değişen dayanım özelliği ile heterojen formasyon Özelliğindedir.

#### 3.1. Kazdabilirlık Tayinleri

##### 3.1.1. Bum Tipi Galeri Açma Makinaları ile Kazüabfırlık ve Aşındırma Durumunun Saptanması

Gerek seçilen maden metoduna uygun yeraltı galerilerinin açılması, gerekse patlatmanın izin verilmediği durumlarda asfaltitin mekanize olarak kazılması amacıyla kazılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Bilindiği gibi, kazının ekonomik olarak yapılabilmesi için galeri açma makinası yeterli hızda kesebilmeli ve kesici uç sarfiyatı az olmalıdır. Bunun için de kesilecek olan kayaç özelliğine en uygun galeri açma makinası tipinin, ulaşılabilecek kazı hızlarının ve kesici uç sarfiyatlarının önceden laboratuvarında yapılacak çalışmalarla bilinmesinin önemi kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Literatürde kazılabilirlikle ilgili çok sayıda çalışma vardır. Bu bildiri de bu çalışmaların tartışılmasına girilmeyecek, McFeat-Smith ve Fowell (8), Fowell ve Pycroft (3) ve Fowel ve Iohnson (4) 'un önerdiği ve laboratuvarında bulunan kesme spesifik enerjisi ile kesme aşınmasını esas alan yöntem uygun olarak ODTÜ—Maden Mühendisliği Bölümü kömür/kaya kesme laboratuvarlarında Silopi bölgesi kaya birimleri üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları açıklanacaktır. Kesme spesifik enerjisi ve aşınma miktarı, blok numune alınması mümkün olan asfaltit, silttaşı, killi kireçtaşı ve sert kireçtaşı üzerinde laboratuvarında kesme deneyleri yapılarak bulunmuş, diğer kayaçlardan ancak küçük çaplı karot numuneleri almak mümkün olduğundan, kesme deneyi için yeterli olmayan bu kayaçların kesme spesifik enerjileri ve aşınma miktarları, bazı kaya Özelliklerini esas alan tahmin eşitlikleri kullanılarak saptanmıştır (8). Bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla bu yöntem kesme deneyi yapılan kayaçlar içinde uygulanmıştır. Çizelge 2 bu yöntemlere göre hesaplanan laboratuvar kesme spesifik enerjilerini, aşınma miktarlarını ve bunlara göre, orta ağırlıkta ve ağır tip kısmi cepheli galeri açma makinaları için tahmin edilen kesme hızlarını, aşınma miktarlarını ve kazı performanslarını göstermektedir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi, kesme ile bulunan sonuçlar, tahmin eşitlikleri ile bulunan sonuçlarla genelde bir uyum göstermekte, ancak asfaltitin shore sertliği (51) kayaçlardan farklı olarak, diğer özelliklerine kıyasla çok yüksek olduğundan, İki yöntem sonuçları arasında farklılık bulunmaktadır. Deney sonuçları, asfaltitin orta ağırlıkta bir galeri açma makinası kullanılarak 12 m<sup>3</sup>/saat lik bir kesme performansı ile kesilebileceğini, performansın ağır tip bir makina kullanılarak artırılabilceğini ortaya koymuştur. Kesici uç sarfiyatı, çarpma ile kırılma dışında, aşındırma derecesinin az olması nedeniyle düşüktür.

