

ZONGULDAK KÖMÜRLERİNİN AÇIĞA ÇIKABİLEN METAN İÇERİKLERİ

Ercüment YALÇIN(*)
Şevket DURUCAN(**)

ÖZET

Bildiride, Zonguldak Havzası, Kozlu Bölgesindeki dört değişik damardan alınan kömür numunelerinin metan adsorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi çalışmaları anlatılmaktadır. Değişik gaz basıncı altında bu numunelerin adsorbe ettiği metan miktarı araştırılmış ve sonuçlar kömürlerin özelliklerine, gaz kapasitelerine ve gaz emisyon özelliklerine bağlı olarak tartışılmıştır.

Laboratuvarda her damarın üç numunesi üzerinde 45 atmosfere kadar varan değişik gaz basınçlarında metan adsorpsiyon deneyleri yapılmış ve dört damar için ortalamada adsorpsiyon izotermeleri karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda, değişik zaman aralıklarında her kömür damarı için metan emisyon miktarı hacim olarak kaydedilerek birbirleriyle kıyaslanmıştır.

ABSTRACT

This paper discusses the research aimed to establish methane adsorption isotherms for coal samples taken from four different seams in Kozlu District, Zonguldak Coalfield. The quantity of methane adsorbed by these samples, at different gas pressures, were determined and the results were discussed in relation to the gas capacities and emission characteristics of these coals.

Laboratory methane adsorption experiments were carried out on three samples of each seam at different gas pressures up to 45 atm. and the mean adsorption isotherms of four seams were compared. Also the volume of desorbed methane for each coal seam at different time intervals were recorded and compared.

(*) Arş. Gör., ODTÜ Maden Müh. BL, ANKARA.

(**) Dr. Öğr. Gör., ODTÜ Maden Müh. BL, ANKARA.

1. GİRİŞ

Kömür madenlerinde metan gazının ortama yayılması üretimi etkileyen önemli bir faktördür, bazen üretimin tamamen durmasına neden olabilir. Modern maden makinelerinin kullanılması ile artan ayak ilerleme hızı ve kömürün daha küçük parçalara ayrılması ocak havasına karışan metan miktarında artmaya neden olur.

Kömür üretimi sırasında, çalışılan kömür damarının gaz içeriğinin bilinmesinde, açığa çıkabilecek metan gazının oluşturacağı tehlikenin tahmin edilebilmesi açısından büyük fayda vardır. Bakir bir damar içerisindeki metanın büyük bir kısmı, belli bir denge basıncında gözeneklerin yüzeyine adsorbe edilmiş durumdadır. Üretimle birlikte, bu basınç dengesi bozulmakta ve metan emisyonu başlamaktadır. Bu nedenle, kömür damarlarında serbest hale geçerek ocak havasına karışabilecek metan miktarının belirlenmesinde laboratuvarında yapılan metan adsorpsiyon ölçümleri önemli bir yer tutmaktadır.

2. KÖMÜR DAMARLARININ METAN İÇERİĞİ

Bakir kömür damarları içerisinde depolanmış metan gazının basıncı atmosferik basınçtan yüksektir ve denge durumundadır. Bu denge bozulmadığı takdirde metan emisyonu söz konusu değildir. Kömür damarları içerisinde depolanmış olan metan;

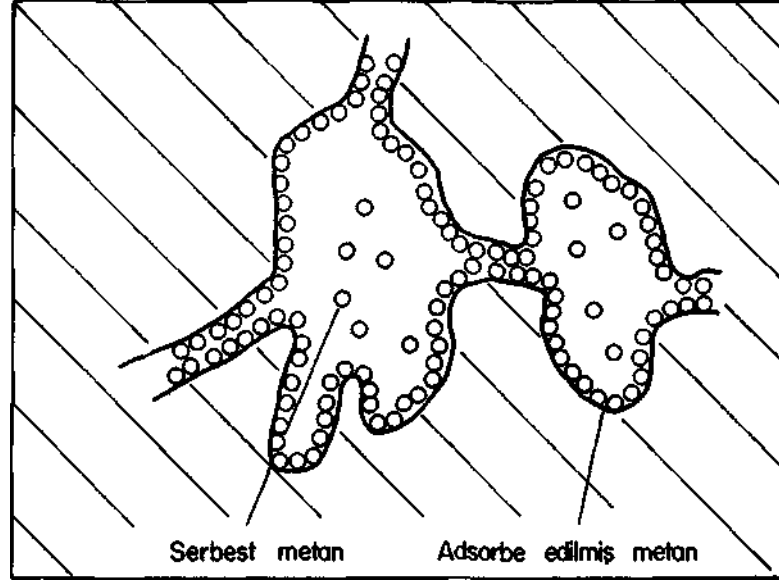
- i) Çatlaklarda, kırıklarda ve gözenek içinde serbest gaz olarak,
- ii) Çatlaklarda ve gözeneklerde yüzeye tutunmuş (adsorbe edilmiş) olarak ve
- iii) Kömür içerisinde çözülmüş olarak bulunur.

