

Kömür kökenli doğal gaz

İlker Şengüler, MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ankara

Kömürleşme ile başlayan metan gazı oluşumu, kömür yatakları için özellikle işletme sırasında büyük tehlike oluşturmaktadır. Ancak bu potansiyelin tehlikesiz duruma getirilmesi ve ekonomiye kazandırılması mümkündür. Biyojenik kökenli doğal gazlar grubu içinde yer alan kömür kökenli doğal gaz, aynı zamanda çevre dostu olması nedeniyle günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerde özel bir ilgi görmektedir. Kömür kökenli doğal gazın rezerv tahminleri ve üretimi, petrol kökenli doğal gaz çalışmalarından farklılıklar gösterdiğinden tüm dünyada bu konuda araştırmalar sürmektedir.

Giriş

Kara sevdalı çevreciler ve yeşiller kabul etmemekle beraber, yapılan enerji projeksiyonları, sanayileşme sürecindeki ülkemizde enerji gereksiniminin her geçen gün arttığını göstermektedir. Ayrıca enerji üretim ve tüketim istatistikleri bu artışın önümüzdeki yıllarda daha da fazla olacağını ortaya koymaktadır.

Jeotermal, güneş, rüzgar, dalga gibi temiz enerji kaynakları günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin dillerinden düşürmedikleri çevre kavramı ile iyi dost olmalarına karşın kendine özgü enerji dönüşüm sistemleri ve teknolojiler gerektirdiğinden gereken ilgiyi görememektedirler. Bunun yanı sıra nükleer enerji konusundaki tartışmalar ve özellikle gelişmiş ülkelerde bu enerjiye karşı oluşan tepkiler, henüz bu santrallara sahip olmayan ancak yapımını planlayan ülkeleri düşündürmektedir. Bu yüzden çevresel etkileri bakımından bazı dezavantajları bulunmasına rağmen fosil yakıtlar günümüzde ilgi odağı olmaya devam etmektedirler.

Kömür, bitümlü şeyl, petrol gibi fosil yakıtlar grubu içinde bulunan doğal gaz, grubunun en temiz yakıtı olması nedeniyle özel bir ilgi görmektedir ve bu yüzden önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

Dünyada yaygın olarak enerji üretiminde, sanayide ve evlerde kullanılan petrol kökenli doğal gaz gibi, kömür kökenli doğal gazın da ekonomik olarak kullanılabilirliğini araştıran çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır. Başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere Çin, Avustralya, Polonya, İngiltere ve Almanya'da bu konuda önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkemizde TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi Yer Bilimleri Bölümü 1991 yılında kömür kökenli doğal gaz (Coalbed Methane) konusunda bir araştırma başlatmıştır. MTA Genel Müdürlüğü ve Türkiye Taşkömürü Kurumu işbirliği de sağlanarak Zonguldak Havzasındaki kömür kökenli doğal gazın oluşumu, göçü ve birikmesi araştırılmış ve sonuçta havzada gaz potansiyelinin varlığı ortaya konmuştur (Yalçın, 1993).

Doğal gazlar

Oluşum koşulları ve bileşimlerine göre doğal gazları üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar biyojenik kökenli doğal gazlar, mağmatik ve metamorfik kökenli doğal gazlar ile radyoaktif kökenli doğal gazlardır (Gedik, 1994).

Biyojenik kökenli doğal gazlar

Biyojenik kökenli doğal gazlar, organik maddenin biyolojik ve fizikokimyasal proseslerle hidrokarbonlara dönüşmesi sonucu oluşur. Bunlar; bataklik gazları, kömür kökenli gazlar, petrol kökenli gazlar, tuz tabakalarında oluşan gazlar ve çamur volkanı gazları olarak sınıflandırılır.

Bataklik gazları, eski ve yeni batakliklar ile delta ve alüvyonlarda görülür. Ülkemizde buna en güzel örnekler Bafra, Çarşamba ve Adana Ovalarıdır. Kömür kökenli gazlar, kömürü oluşturan bitkisel maddelerin turbiyelerde depolanarak bozulmasıyla oluşmaya başlar ve kömürleşme derecesi (rank) arttıkça gaz oluşumu artar. Buna en iyi örnek Zonguldak kömür havzasıdır.

Petrol kökenli gazlar, petrol oluşum prosesleri ile meydana gelir, bileşiminde ağırlıklı olarak bulunan metan yanında, metandan daha ağır hidrokarbonlar da içerir. Ülkemizde Hamitabat ve Çamurlu sahaları petrol kökenli doğal gazlara örnek olarak verilebilir.