Çizelge 2 - Cizre - Silopi Asfaltit ve Yantaşlarının Kazılabilirlik ve Kazı Performansı Tahmini

Kayaç Tipi	Tayin Yöntemi	Kesme Enerji (MJ/m <sup>3</sup> )	Kesme Hızı (m /saati)	AÇır Mak.	Kesici Uç Sarfiyatı	Kazı Performansı	
						Orta Ağırlıkta Makina (Örneğin Dosco MK3)	Ağır Makina (Örneğin Dosco MK3)
Asfaltit	Kesme deneyi <sup>5)</sup> 9 <sup>1</sup>		12	-	Düşük (0,1 uç/m <sup>3</sup> den az)	Kesme Performansı iyi	Kesme Performansı çok iyi- Kazı hızı yüklenme ve tahkimat hızı ile sınırlı
	Hesaplama	8,08	6,5	-	Orta (0,4 uç/m den az)		
Silttaşı	Kesme deneyi	9,35	5	33	Düşük	Kesme Performansı orta ile düşük	Kesme Performansı iyi
	Hesaplama	9,7	4	30	Düşük	arası	
Yeşil kıltaşı	Hesaplama	7,2	e	-	Düşük	Kesme Performansı orta ile iyi	Kesme performansı çok iyi
Yeşil ve Sarımsı Yeşil kumtaşları	Hesaplama	6,0	12	-	Düşük	Kesme Performansı iyi	Kesme Performansı çok iyi
Kırmızı ve Gri kumtaşları	Hesaplama	21,7	Kesilemez	4,0	Yüksek (0,5 uç/m den fazla)	Ekonomik olarak kesme mümkün değil.	Düşük kesme Performansı ve yüksek uç sarfiyatı nedeniyle ekonomik değil
	Hesaplama	5,4	18	-	Düşük	Kesme Performansı çok iyi. Yüksek ilerleme hızlarına erişilebilir	Kesme hızı yüklenme ve tahkimat hızı ile sınırlı
Kıllı Kireçtaşı	Kesme deneyi	11^26	3	20	Düşük	Kesme Performansı düşük	Kesme Performansı iyi
	Hesaplama	9,3	4,3	34	Düşük		
Tırt Kireçtaşı	Kesme deneyi	15,96	2	7	Orta	Ekonomik olarak kesme mümkün değil	Kesme Performansı orta
	Hesaplama	19,3	1,3	V	Orta		
Anırtıt	Hesaplama	17,0	1,6	6,3	Orta	Ekonomik olarak kesme mümkün değil	Kesme Performansı orta

Ayrıca, asfaltit blokları üzerinde yüksek hızda kesme deneyleri yapılmış, kesici uçtaki ısınma nedeniyle asfaltitin eriyerek uca yapışması gibi bir sorunla karşılaşılma- mıştır. *Bununla* birlikte, böyle bir *sorunla* karşılaşılma- maması için, mümkün olduğu kadar büyük çapta kesici kafa seçilmesi, düşük dönüş hızı uygulan- ması ve böylece kesici uçun kesme hızının düşürülmesi önerilir.

Sert Midyat kireçtaşların orta ağırlıkta bir galeri açma makinası ile ekono- mik olarak kesmek mümkün değildir. Ağır tip bir makina kullanıldığında kesme performansı orta ile düşük arası olup, ancak 7 m<sup>3</sup>/saatlik bir kesme hızı tahmin edilmektedir. Kesici uç sarfiyatı orta derecede {0,4 uç/m<sup>3</sup>'den az) tahmin edil- mekte birlikte, kesme sırasında ölçülen yüksek kesme kuvvetleri gözönüne alın- dığında, kesici uçlarda çarpma nedeniyle kırılma oluşabileceği beklenmelidir. Kil- li Midyat kireç taşların da orta ağırlıkta bir makina için düşük kazı performansı beklenmekte olup, kazı hızının ve kesme performansının artırılması ancak ağır tip bir makina kullanılması ile mümkündür. Kesici uç sarfiyatının düşük olacağı tahmin edilmiştir.

Açıklanan verilerin laboratuvar çalışması sonucu saptanmış olduğu ve kaya içindeki çatlak sistemlerinin etkisini içermediği hemen belirtilmelidir. Bu sistem- lerin varlığı, kesme performansını artıracaktır.

