

Kömür Ocaklarında Metan Gazının Kaynağı*Sources of Methane Gases In Coal Mines*Beycan İbrahimoglu^{1*}, Şahika Yürek², Sezen Güven³, Selin Aşık⁴, Çiğdem Kanbeş⁵¹Abdullah Gül Üniversitesi, Türkiye²Maden Yüksek Mühendisi TKİ, Türkiye³Kimyager, Anadolu Plazma Teknoloji ve Enerji Merkezi, Türkiye⁴Maden Mühendisi, Anadolu Plazma Teknoloji ve Enerji Merkezi, Türkiye⁵Uzman Kimyager, Anadolu Plazma Teknoloji ve Enerji Merkezi, Türkiye*Sorumlu Yazar: beycanibrahimoglu@yahoo.com,**Özet**

Bu çalışmada, kömür içerisinde var olan gazların miktarının kömür madenlerindeki sıcaklık ve basınç koşullarına göre değişimi incelenmiştir. Bu amaçla, Anadolu Plazma Teknoloji Enerji Merkezi laboratuvarında yeni bir deney düzeneği geliştirilmiş ve farklı boyutlarda kömürlerin (300 - 1000 µm ve 17 - 44 mm) T= 293K ile T= 550K sıcaklık ve P=0,1 ile P=1 bar basınç aralığında deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre; kömür boyutunun 300 - 1000 µm olduğu durumda 25°C sıcaklığından itibaren hidrojen gazı tespit edilirken metan gazı 210°C sıcaklığından sonra tespit edilmiştir. Kömür boyutunun 17 - 44 mm olduğu durumda ise 500°C sıcaklığından itibaren hidrojen gazı tespit edilirken metan gazı 300°C sıcaklığından sonra tespit edilmiştir. Laboratuvar ortamında ve kömür madeninde elde edilen deney sonuçları göstermektedir ki normal çalışma koşullarında 25°C sıcaklıkta bile serbest halde hidrojen gazı bulunmaktadır. Bu durumda kömür ocaklarında metan gazının ölçülmesi gibi hidrojen gazının ölçülmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Hidrojen, kömür, metan gazı.**Abstract**

In this study, variation of the amounts of gases which exist in the coal according to temperature and pressure conditions in the coal mines is analyzed. For this purpose, a new testing apparatus was developed in Anadolu Plazma Technology Energy Center laboratory and experiments on coals with different sizes (300 - 1000 µm ve 17 - 44 mm) were carried out on the 293 K and 550 K temperature range and 0,1 bar and 1 bar pressure range. According to experiment results based on 300 - 1000 µm of coal size, while hydrogen gas was detected beginning from the temperature of 25°C, methane gas was detected after the temperature of 210°C. On the other hand, based on 17 - 44 mm of coal size, while hydrogen gas was detected beginning from the temperature of 50°C, methane gas was detected after the temperature of 300°C. It is seen from the experiments conducted in laboratory and coal mine, there are free hydrogen gases in the normal working conditions at 25°C. Therefore, hydrogen gas should be measured as methane gas in coal mines.