Bunlar arasından yalnızca ilk ikisi metan emisyonu açısından önemlidir. Şekil 1, gözenek yüzeyine adsorbe olmuş ve serbest haldeki metan moleküllerini göstermektedir.

Kömür damarlarının doğal metan içeriği iki ayrı yöntemle saptanabilir;

- i) Direkt Yöntem
- ii) indirekt Yöntem

Fransa'da CERCHAR (Centre d'Etudes et de Recherches des Carbonnages de France) tarafından geliştirilen Direkt yöntem, sahada açılan sondaj delikleri aracılığı ile alınan kömür numunelerinin metan içeriğinin belirlenmesi esasına dayanır. Damar-dan örnek alınması ve bunun sızdırmaz bir kaba alınması sürecinde kaybolan gaz mik-



Şekil 1. Kömür gözenekleri içerisindeki metan moleküllerinin temsili görünüşü.

tan, numunenin kontrollü metan emisyon karakterinden yararlanılarak bulunur ve laboratuvarında belirlenen artık gaz miktarına eklenerek kömürün toplam metan içeriği hesaplanır (1) (2).

Sovyetler Birliği'nde Ettinger (3) tarafından geliştirilen indirekt yöntem, kömür damarında metan basıncının belirlenmesi ve daha sonra damardan alınan örnek üzerinde laboratuvar çalışmaları yapılarak ocak şartlarında adsorpsiyon izotermi belirlenmesi esasına dayanır. Damar gaz basıncında kömürün adsorbe ettiği metan, o damarın metan içeriğini göstermektedir.

3. SORPSİYON TEORİSİ

Gazlar veya su buharının katı tarafından tutulması "sorpsiyon", bunun tersi ise "desorpsiyon" olarak adlandırılmaktadır. Sorpsiyon kendi içerisinde ikiye ayrılır; Adsorpsiyon ve Absorpsiyon. Adsorpsiyon da gaz veya su molekülleri katının yüzeyine tutunur. Absorpsiyonda ise moleküller katının bünyesine nüfuz eder.

Adsorpsiyon kendi içerisinde ikiye ayrılır; Fiziksel Adsorpsiyon ve Kimyasal Adsorpsiyon. Fiziksel adsorpsiyonda katı ile gaz molekülleri zayıf bağlarla birbirine tutunur (elektrostatik veya Van der Waal's bağları gibi). Kimyasal adsorpsiyonda ise sağlam kimyasal bağlar mevcuttur (4). Adsorbe edilen gazın miktarı genellikle basınç ve sıcaklığa bağlıdır ve matematiksel ifadesi şöyledir;

$$V_s = f(P, T)$$

burada,

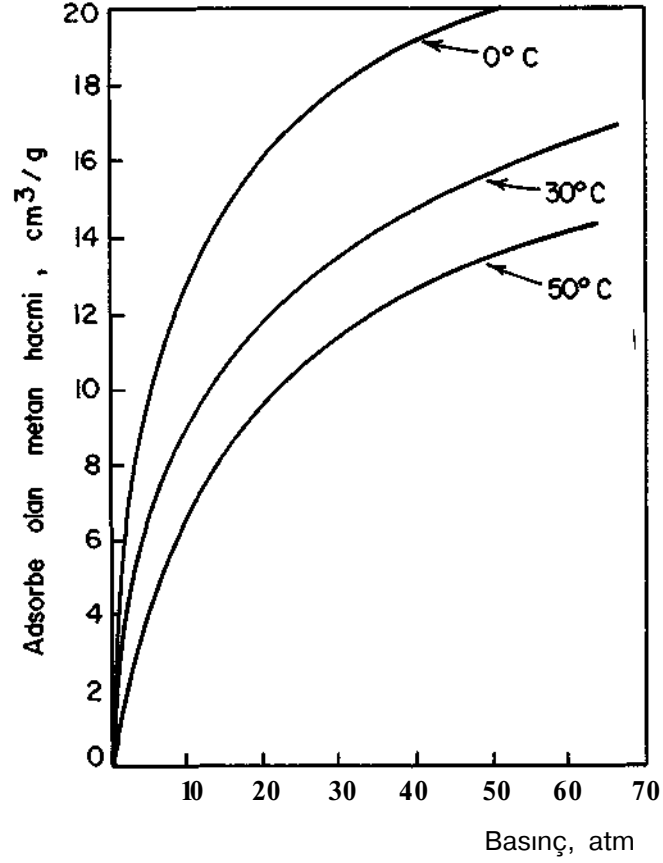
V_s : Adsorbe edilen gaz miktarı,

P : Gaz basıncı ve

T : Sıcaklıktır.