### 3.12. Hidrolik Çatlatma Tekniğinin Uygulanabilirliği

Asfaltitin kazıcı iş makinaları ile kesilebilirliği etüdlerine paralel olarak alttan kesme-hidrolik çatlatma yöntemi ile kazılıp kazanmayacağına teorik araştırılma- sı da yapılmıştır.

Aynanın potkabaç makinası ile alt kısmından kesilmesi ve bu alt kesmeye doğ- ru, üstten açılan deliklerin tıpalanmış bir bölümüne sonda yardımı ile basınçlı su uygulayarak çatlakların oluşturulması ve böylece birimin (asfaltitin) bloklar ha- linde parçalanarak kazılması prensibine dayanan bu sistemin kesici makinalara göre bazı avantajları vardır, örneğin, büyük parça kazıldığı için hem daha kulla- nişli hem de gaz emisyonu daha azdır. Ayrıca, tozun bastırılması sürtünmeden do- layı çıkabilecek kıvılcıkların önlenmesi de mümkündür.

Aynaya dik yatay orijinal arazi gerilmesinin 100 kg/m<sup>2</sup> varsayıldığı durumda istenen su basıncı yaklaşık 39 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (5). Ancak sistemin uygulanabilmesi için delik aralıkları, delikler ile alt kesme arasındaki optimum uzaklığın ve hesaplamada yapılan varsayımların doğruluğunun arazi deneyleri- le bulunması gerekir. Bazı belirsizlikler, (çatlakların durumu, sıkılamanın tam ya- pılmaması ve benzeri) nedeniyle istenen su basıncı yükselse bile, TKİ'nin bu amaç- lar için elinde bulunan ve 260 kg/cm<sup>2</sup> su basıncı kapasiteli makinaları asfaltit kesme işinde kullanılacağı söylenebilir.

### 32. Gaz İçeriği ve Kendiliğinden Yanma Riski Çalışmaları

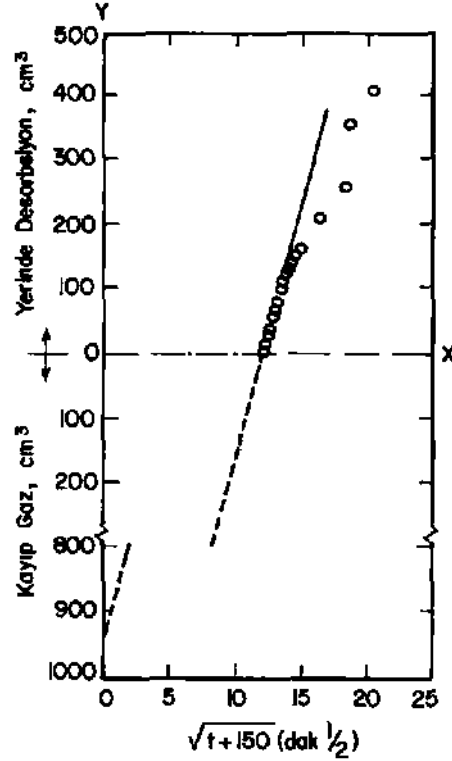
Çıkardeşler ve Harbol asfaltit filonlarında yapılması düşünülen yeraltı üretimi sırasında güvenli çevre şartları sağlanması amacıyla yönelik ön verilerin hazırlanması için bu filonun gaz içeriği ve bünye gazlarının kompozisyonu ve kendiliğinden yanmaya yatkınlık riskleri saptanmaya çalışılmıştır.

#### 32.1. Gaz İçeriği Analizleri

(Çıkardeşler asfaltit filonunun gaz içeriğinin saptanması için Fransa'da Cerchar tarafından geliştirilen Direk Yöntem kullanılmıştır (6).

Bu yöntem, sahada açılan sondaj deliklerinden alınan kömür numunesinin gaz içeriğinin saptanması esasına dayanır ve hem sondaj sahasında hem de laboratuvar-da yapılan ölçümlerle ölçme işi tamamlanır.