Key words: Coal, Hydrogen, Methane Gas

1. Giriş

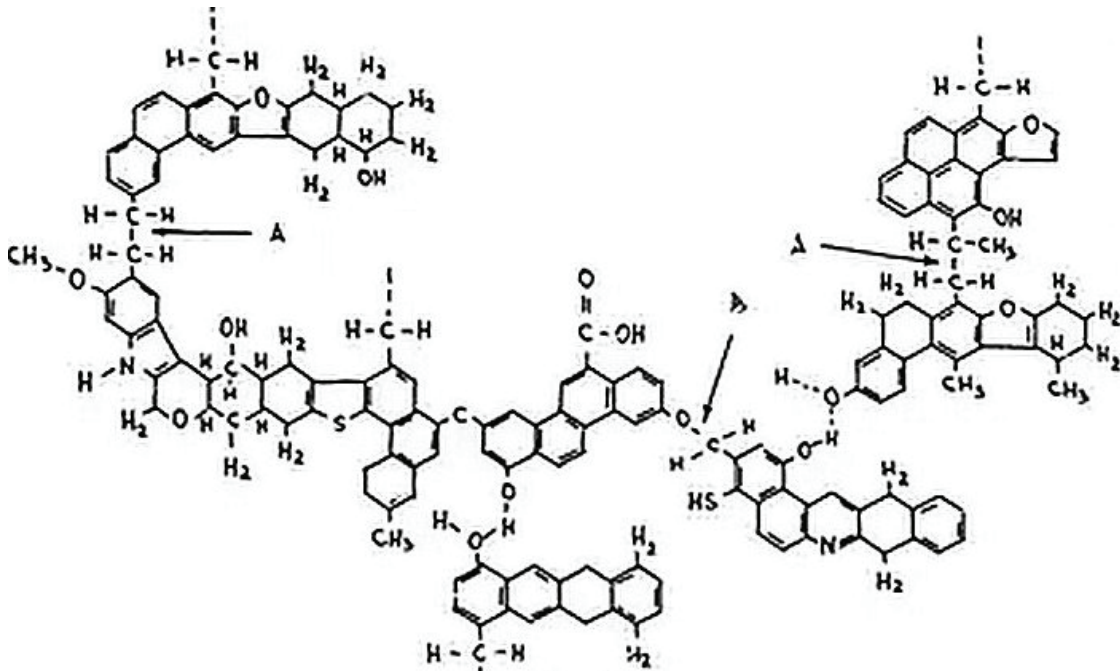
Kömür ocaklarının en önemli sorunlarından biri meydana gelen kazalar ve kazalara sebep olan gazların miktarının belirlenmesidir. Kömür madenlerinde patlayıcı ($\text{CO}, \text{CH}_4, \text{H}_2$), zehirli ($\text{H}_2\text{S}, \text{CO}, \text{SO}_2$) ve boğucu ($\text{CO}_2, \text{O}_2, \text{N}_2$) gazlar bulunmaktadır (Durşen ve Yasun, 2012).

Genellikle kömür ocaklarında patlamaların ana kaynağı, metan gazı olarak gösterilmektedir (Ünver ve Akbal, 2010; Bayraktar, 2012). Ocak içerisindeki metan miktarının bağlı olduğu faktörler vardır. Bu faktörler; damar yapısı, derinliği, orojenik olaylar, üretim alanının genişliği ve ocakların eski veya yeni olmasıdır. Bunların yanı sıra; ayak arkasının oturması, üretim yöntemi, havalandırma basıncı, yan kayaç ve barometrik basınç gibi parametreler metan yayılımını etkilemektedir (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2014).