3.1. Kömür-Metan Adsorpsiyon izotermeleri

Kömürün sabit sıcaklıkta adsorbe ettiği metan miktarı ile gaz basıncı arasındaki ilişki adsorpsiyon izotermeleri ile ifade edilmektedir. Adsorpsiyon izotermeleri kömür yüzeyi üzerine tek bir tabaka halinde adsorbe edilen metan moleküllerini temsil eder ve adsorbe edilen metan miktarı, gaz basıncı ile artarak sabit bir değere ulaşır (4) (5). Şekil 2, adsorpsiyon izotermelerini göstermektedir.



Şekil 2. Adsorpsiyon izotermeleri.

3.2. Kömür-Metan Adsorpsiyonunu Etkileyen Faktörler

3.2.1. Gaz Basıncı

Yapılan araştırmalar, gaz basıncı arttıkça, düşük gaz basıncı seviyelerinde adsorbe edilen metan miktarının büyük bir oranla arttığını göstermiştir. Bununla beraber, yüksek basınçlarda adsorbe edilen metan miktarındaki artış oranı düşmektedir. 70-100 atm. üzerinde adsorbe edilen metan miktarında çok az bir artma olur (4). Patching (6), yüksek basınçlarda 1 ton kömürün en çok 57 m³ metan adsorbe edebildiğini bulmuştur. Kömür içerisinde adsorbe edilen metan hacmi ile gaz basıncı ilişkisini en iyi şekilde tanımlayan ve 1916 yılında Lagmuir (7) tarafından önerilen eşitlik şöyledir;

$$V = \frac{V_m bP}{1 + bP}$$

burada;

V: Adsorbe edilen gaz miktarı,

V_m : Sabit sıcaklıkta adsorbe edilebilen maksimum hacim,

b : Sözkonusu gözenekli ortam için adsorpsiyon katsayısı

P : Gaz basıncıdır.

3.2.2. Kömür Gözenek Yapısı - Rank

Kömür gözenek yapısı ve rank, Metan kapasitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kömürün adsorbe ettiği metan miktarı düşük ranklı kömürlerden antrasite doğru gidildikçe artmaktadır (8).

Kömür içerisindeki gözenek hacmi kömürlerin kalitesine göre değişir. King ve Wilkins (9), gaz genleşme metodunu kullanarak İngiliz kömürlerinin gözenekliliğini araştırmış ve % 89 karbon içeriğine kadar kömür kalitesi artarken gözenekliliğin azaldığını ve bundan sonra tekrar artmaya başladığını bulmuşlardır.

Kömür üç değişik gözenek sistemine sahiptir (10);

- i) Makro gözenekler (300 - 29 600 Å),
- ii) Ara gözenekler (12-300 Å),
- iii) Mikro gözenekler (4-12 Å)

Kömür rankı ile birlikte mikro gözeneklerin kömür gözenekliliği içerisindeki payı artmaktadır. Mikro gözenekler, kömür içerisindeki toplam yüzey alanın % 95'ini oluştururlar ve kömür damarı içerisindeki metanın büyük bir kısmı mikro gözeneklerde

adsorbe edilmiştir (11). Griffith ve Hirst (12) İngiliz kömürleri üzerinde yaptıkları çalışmanın sonucunda 1 gram kömürdeki toplam yüzey alanın 20 ile 200 m² arasında değiştiğini bulmuşlardır.

3.2.3. Kömürün Nem İçeriği

Joubert ve diğerleri (13) tarafından yapılan araştırmalar kömürün metan adsorpsiyonunun artan nem miktarı ile azaldığını göstermiştir. Graham (14), nem miktarındaki % 10'luk bir artışın, kuru kömürün adsorbe edebildiği metan miktarını 1/3 oranında azalttığını gözlemiştir.

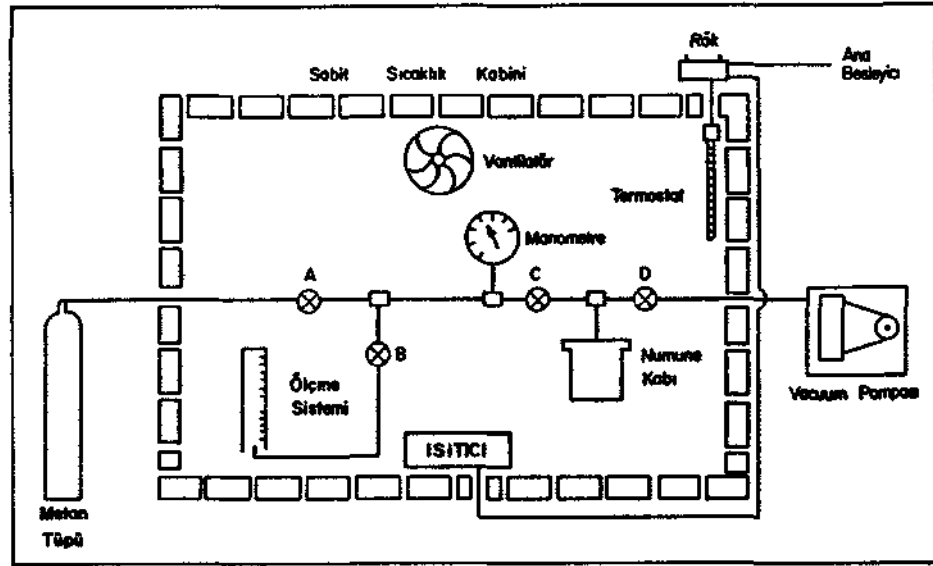
3.2.4. Sıcaklık

Sıcaklık, kömür metan adsorpsiyonunu ters yönde etkilemektedir. Artan sıcaklık ile metan adsorpsiyonu azalmaktadır.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