Sahada, karotlar gömlekten çıkarılır çıkarılmaz, hemen bir kısmı kırılarak özel numune kaplarına konur. Kap tam olarak izole edildikten sonra ilk 1-3 saat içerisinde karottan desorbe edilen gaz miktarı ölçülür (Q1). Daha sonra numuneler la-



Şekil 1. Gaz kaybının belirlenmesi Pittsburgh Coalbad (6).

boratuvara taşınır. Aynı numune kablari içerisinde 200 meshin altına kadar öğütülen numunelerden açığa çıkan gaz yeniden ölçülür (Q3). Bu arada, matkap numuneyi kestiği andan itibaren karot yüzeye çıkıncaya kadar bir miktar gaz kaybı olmaktadır. Kaybedilen gazın miktarı Kissel (6) tarafından önerilen ve ilk 1-3 saatlik desorbe edilen gaz miktarı ile geçen zamanın karekökünün arasındaki bağıntıya dayanan ve Şekil 1'de verilen yöntemle bulunur (02).

Sondaj sırasında bünye gazının birleşiminin belirlenmesi amacıyla da benzer yöntemle alınan ve sızdırmaz jelatine sarılıp numune kaplarına konulan karotlardan yararlanılır. Vakum edildikten sonra 200 meshin altına öğütülen numuneden açığa çıkan gazın kromotografa analiz edilmesiyle de bünye gazının bileşimi bulunur.

Yukarıdaki amaçlar İç İn, Üç kardeş ler asfaltit filonu üzerinde MTA tarafından yapılan sondajdan yararlanılmıştır. Yatayla 75°lik açı ile yapılan sondaj asfaltit fil onunu yüzeyde 80,94 m derinlikte kesmiş ve sondaj ilerledikçe değişik derinliklerden karot numunesi alınmıştır. Bu numunelerin bir kısmı gaz içeriğinin saptanması, bir kısmı ise gaz kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Değişik derinliklerden alınan numunelerden direk yöntemle belirlenen toplam gaz ( $Q_1 + Q_2 + Q_3$ ) içerikleri şöyledir;

Derinlik (m)	Gaz İçeriği (m /ton)
85,9	1,215
85,9	1,028
106,2	1,542
123,6	1,798
143,5	2,320
143,5	1,985

Gaz kromotografında analiz edilen ve Çizelge 3'de bileşimi verilen asfaltitin bünye gazının çoğunlukla ağır hidrokarbonları İçerdiği görülmüştür.

Çizelge 3 — Gaz Bileşiminin Kimyasal Analiz Sonuçları ve Özellikleri

Gaz	Oran (mol %)	özümlü Ağırlığı	Patlayıcı (%) Alt Limiti
Azot	24,61	1,53	—
Metan	5,07	0,55	5.0
Karbondioksit	0,31	1,53	—
E tan	18,96	1,04	3.0
Propan	29,56	1,52	2,1
İzo-Bütan	5,63	2,07	1,8
Bütan	11,14	2,01	1,8
tzo-Pentan	1,80	2,49	1,4
Pentan	2,92	2,49	1,4



Uçkardeşler fil onunda değişik derinliklerden alınan numunelerde direk yöntemle yapılan gaz içeriği deney sonuçları değerlendirildiğinde, gaz içeriğinin derinliğe bağlı bir artış eğilimi gösterdiği gözlenmektedir. Bunun nedeni derinlik arttıkça artan statik basınç ve atmosfere kaçak olasılığının azalmasıdır. Asfaltit-yantaş sınırındaki gaz içeriği, oluşum sırasındaki kaçaklar nedeni ile daha düşük olmakta, asfaltit içerisinde İlerlendiğinde daha gerçekçi değerlere rastlanmaktadır. Bu nedenle Uçkardeşler filonunda gaz içeriğinin 1,8 - 2,5 m<sup>3</sup>/ton civarında olacağı söylenebilir.