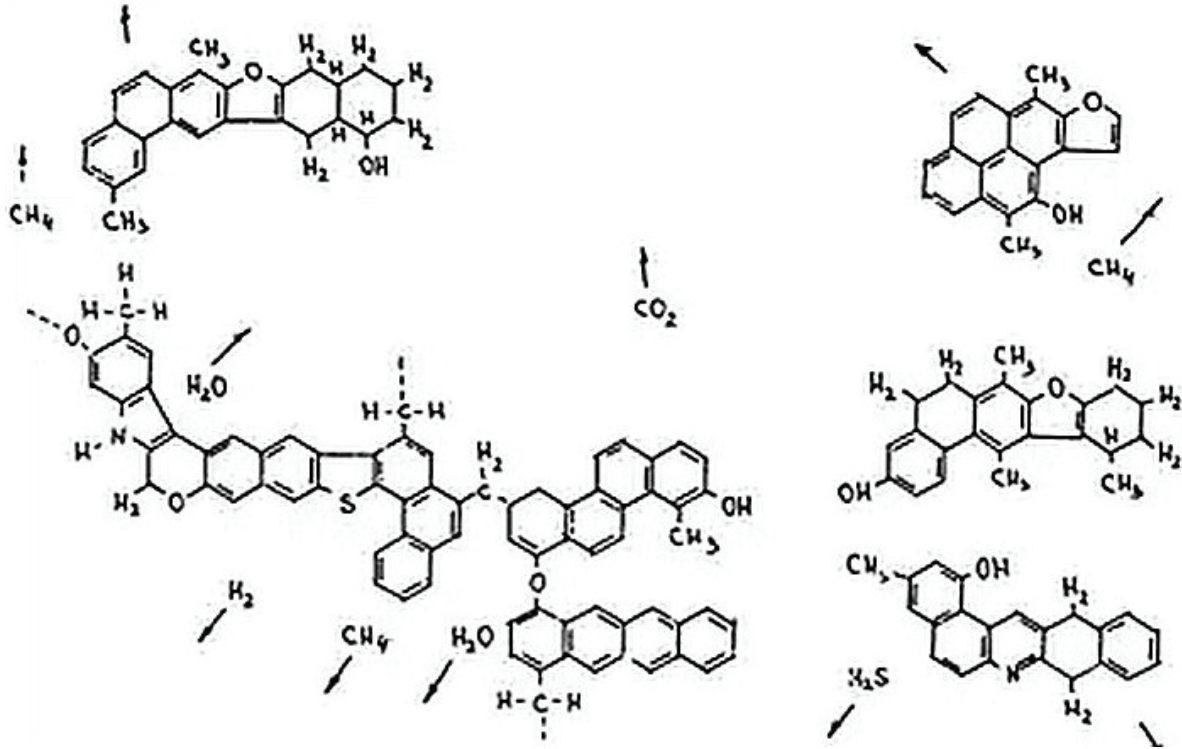
Kömürün moleküler yapısı üzerine yapılan çalışmalar incelenecek olursa, genel olarak kömürün moleküler yapısı için kabul gören modeller ikiye ayrılmaktadır; kovalent ve kovalent olmayan model. Kovalent modelde kömür moleküllerinin birbirlerine çapraz olarak bağlandığı etil, eter ve sülfid köprüleri gibi kovalent bağlar bulunmaktadır. Kömürün yapısının açıklanması için kömür sıvılaştırma çalışmalarının sonuçlarından yararlanılmaktadır. Bu yapılan çalışmalar göstermiştir ki; aromatik içeriği fazla olan kömürlerde özellikle koklaşabilen kömürlerde aromatik birimler birbirlerine eter köprüleri ile kovalent bağlıdır. Given tarafından 1960 yılında önerilen model, bir veya iki üyeli halkalar, piridin tipi halkalar, kinonlar, hidroksil ve karbonil gruplarını içermektedir (Erdoğan, 2008).

Bu modeli açıklamak için yapılan çalışmaların sonucu göstermektedir ki; kömürdeki hidrojen bağının önemi, çözücü ile şişme ve ekstraksiyon çalışmaları sonucunda anlaşılmaktadır. Kömür şişirme çalışmalarında kullanılan çözücünün hem çok iyi polarize olabilmesi hem de iyi hidrojen bağı yapabilmesi gereklidir. Bazı bazik çözücüler, örneğin piridin, kömür molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını kırarak çözücü ile kömür arasında yeni hidrojen bağları oluşturmaktadır (Sönmez, 2006)

Bu bilgiler doğrultusunda, kömürün içindeki hidrojenin sıcaklığa bağlı olarak metanı oluşturmaya olasıdır diye düşünerek deney düzeneği oluşturulmuştur ve deney sonuçları da bu



Şekil 1. Düşük sıcaklıklardaki kömür yapısı (Yaygın ağ, 2014)



Şekil 2. Yüksek sıcaklıktaki kömürün yapısı (Yaygın ağ, 2014)

düşüncelerle bağdaşmaktadır. Şekil 1 ve 2’de Given tarafından önerilen model gösterilmiştir. Bu şekiller, ayrıca metanın sonradan nasıl oluştuğunu da göstermektedir.