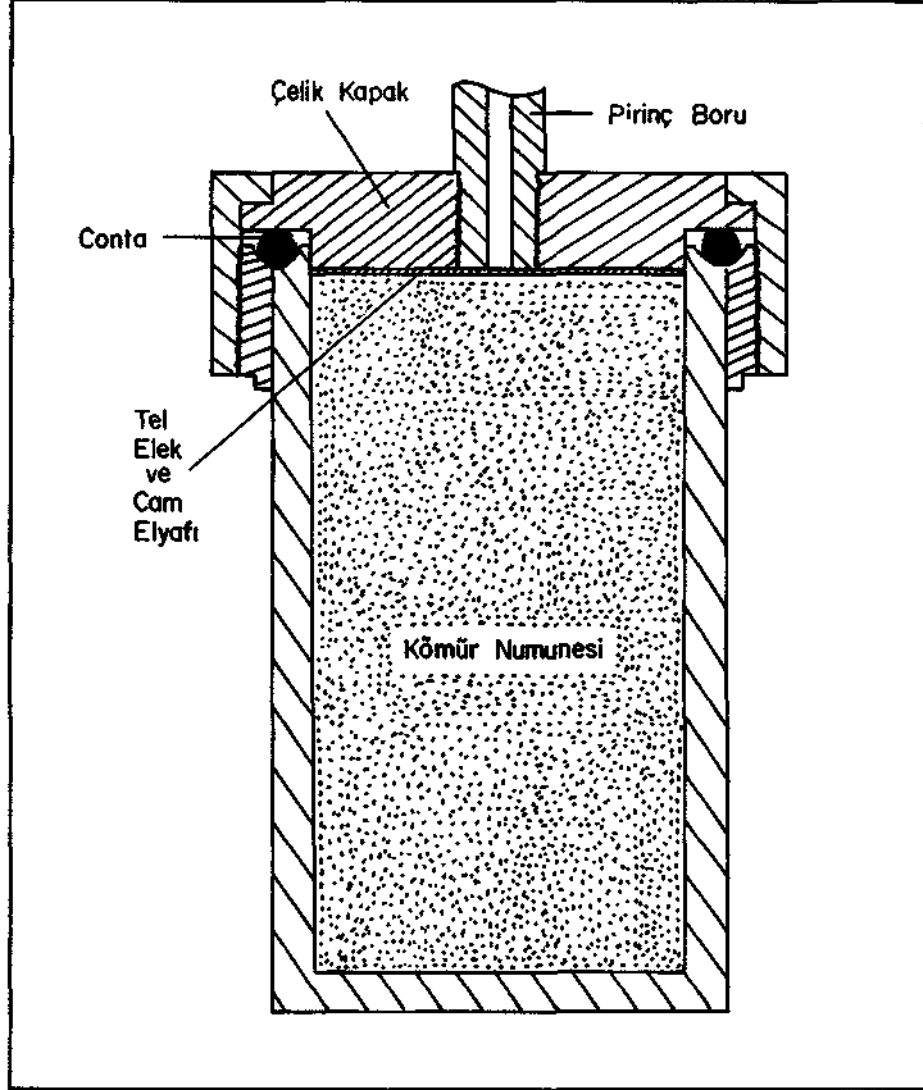
4.1. Deney Düzeni ve Ölçüm Yöntemi

Şekil 3 ve Şekil 4 adsorpsiyon ve desorpsiyon ölçümlerinin yapıldığı laboratuvar deney düzenini ve numune kabının kesitini göstermektedir. Adsorpsiyon ölçümleri - 65 + 100 meshlik kömür numuneleri üzerinde yapılmıştır. Numune kabına tartılarak koyulan kömür numunesi 6 saat süre ile, kömür yüzeyine adsorbe olmuş oksi-



Şekil 3. Metan adsorpsiyon deney düzeninin şematik görünümü.

Jen ve diğler gazları atmak için, 0,001 mm Hg basınçta vakum altında tutulmuştur. Daha sonra istenilen gaz basıncında denge sağlanana kadar metan gazı ile doyurulmuş ve bu basınçta 24 saat bekletilmiştir. Adsorpsiyon ölçümlerinin başlangıcında, kap içerisindeki boşlukları dolduran serbest metan gazı, monometre 1 atm.'i göstere kadar atmosfere bırakıldı ve ibre 1 atm.'e geldiği andan başlayarak metan gazı ölçme sisteminde toplandı. Ölçme sisteminde toplanan gazın hacmi standart sıcaklık ve basınca çevrildi ve numunenin ağırlığına bölünerek 1 gm kömürün belirtilen basınçta adsorbe ettiği metan miktarı cm^3 olarak bulundu (15).