Asfaltit üzerinde yapılan laboratuvar geçirgenlik deneyleri asfaltitlerin kömürlere kıyasla geçirgen olmadığını, arazide yapılan belirlemeler de etken bir tabakalanma düzlemi dışında yapının kömüre kıyasla masif olduğunu göstermiştir. Bu belirlemeler asfaltit İçerisinde gaz yayılımının kömüre oranla çok düşük oranda gerçekleşeceğini göstermektedir. Bu durumda, gaz emisyonu yeni kesilmiş asfaltit yüzeyinde sınırlanacak, çevreden ocağa gelecek gaz emisyonu kömür damarlarına oranla çok daha az gerçekleşecektir.

Ayrıca, kromotograf analizleri incelendiğinde bünyede içerilen gazların büyük bir çoğunluğunun azot ve ağır hidrokarbonlardan oluştuğu görülmektedir. Ancak metan ve azot hariç, diğer bütün gazlar, havaya oranla ağır gazlardır. Geçirgen olmayan bir ortamda atmosferik basınca emisyon söz konusu olduğunda bu gazlardan öncelikle hafif olanların açığa çıkacağı söylenebilir. Bu ise diğer gazlara kıyasla patlayıcı olmayan azot ve karışımda az bir oran teşkil eden metan gazının Öncelikle ocak havasına karışması, diğer gazların ise çok küçük parçalar oluşması ve bunların ocak İçerisinde çok uzun süre kalması durumunda libere olması demektir.

Kömür damarları asfaltite karşı yüksek geçirgenlik göstermelerine karşılık üretim sırasında içerdikleri gazın yaklaşık % 50 kadarını serbest bırakmakta, diğer % 50'sini ise parça içerisinde ocak dışına taşımaktadırlar. Asfaltitin kömüre kıyasla geçirgen olmadığı düşünüldüğünde bu oran parça boyutuna da bağlı olarak daha da azalacak, ağır gazların çoğunluğu parça içerisinde ocak dışına atılacaktır.

Asfaltitin toplam gaz içeriğinin kömüre kıyasla düşük olması, düşük emisyon özelliği göstermesi ve öncelikle açığa çıkacak olan metanın diğer patlayıcı gazlara kıyasla bünyede az bir oranda bulunması güvenli çevre şartları sağlanması açısından oldukça olumludur. Ağır gazların çoğunlukla bünyede tutulması hava içerisindeki patlayıcı gazlar dağılımını etkileyecek patlama alt limiti asfaltit parça boyutu ve üretimin ocaktan atılma hızına bağlı olarak yükselebilecektir. Bütün bu olumlu şartlar gözönüne alındığında; ocak içerisinde karşılaşılabilecek gaz emisyonunun büyük bir sorun yaratmayacağı, günümüz kömür madenciliğinde uygulanan havalandırma yöntemleri ve sağlanan hava miktarlarının açığa çıkan gazları patlayıcı limitler altına düşüreceği söylenebilir.

Bünyede var olan ağır gazların açığa çıkması için yoğun ortamın yaratılması durumunda, bu gazlar yoğunlukları nedeni ile tabanda toplanma eğilimi göstere-

çeklerdir. Bu tür bir konsantrasyonun ocak içerisinde tabakalaşmasını önlemek ve ocak dışına atılmasını sağlamak ters havalandırma (yukardan aşağıya doğru) ile mümkündür.

### 3.2.2. Kendiliğinden Yanma Riskinin Saptanması Çalışmaları

Kömür damarlarının düşük sıcaklıkta oksitlenmesi ile başlayıp açık alevli yanmaya kadar dönüşebilen "kendiliğinden yanma" olayı değişik çevre koşulları ve kömür damarlarının özelliğine bağlı olarak farklı nitelikler göstermektedir.