Tuz tabakalarında oluşan gazlar azot, metan ve karbondioksit gazları olup ağır hidrokarbon içermezler. Petrol ve kömür sahalarında oluşan gazlar basınçları nedeniyle çatlak boyunca yüzeye çıkarlar. Çıkışları sırasında basınçları oranında killi malzemeyi yüzeye taşıyarak, çıktıkları noktada oluşan kraterleri çevresinde bir koni oluştururlar ve bu koni nedeniyle çamur volkanı olarak adlandırılırlar. Bileşiminde metan, karbondioksit, azot ve hidrojen sülfür bulunan bu gaza örnek olarak ülkemizde Muş Ovasında yıllardanberi çıkmakta olan gazlar gösterilebilir.

Mağmatik ve metamorfik kökenli doğal gazlar

Magmatik ve metamorfik kökenli doğal gazlar karbondioksit, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, azot gibi gazların yanında su buharı ve asal gazları da içerir. Ülkemizde Orta ve Doğu Anadolu'daki genç volkanlar ile Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayına bağlı değişik açılı faylar boyunca karbondioksit çıkışları yaygındır.

Radyoaktif kökenli doğal gazlar

Radyoaktivite nedeniyle oluşan gazlar olup başlıcası Helyum dur. Helyum, iki proton ile iki nötrondan oluşan bir çekirdeğe sahip asal gazdır. Helyum atmosfer, manto ve kabuk kökenli olarak meydana gelebilmekte ve bu köken izotop çalışmaları ile belirlenebilmektedir (Ercan ve diğ., 1994).

Kömür kökenli doğal gaz

Kömürleşme prosesleri ile oluşan ve kömürün moleküler yapısında adsorbe edilmiş olarak bulunan doğal gazın bileşiminde ağırlıklı olarak metan ile karbondioksit, oksijen, nitrojen, metandan daha ağır hidrokarbonlar (etan vb.), hidrojen, helyum bulunur.

Kömürleşme sürecinde vitrinit yansıma değeri %2 ye ulaşıncaya kadar ortalama olarak metan 63 - 157 cm³/gr, karbondioksit 63 - 157 cm³/gr, nitrojen ise 8 - 16 cm³/gr dir (Scott, 1993).

Kömür kökenli doğal gaz (metan) oluşum koşullarına göre ya biyojenik ya da termojenik olmaktadır. Biyojenik metan gazı, yüzeye çok yakın sulu ortamda bitkilerin bozuşması ile oluşan turba, linyit ve subbitümlü kömürler olarak isimlendirilen kömürleşme derecesi düşük kömürlerde meydana gelebildiği gibi, esas olarak kömürleşme derecesi yüksek olan bitümlü kömürler ve ant-rasitlerde oluşur. Kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerin oluşturduğu metan gazı ekonomik rezervler sunabilir.

Biyojenik kömür kökenli gaz (metan), oluşum açısından birincil ve ikincil olarak ikiye ayrılır. Birincil biyoje-

nik metan nispeten düşük sıcaklıklarda ve gömülme derinliklerinde (Rm %0.3) turbalardan oluşur. Bu metan denizel çökellerde gömülmeden kısa süre sonra oluşan biyojenik gaz ile büyük benzerlik göstermektedir (Rice, 1992). İkincil biyojenik metan ise meteorik suların kömüre nüfuz etmesi ile ortamda başlayan metabolik faaliyetler sonucu oluşur. Bu esnada gömülme ve kömürleşme tamamlanmış olup kömürün vitrinit yansıma değeri % 0.30 - 1.50 arasında bir değere ulaşmış ve hatta % 1.50 yi bile geçmiştir. Bu yüzden ikincil biyojenik metan ile birincil biyojenik metan oluşum açısından farklıdır (Scott, 1993).

Termojenik kömür kökenli gaz (metan) oluşumu da iki grupta değerlendirilir. Erken termojenik metan yüksek uçuculu bitümlü kömürlerden (Rm% 0.5 - 0.8) oluşur ve etan, propan ile hidrojen zengin kömürlerden türeyen diğer ıslak gaz bileşenlerini içerir (Scott, 1993). Termojenik metan oluşumu vitrinit yansıma değeri %0.74 olan kömürlerde gerçekleşir (Tang ve diğ., 1991). Kömür kökenli doğal gazın bileşimi, kömürleşme derecesi ile doğrudan ilgili olmakla beraber havzanın hidrolojisi de bunu kontrol eden ana faktörlerdendir (Scott ve Kaiser, 1991). Gazın bileşimindeki karbondioksitin önemli bir bölümü ilk kömürleşme süreci içinde oluşur ve kömürleşme arttıkça gaz oluşumu genellikle azalır (Scott ve diğ., 1994). Avustralya'da Sydney ve Bowen havzalarındaki Permiyen yaşlı bitümlü kömürlerde yapılan izotop çalışmaları karbondioksitin mikrobiyolojik indirgenmesinin geleneksel termojenik reaksiyonlardan daha çok, gazın bileşimi ile ilgili olduğunu göstermiştir (Smith ve Pallasser, 1996).