Şekil 4. Numune kabının kesiti.

Adsorpsiyon ölçümleri sabit sıcaklık kabiniinde 25 C sıcaklıkta yapıldı ve her numune için 5, 15, 25, 35 ve 45 atm. basınçlarda ölçüm alındı.

4.2. Kömür Numunelerinin Proximate Analizleri

Araştırmada kullanılan numunelerin proximate analizleri Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) tarafından yapıldı. Numuneler laboratuvarında adsorpsiyon ölçümleri için hazırlanırken orijinal nem içeriğinin büyük bir kısmını kaybettiğinden nem miktarları orijinal kömürden daha azdır. Çizelge 1, laboratuvarında kullanılan numunelerin nem, uçucu madde, sabit karbon ve kül yüzdeleri göstermektedir.

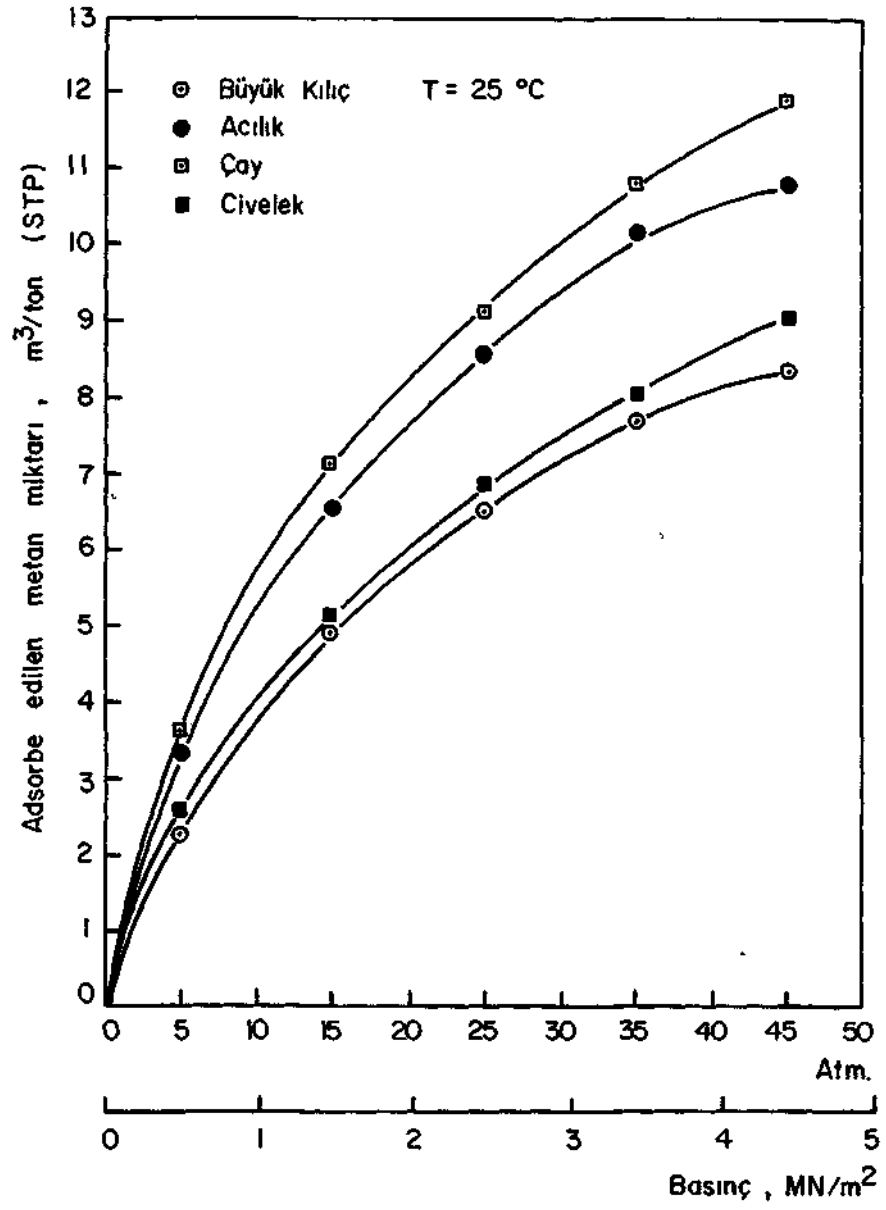
Çizelge 1— Kömür Numunelerinin Nem, Kül, Uçucu Madde ve Sabit Karbon Yüzdeleri

Numune	Nem, %	Uçucu Madde, %	Kül, %	Sabit Karbon, %
ÇAY	1,10	26,03	6,33	66,54
ACILIK	1,04	28,57	7,44	62,95
CİVELEK	1,33	27,03	8,69	62,95
B. KILIÇ	0,76	21,91	15,13	62,20

4.3. Zonguldak Kömürlerinin Adsorpsiyon İzotermleri ve Açığa Çıkabilen Metan Kapasiteleri

Araştırmalar sırasında, her kömür damarından alınan üç değişik numune üzerinde 5, 15, 25, 35 ve 45 atm. basınçlarda adsorpsiyon ölçmeleri yapıldı. Her basınçta üç numuneden elde edilen sonuçların Çizelge 2'de görüldüğü gibi ortalaması alınarak o damar için adsorpsiyon izotermi çizildi ve diğer damarların izotermleri ile karşılaştırıldı, Şekil 5.