Üçkardeşler ve Harbol asfaltitlerinin yapısından kaynaklanan ve uygulanacak yeraltı yönteminden bağımsız olarak varolan "kendiliğinden Yanma Risk İndeksinin" belirlenmesinde literatürde verilen yöntemlerden birisi olan tutuşma sıcaklığı yöntemi kullanılmıştır.

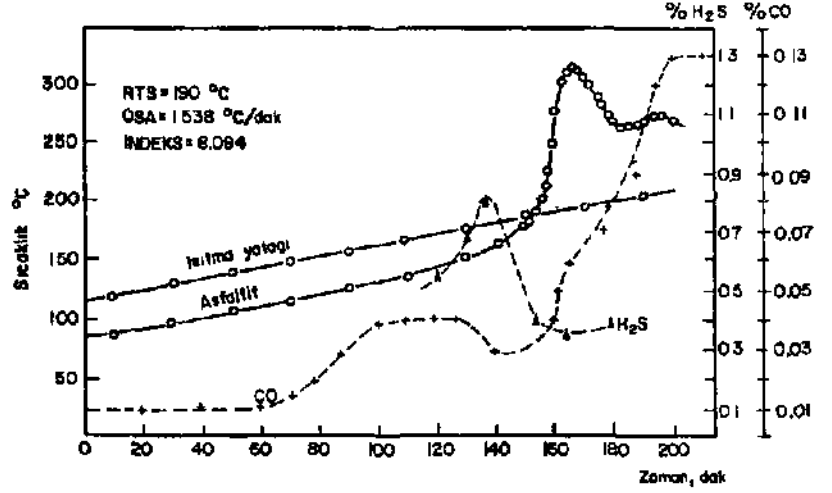
Bu yöntemde, kömürün hava ile oksidasyonu sırasında çevre sıcaklığı 110°C den başlayarak sabit bir oranda artırılmakta, oksidasyon ile ısı artışı sonucunda yanmaya geçen kömürün çevre sıcaklığını eşitleyerek aştığı nokta relatif tutuşma sıcaklığı (relative ignition point) olarak belirlenmektedir (2). Relatif tutuşma sıcaklığının yantsıra, kömürün 110°C ile 220°C arasında gösterdiği ortalama ısı artışı da gözönüne alınarak kendiliğinden yanma risk indeksi aşağıdaki bağlantı ile bulunmaktadır.

$$\text{Risk İndeksi} = \frac{\text{Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA)}}{\text{Relatif Tutuşma Sıcaklığı (RTS)}} \times 1000$$

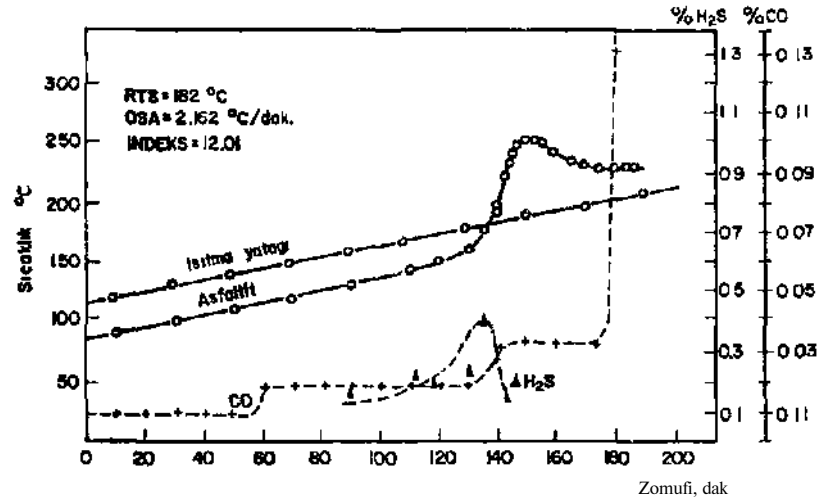
Sıcaklık artış hızı yüksek ve tutuşma sıcaklığı düşük olan kömürlerin kendiliğinden yanma riski daha yüksek olmaktadır. Yukarıdaki bağlantı ile Yanma Risk İndeksi belirlendiğinde bu değer Çizelge 4'deki veriler ile kıyaslanmakta ve söz konusu kömür için risk sınıflaması yapılmaktadır.