Metan gazı kömür oluşumu sırasında açığa çıkmadan önce kömür yapısındaki çatlak ve mikro gözenekler içerisinde belirli bir basınç altında bulunmaktadır. Bu basınç, üretim çalışmaları sırasında değişebilir ve bunun sonucu olarak yeraltında metan salınımı gerçekleşebilir. Ocak içerisinde hacimce %5-15 oranlarında metan patlayıcı özellik göstermektedir (Bayraktar, 2012)

Yer altında yapılan çalışmalar esnasında oluşan metan miktarının belirlenmesi amacıyla tarafımızca İmbat Madencilik Enerji Sanayi ve Ticaret şirketinin Soma’daki maden ocağına gidilerek yerin 450 m derinliğinde kömürün çıkarıldığı bölgelerden numune alınarak deneyler yapılmıştır. Bu numunelere analiz yapmak için Ege Üniversitesi’nin laboratuvarlarından yararlanılmıştır. Deneylerin sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Numenin Alındığı Yer	Hidrojen (%)	Metan (%)
Çalışma Sırasında	1,45215	1,3371
Delme Sırasında	7,79844	1,37781

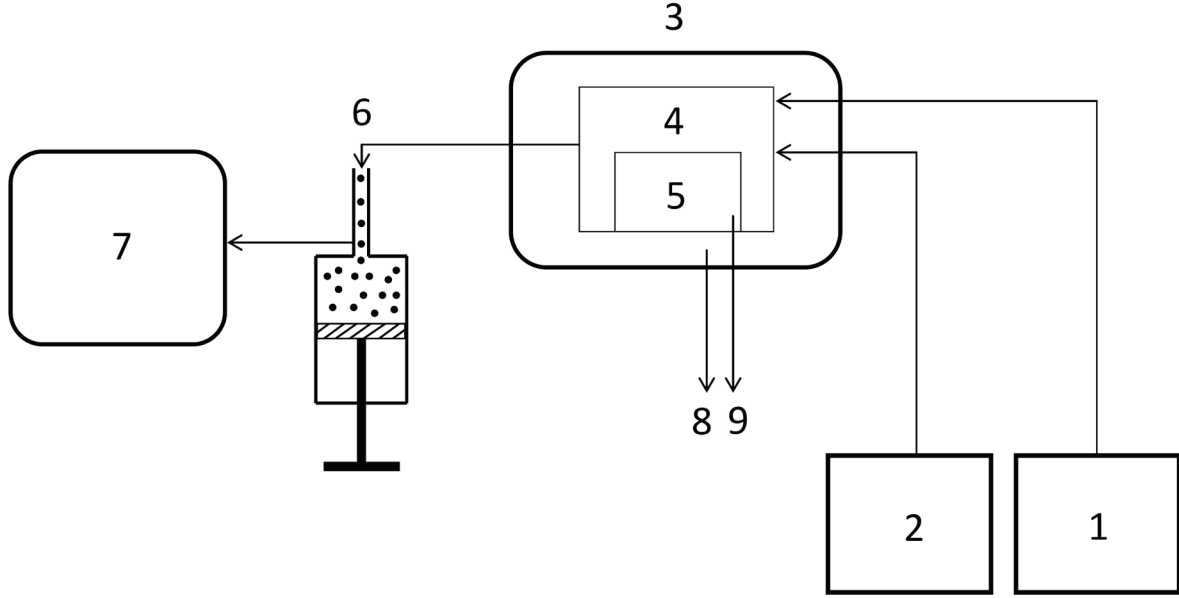
Tablo1. Deney sonuçları

Yapılan deneylerde metan gazının hidrojen gazından daha az olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple kömür ocaklarındaki hidrojen kaynaklarını araştırmaya başlanmıştır. Yapılan Araştırmalarda görüldüğü üzere kömür madenlerinde hidrojen; yan kayaç ve kömür bünyesinde bulunmaktadır ve ani gaz püskürmelerinde CH₄, CO₂ ve N₂ ile birlikte %84-93 oranında yayılmaktadır. Bunun yanı sıra ocakta meydana gelen oksidasyon ve yangınlarda ayrışma ürünü olarak da hidrojen oluşmaktadır (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2014).