Her numune için, genel olarak, gaz basıncı arttıkça gram başına adsorbe edilen metan miktarı artmaktadır. Şekil 5'de de görüldüğü gibi, metan adsorpsiyon kapasitesi Çay damarı numunelerinde en yüksektir. Sonra sırasıyla Acılık, Civelek ve Büyük Kılıç damarları gelmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, diğer araştırmacıların ileri sürdükleri görüşlerle uyum içersindedir. Kömür rankı arttıkça gaz kapasiteside artmaktadır.



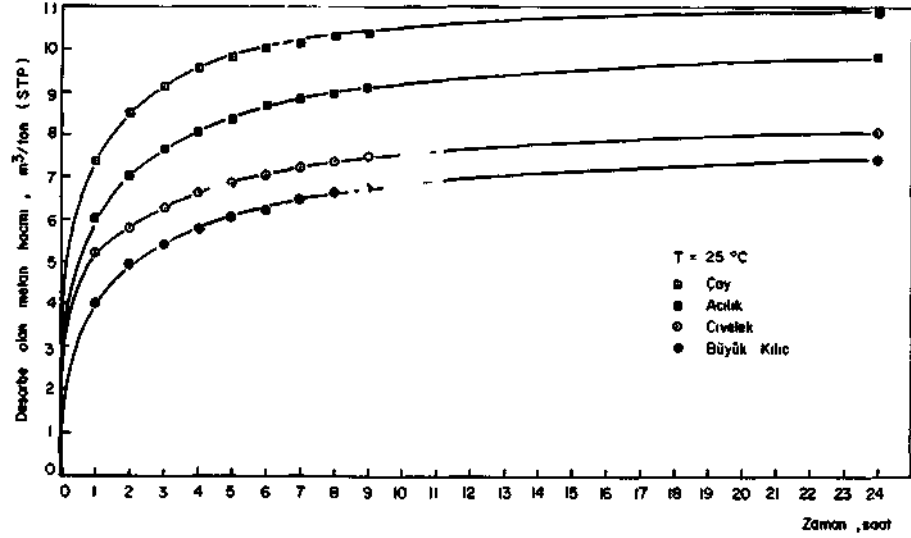
Şekil 5. Çay, Acılık, Civelek ve Büyük Kılıç damarları numunelerinin ortalama metan adsorpsiyon izotermleri.

Çizelge 2 - Çay, Acılık, Civelek ve Büyük Kılıç Damarları Numunelerinin Değişik Basınlarda Adsorbe Ettiği Metan Miktarları.

Damar	Gaz Basıncı atm.	Metan Adsorpsiyonu (cm ³ /gm kömür)			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	Ortalama
ÇAY	5	3.46	3.99	3.42	3.62
	15	7.17	7.17	7.13	7.16
	25	9.32	9.06	9.08	9.18
	35	10.89	10.72	10.79	10.80
	45	11.99	11.64	12.11	11.91
ACILIK	5	3.06	3.27	3.66	3.33
	15	6.33	6.61	6.71	6.55
	25	8.54	8.62	8.54	8.57
	35	9.85	10.11	10.45	10.14
	45	10.83	10.91	10.66	10.80
CIVELEK	5	2.77	2.07	2.77	2.54
	15	5.14	5.10	5.14	5.14
	25	6.77	6.79	6.79	6.78
	35	8.16	8.09	7.89	8.05
	45	9.01	9.06	9.04	9.04
B. KILIÇ	5	2.28	2.03	2.52	2.28
	15	5.00	4.94	4.85	4.93
	25	6.52	6.29	6.76	6.52
	35	7.65	7.45	8.02	7.71
	45	8.20	8.33	8.55	8.36

4.4. Zonguldak Kömürlerinin Metan Desorpsiyon Özellikleri

Yeraltında değişik kömür damarlarından ocak havasına karışan metan miktarı farklılıklar göstermektedir. Bu, kömürün desorpsiyon özelliklerine bağlıdır ve havalandırma planlamasının ve metan drenajı programının yapımında çok önemli bir faktördür. Zonguldak kömürlerinin desorpsiyon özelliklerini belirlemek amacı ile sözkonusu kömür damarlarının numunelerinden 5 değişik basınçta desorbe edilen metan miktarı değişik zaman aralıklarında kaydedildi. Şekil 6, dört numuneden elde edilen desorpsiyon eğrilerini göstermektedir.