Üçkardeşler ve Harbol asfaltit numuneleri sıcaklığı 14 saatte 30°C (0,5°C/dak) artırılan ısıtma yatağı içerisinde 110°C'den başlayarak tutuşma sıcaklığı ve ötesine kadar ısıtılmış, bu işlem sırasında yanma ürünü gazların analizi yapılmıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte asfaltitin oksijenle olan reaksiyonu hızlanmış ve Üçkardeşler numunesi 150 dakika sonra 190°C sıcaklıkta, Harbol numunesi ise 134 dakika sonra 182°C sıcaklıkta ısıtma yatağının sıcaklığını aşmıştır (Şekil 2 ve 3). Şekiller incelendiğinde; asfaltitlerin tutuşma sıcaklığını aştıktan sonra çok hızlı bir sıcaklık artışı gösterdiği ve toplam yanmanın çok kısa bir sürede tamamlandığı görülmektedir. Kömürlerde ise, bu dönemden sonra da sıcaklık genellikle doğrusal olarak artmaktadır ve yanma daha uzun zaman almaktadır.

Deneyler sırasında sürekli analiz cihazı kullanılarak CO analizi yapılmış, belirli aralıklarla alınan yanma ürünü gaz numuneleri ise gaz kromatografında analiz edilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi, ısınma sırasında CO değerleri sabit bir değer-



Şekil 2, üçkardeşler asfaltiti için tutuşma sıcaklığı deney sonuçları.



Şekil 3. Harbol asfaltiti için tutuşma sıcaklığı deney sonuçları.

Çizelge 4 — Tutuşma Sıcaklığı Yöntemine Göre Yanma Riski Sınıflaması

Risk İndeksi	Kendiliğinden Yanma Risk Sınıfı
0-5	Düşük Risk
5-10	Orta Risk
> 10	Yüksek Risk

de seyretmekte, yanmanın tamamlanması ile birlikte ani bir artış göstermektedir. Aynı şekilde ısınma sırasında rastlanmayan metan, etan, etilen ve propilen gazları da yanmanın son aşamasında açığa çıkmaktadır. Yanma sırasında CO ile birlikte açığa çıkan H<sub>2</sub>S, tutuşma sıcaklığına ulaşıldığında maksimum değerine ulaşmaktadır.

Tutuşma sıcaklığı deney sonuçları Çizelge 4 ışığında değerlendirildiğinde (Jçkardeşler asfaltitlerinin yanma riski "orta", Harbol asfaltitlerinin kendiliğinden yanma riski ise, "yüksek" olarak bulunmuş ve sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge S— Üçkardeşler ve Harbol Asfaltitlerinin Kendiliğinden Yanma Risk Sınıflaması

Asfaltit	Ortalama Sıcaklık Artışı (°C/dak)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma risk indeksi ve Sınıfı
Üçkardeşler	1,5-1,8	185-190	8-9 Orta
Harbol	2,0-2,2	180-200	10-12 Yüksek