Soma'daki maden ocağında yapılan deneylerden sonra, kömür ocaklarında hidrojen gazının metan gazından miktarca daha fazla olmasını incelemek amacıyla kömür madenlerindeki çalışma ortamının sıcaklık ve basınç değerleri göz önünde bulundurularak laboratuvarımızda deney düzeneği geliştirilip çalışmalar yapılmıştır.

2. Deney Düzeneği

Aşağıda Şekil 3 ile çalışmada kullanılan deney düzeneğinin şekli ve bileşenleri verilmiştir.



Şekil 3. Deney düzeneği [1.Hava pompası 2.Su buharı 3.Fırın 4.Reaktör 5.Kömür hazinesi 6.Şırınga 7.Gaz Kromatografisi (Agilent Technologies 7890B) 8.Reaktör içindeki ısı çifti 9.Fırın içindeki ısı çifti]

2.1. Deneylerin Yapılışı

Daha önce de bahsedildiği gibi Soma'daki maden ocağından alınan numunelere yapılan analizlerden sonra kendi laboratuvarımızda da maden koşullarına göre deney düzeneği kurularak deneyler yapılmıştır. Deneylerin yapılmasında kömür ocağındaki sıcaklık ve basınç koşullarının oluşturulması için fırın(3) ve hava pompası(1) kullanılmıştır. Sıcaklık ısı çiftleriyle(8) hem reaktörde(4) hem de kömür hazinesinde(5) kontrol altında tutulmuştur. Diğer yandan belirli ölçüde hava(1) (0,1 bar) ve su buharı(2) verilerek deneyler yapılmıştır.

Reaktör; kimyasal tepkimeye girmemesi amacıyla 310 paslanmaz çelikten yapılmıştır. Kömür boyutları dikkate alınarak deneyler yapılmıştır. Reaktörün içine tortu halinde (17mm-19mm/21-44mm boyutlarında) kömür ve toz halinde (600-1000µm) kömür, doldurularak T=25°C sıcaklıktan başlayarak deneyler yapılmıştır. Deneylerde, kömüre havanın beslenmesi iki yöntemle yapılmıştır; hava pompası vasıtasıyla ve numune kabındaki (şırınga) havanın çekilmesi yöntemiyle. Deneyler oda sıcaklığından (25°C) başlanıp T= 300°C 'ye kadar ısıtılarak yapılmıştır.

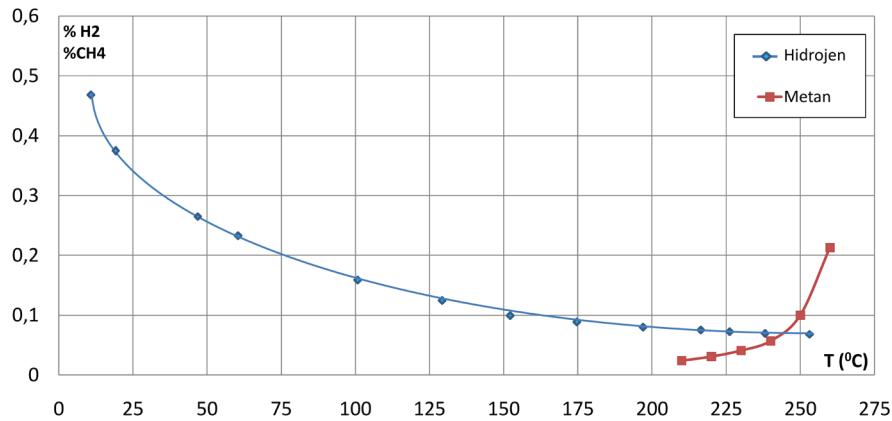
Yapılan deneylerde, kömürün düşük sıcaklıklarda (25°C) serbest halde daha fazla H₂ gazı içerdiği tespit edilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla H₂ gazının azaldığı ve 210°C'de H₂ gazının minimum değere ulaştığı görülmüştür. Hidrojen gazını minimum değerine düşmesiyle sistemde CH₄ gazının oluştuğu tespit edilmiştir (Tablo 2 ve Tablo 3).