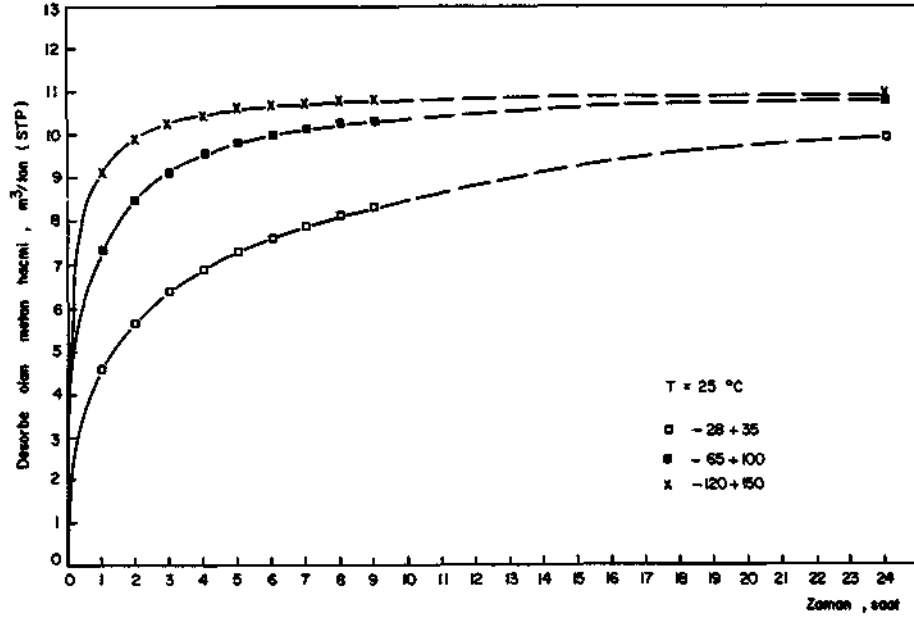
Şekil 6. 35 atm. basınçta 4 değişik numuneden desorbe olan metanın zamana karşı grafiği.

Desorpsiyon eğrilerinin analizi sonucunda, başlangıçta metan desorpsiyon oranının çok hızlı olduğu ve bunun zamanla azaldığı ortaya çıkmaktadır. Aynı gaz basıncında, desorbe olan metan miktarı Çay numunesinde diğerlerine kıyasla daha fazladır ve kömürün gaz kapasitesi azaldıkça metan emisyonu oranı da azalmaktadır. Bu gözlemlerin ortaya çıkardığı diğer önemli sonuç da, desorbe olan toplam metanın % 60'ının ilk bir saatte, % 70'inin ise ilk iki saat içerisinde açığa çıkmış olmasıdır. Şöyleki, yeraltında kömür üretimi sırasında küçük parçalara ayrılan kömürün içerisindeki metan, çok kısa bir süre içerisinde ocak havasına karışmakta ve üretilen kömürün ocak içerisinde kalma süresi arttıkça ocak havasına karışan metan miktarı da artmaktadır. Hızlı ve verimi yüksek bir transport sistemi, kömürün ocak içerisinde kalma süresini ve buna bağlı olarak ocak havasına karışan metan miktarını azaltacaktır.

4.5. Kömür Tane Büyüklüğünün Metan Emisyonuna Etkisi

Kömür tane büyüklüğünün metan emisyonuna etkisini gözleyebilmek için, -28 + 35 mesh, - 65 + 100 mesh ve - 120 + 150 mesh tane büyüklüklerindeki üç değişik Çay kömürü numuneleri üzerinde yapılan desorpsiyon ölçümlerinin sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, -65 + 100 mesh ve -120 + 150 meshlik numunelerin başlangıçtaki metan emisyon hızı -28 + 35 meshlik numuneye kıyasla çok fazladır. Eğer - 28 + 35 ve - 120 + 150 meshlik numunelerden ilk 2 saat içerisinde desorbe olan metan miktarını karşılaştıracak olursak; - 28 + 35'lik numuneden top-

lam metan içeriğinin % 56'sı desorbe olurken bu değer -120 + 150 meshlik numune için % 91'dir. Buradan şu sonuca varabiliriz; Kömür üretimi sırasında ocak havasına karışan metan miktarını üretilen kömürü çok küçük parçalara ayırmadığımız takdirde azaltabiliriz.



Şekil 7. Değişik tane boyutlarındaki Çay kömürü numunelerinden 35 atm. de desorbe olan metanın zamana karşı grafiği.