#### 4. SONUÇ

Kalın damar madenciliğinde göçük içerisinde homojen parça boyutunda asfaltit bırakılması ve bunun sürekli olarak taze parçalarla beslenmesi hava kaçakları ile oksidasyon durumunda kendiliğinden yanmaya neden olabilecektir. Tutuşma sıcaklığına ulaşılmasından sonra yanmanın çok hızlı seyrettiği ve yanma ürünü gazların zehirleyici - patlayıcı niteliği gözönüne alındığında yangın sırasında önlem alınmanın olanaksızlığı açığa çıkmaktadır. Bundan dolayı, kendiliğinden yanmaya karşı savaşın en iyi yolu, kendiliğinden yanmaya uygun ortamın (çevre şartlarının) yaratılmamasından geçer. Yani; asfaltitlerin kuluçka döneminin kısıtlılığı gözönünde tutularak yüksek ilerleme hızı sağlanarak ağır gazların emisyonu önlenmeli, göçükte kömür bırakmamaya dikkat edilmeli, mümkün olduğu kadar büyük parça boyutunda üretim yapılmalı, eğer mümkünse dolgu sistem kullanılmalı, hava kaçakları en aza indirilmeli, mümkün olan en az havalandırma basıncında çalışılmalı, göçükte ağaç tahkimat bırakılmamalı, özellikle CO ve H<sub>2</sub>S gazlarının sürekli kontrolü yapılmalıdır.

Günümüze değin asfaltit içerisinde yeraltı hazırlık çalışması yapılmamış olması gaz emisyonu konusunda yapılan yorumların zaman ve çevre koşullarına karşı irdelenmesini olanaksız kılmaktadır. Üçkardeşler fil onunda yapılacak hazırlık çalışmaları sırasında ocakta alınacak numuneler ile gaz emisyon şartlarının daha da kesinleştirilmesi mümkün olacaktır.

Asfaltitin; orta ağırlıkta bum tipi bir galeri açma makinası kullanılarak kesilebileceği (12 m<sup>3</sup>/saat kesme performansı) kesme performansının ağır tip maki-

na kullanmakla artırılacağı, sert Midyat kireç taşların in ise orta ağırlıkta bir galeri açma makinası ile ekonomik olarak kesilemeyeceği, ağır tip makina kullanıldığında da orta ile düşük arası bir kesme hızı elde edilerek kesilebileceği tahmin edilmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. BIENIAWSKI, Z.T., "The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications", 4th Int. Congress on Rock Mechanics, Vol 2, 1979, pp. 41-48.
2. FENG, K.K., CHAKRAVORTY, R.N. and COCHRANE, T.S., "Spontaneous Combustion: A coal Mining Hazard", CIM Bulletin, October 1973, pp. 75-82.
3. FOWELL, R.J. and PYCROFT, A.S., "Rock Machinability Studies for the Assessment of Selective Tunneling Machine Performance", 21st. National Rock Mech. Symp., USA, Miss., 1980, pp. 149-158.
4. FOWELL, R.J. and JOHNSON, S.T., "Rock Classification and Assessment for rapid Excavation", Proceedings of the Symposium on Strata Mechanics, Newcastle upon Tyne, 1982, pp. 241-244.
5. KARPUZ, C. ve diğerleri, Silopi Bölgesi Asfalttlerinin Kaya Mekanığı Parametrelerinin, Kesilebilirliğinin, Hidrolik Çatlatılabilirliğinin ve Kenddiğinden Yanma Riskinin Araştırılması, TKİ için yapılan proje, ODTÜ, Temmuz 1985.
6. KISSEL, F.N., McCULLOCH, CM. and ELDER, C.H., "The Direct Method of Determining Methane Content of Coalbeds for Ventilation Design", US Bureau of Mines, Report of Investigation No. 7767, 1973.
7. LEBKUCHNER, R.F., ORHUN, F., WOLF, M., "Asphaltic Substances in Southeastern Turkey", The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, October 1972.
8. McFEAT-SMITH, I. and FOWELL, R.J. "Correlation of Rock Properties and the Cutting Performance of Tunneling Machines", Proceedings of a Conference on Rock Engineering, Newcastle Upon Tyne, 4-7 April 1977.
9. VUTUKİ, V.S. and LAMA, R.J},., "Handbook on Mechanical properties of Rocks", Claustinal, Trans. Tech. Publications. Vol. 2, 1978.