DENEY 1				
Hava Verilmesi (bar)	T (oC)	H2 (%)	CH4 (%)	Kömür Boyutu (μm)
0,1	25	0,498068	-	300 - 1000
0,1	30	0,422755	-	300 - 1000
0,1	75	0,41972	-	300 - 1000
0,1	110	0,390885	-	300 - 1000
0,1	160	0,358758	-	300 - 1000
0,1	170	0,368503	-	300 - 1000
0,1	180	0,292893	-	300 - 1000
0,1	190	0,193313	-	300 - 1000
0,1	200	0,186738	-	300 - 1000
0,1	210	0,112089	0,024037	300 - 1000
0,1	220	0,115459	0,036912	300 - 1000
0,1	230	0,116347	0,055972	300 - 1000
0,1	240	0,101386	0,058973	300 - 1000
0,1	260	0,03944	0,212759	300 - 1000

Tablo 2. İzmir Avdan kömürü ile yapılan deney sonuçları

DENEY 1				
Hava Verilmesi (bar)	T (oC)	H2 (%)	CH4 (%)	Kömür Boyutu (μm)
0,1	50	0,404707	-	17 - 44
0,1	100	0,435587	-	17 - 44
0,1	150	0,434339	-	17 - 44
0,1	200	0,430075	-	17 - 44
0,1	210	0,410153	-	17 - 44
0,1	230	0,392312	-	17 - 44
0,1	240	0,392110	-	17 - 44
0,1	300	0,356014	0,026037	17 - 44

Tablo 3. İzmir Avdan kömürü ile yapılan deney sonuçları



Şekil 4. Deney sonuçlarına göre hidrojen ve metan yüzde miktarının sıcaklıkla değişim grafiği

3.Sonuç

Yapılan deney sonuçları incelendiğinde:

1. Düşük sıcaklıklarda (25°C) kömür taneciklerinin içerisinde CH₄ olmaması fakat çok miktarda (%0,49) H₂ olduğu,
2. Şekil 2'de görüldüğü gibi sıcaklığın yükselmesiyle H₂ gazının azalması,
3. Şekil 2'de görüldüğü gibi sıcaklığın 210°C'ye ulaşmasından sonra CH₄ oluşması,
4. Kömür boyutlarına bağlı olarak CH₄ oluşum sıcaklığı değişmesi gibi konular dikkate alınarak, kömür ocaklarında düşük sıcaklıklarda (25°C) bile çalışma sırasında H₂ gazının oluştuğunu söylememiz mümkündür.

Saldırgan bir gaz olan hidrojen çok hızlı reaksiyona girmektedir. Bu nedenle; madenlerde hidrojen sülfür, metan, karbon monoksit gibi gazların yanı sıra hidrojen gazının da ölçülmesi ve takibi çok önemlidir.

Kaynaklar

Bayraktar, E., 2012. Kömür Madenlerinden Metan Üretimi Ders Projesi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2014. Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Yayın no:43, (s:40-46)

Durşen, M., Yasun, B., 2012. Yeraltı Madenlerinde Bulunan Zararlı Gazlar ve Metan Drenajı

Erdoğan, G., 2008. Farklı Kömür ve Linyitlerin Asidik Sulu Ortamlarda Elektrokoksasyonlarının İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, (s:25-26)

Sönmez, Ö., 2006. Kömür ve Maseral Gruplarının Çeşitli Çözücülerde Şişme Davranışları Ve Sıvılaşma Üzerine Etkileri Doktora Tezi

Ünver, B., Akbal. M., 2010. Kömür Madenlerinde Metan Yönetimi, Teknik Rapor

www.myshared.ru/slide/57099/ (Erişim tarihi: 12.12.2014)