Diğer taraftan, üretimi artırmak ve güvenli çalışma şartları yaratılması açısından kaçınılmaz olan mekanize üretim, üretilen kömürün tane büyüklüğünü düşürmekte ve metan emisyonunu artırmaktadır. Bu durumda alınabilecek en iyi önlem sağlıklı bir havalandırma ve metan drenajı uygulamasıdır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada Zonguldak Havzası Kozlu Bölgesi kömürlerinin açığa çıkabilir metan kapasiteleri ve bunu etkileyen faktörler araştırılmıştır. Metan basıncındaki artma gaz kapasitesini direk olarak etkilemektedir. Dört damarın metan kapasiteleri karşılaştırıldığında azalan rank ile metan kapasitesi de; Çay, Acılık, Civelek ve Büyük Kılıç sırasıyla azalmaktadır. Değerler dünya literatüründeki değerlerle uyum içersindedir. Genel olarak bütün damarlar gazlı damarlardır ancak Çay kömür damarında en yüksek metan emisyonu görülmektedir.

Zamana bağımlı metan emisyonu özelliklerine baktığımızda, yüksek metan kapasiteli kömürlerin eşit zaman aralığındaki metan emisyonunun daha yüksek olduğunu görmekteyiz. Aynı şekilde, tane büyüklüğü de metan emisyonunu etkilemektedir; azalan tane büyüklüğü ile metan emisyonunda büyük bir artış kaydedilmektedir.

Zonguldak kömür havzasında, kömür üretimi yapılan damarların gaz içeriklerinin ve metan emisyon karakterlerinin bilinmesi sorunların önceden tahmin edilmesi ve önlenmesi açısından çok önemlidir. İleride çalışılacak olan daha derindeki damarlar, şu anda üretim yapılan damarlardan daha fazla metan içerecektir ve metan emisyonu havalandırma yoluyla kontrol altında tutulamıyacaktır. Bu nedenle, havzada metan drenajını başlatmak gerekli olacaktır. Bu ise bütün damarların metan içerikleri ve adsorpsiyon karakterlerinin belirlenmesi amaçlı geniş araştırmaları gerektirir.

Bu araştırmada yalnızca Kozlu Bölgesinden dört damar göz önüne alınmıştır. Araştırmalar diğer damarlara ve bölgelere yaygınlaştırılmalıdır. Adsorpsiyon izotermlerinin değerlendirilmesi ve kömür damarlarının metan içeriğinin belirlenmesi için bu damarların yerinde metan basınçlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla ayrı bir araştırmanın havzada başlatılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. BERTARD, C, BRUYET, B. and GÜNTHER, J.. "Determination of Desorbable Gas Concentration of Coal", Int. J. Rock Mech. Min. Sei., Vol. 7, No. 1, 1970, pp. 43-65.
2. KISSEL, F.N., MCCULLOCH, C.M. 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.
3. ETTINGER, I.L., LIDIN, G.D., DIMITRIEV, A.M. and ZHUPAKHINA, E.S., "Systematic Handbook for Determination of the Methane Content of Coal Seams from the Seam Pressure of the Gas and the Methane Capacity of the Coal", NCB Translation No. A1606/SEH.
4. JOLLY, D.C, MORRIS, L.H. and HINSLEY, F.B., "An Investigation into the Relationship Between the Methane Capacity of Coal and Gas Pressure", Trans. Inst. Min. Engrs., Vol. 127, pp. 539-548, 1967-68.
5. RUPPEL, T.C., GREIN, C.T. and BIENSTOCK, D., "Adsorption of Methane on Dry Coal at Elevated Pressure", Fuel, Vol. 53, pp. 151-161, 1974.
6. PATCHING, T.H., "The Retention and Release of Gas in Coal-A Review", CIM Bulletin, pp. 1302-1308, 1970.
7. LANGMUIR, I., "The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids", J. Amer. Chem. Soc., Vol. 38, pp. 2221-2295, 1916.
8. KIM, A.G., "Estimating Methane Content of Bituminous Coalbeds from Adsorption Data", US Bureau of Mines Report of Investigation, R18245, 1977.
9. KING, J.G. and WILKINS, E.T., "The Internal Structure of Coal", Proc. Conf. Ultra-Fine Structure of Coals and Cokes, BCURA, London, pp. 46-56, 1944.
10. GAN, H., NANDI, S.P. and WALKER, P.L., "Nature of Porosity in American Coals", Fuel Vol. 51, pp. 272 - 277, 1972.
11. THIMONS, E.D. and KISSEL, F.K., "Diffusion of Methane Through Coal", Fuel, Vol. 52, pp. 274 - 280, 1973.
12. GRIFFITH, M. and HIRST, W., "The Heat of Wetting of Coals in Organic Liquids", Proc. Conf. Ultra-Fine Structure of Coals and Cokes", BCURA, London, pp. 80-94, 1944.
13. JOUBERT, J.I., GREIN, C.T. and BIENSTOCK, D., "Sorption of Methane in Moist Coal", Fuel, Vol. 52, pp. 181 - 185, 1973.
14. GRAHAM, J.I., "The Measurement of the Quantity and Pressure of Methane in Coals", Trans. Inst. Min. Engrs., Vol. 94, pp. 122-131, 1937-38.
15. YALÇIN, E., "An Investigation into the Desorbable Methane Capacities of Zonguldak Coals and the Factors Affecting Methane Adsorption", M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, 1983.