Kömürleşme proseslerinin ilk dönemlerinde kömürün üzerini örten tabaka ince ve geçirimli olduğundan oluşan gazın çok az bir kısmı depolanır. Kömürleşme proseslerine bağlı olarak sıcaklık, basınç yanında üzerindeki ve çevresindeki kayaçlar da geçirimsizleştikçe gazın büyük bölümü kömürde tutulmaya başlar. En fazla metan gazı oluşumu orta uçuculu bitümlü kömürlerden, düşük uçuculu kömürlere geçişte gerçekleşir. Bu sırada ortamın sıcaklığı yaklaşık 150°C dir.

Kömürün maseral bileşimi, kömürde adsorbe olacak metan gazı miktarı ile doğrudan ilgilidir. Vitrinitce zengin kömürlerde metan adsorpsiyonu genellikle yüksektir. İnertinit içeriği arttıkça metan adsorpsiyonu azalmaktadır (Lamberson ve Bustin, 1993).

Kömürleşme derecesi arttıkça kömürün bünyesinde bulunan su tedrici olarak tabaka dışına atılır. Yüksek uçuculu bitümlü kömürlerde su miktarı % 27 iken, orta uçuculu veya düşük uçuculu bitümlü kömürlerde su miktarı % 12 dir. Sonuç olarak kömürde oluşan metan gazı miktarının, kömür tabakasının yüzeyden derinliğine, kö-

mürleşme derecesine (rank) ve diğer jeolojik koşullara bağlı olduğu söylenebilir.

Rezerv tahmini

Konvansiyonel yöntemlerle üretilmesi planlanan gaz rezervi tahmini iki ayrı değerlendirme gerektirmektedir. Bunlar; yerinde gaz miktarı ve üretilebilecek gaz miktarıdır.

Yerinde gaz miktarının belirlenmesi

Yerinde gaz miktarı genellikle hacimsal hesaplamalar ile yapılır. Yerinde gaz miktarının hesaplanmasında iki önemli parametre vardır. Bunlar yerinde kömür miktarı ve metan içeriğidir. Metan içeriği, kömürde ton başına bulunan gaz miktarını ifade etmekte olup doğru bir rezerv tahmini yapılabilmesi için çok iyi hesaplanmalıdır. Metan içeriğini çeşitli yöntemler ile hesaplamak mümkündür (Elhiney, 1989).

1) Doğrudan gaz desorpsiyon ölçümleri: Kömür numunesinden açığa çıkan gaz miktarı olup laboratuvarında ölçülür.

2) Metan emisyon debisi: Kömür ocaklarında, çalışılan damarda açığa çıkan metanın ton başına miktarıdır.

3) Sorpsiyon-izoterm bağıntısı: Deneyimlere dayalı bağıntılar olup belirli sıcaklıklarda değişen basınçlar ile teorik olarak kömürün ton başına tutabileceği maksimum gaz miktarı ilişkisidir. Bu yöntem genellikle doğrudan gaz ölçümlerinin yapılamadığı durumlarda kullanılır. Her tip kömürün kendine özgü sorpsiyon-izoterm bağıntısı vardır. Sorpsiyon-izoterm bağıntısını sağlıklı olarak kullanabilmek için kömürün nem, kül, sabit karbon, uçucu madde miktarı ile basınç ve sıcaklık gradyanlarının önceden bilinmesi gerekmektedir. Bu parametreler gaz üretim aşamasında da çok önemlidir.

Üretilebilecek gaz miktarının belirlenmesi

Kömür yataklarından metan gazı üretimi, doğal gaz sahalarında yapılan sondaj ve benzeri çalışmalar ile gerçekleştirilmektedir. Ancak rezervuar üretim prosesleri açısından doğal gaz sahalarından büyük farklılıklar gösterdiğinden konvansiyonel üretim tahmin yöntemlerini burada kullanmak mümkün olmamaktadır.

Kömürde matriks boyunca difüzyon ile çatlaklardaki serbest gaz akışı üretimin gerçekleşmesinde çok önemli iki faktördür (Şekil 1). Metan gazı kömürde adsorbe olarak bulunduğu uzun süreli üretimlerde özellikle difüzyonun önemli bir parametre olduğu unutulmamalıdır (Smith ve Williams, 1984). Bununla beraber geçirimsizlik, statik rezervuar basıncı ve gaz desorpsiyon basıncı üretim üzerinde etkili olan diğer üç faktördür.

Kömür damarının kalınlığı ve içerdiği gaz miktarı, kömür kökenli doğal gaz rezervi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca geçirimsizlik, çatlak verimliliği ve akış kapasitesi diğer önemli faktörleri oluşturmaktadır.

Metan üretimi üç evrede olmaktadır. Birinci evrede, basınç düşmesi ile sadece suyun akışı söz konusudur. Tek fazlı akışın olduğu bu evrede su üretimi gerçekleşir. İkinci evre basınç düşmesine bağlı olarak oluşan desorpsiyon ile başlar. Bu evrede oluşan gaz kabarcıkları birbirleri ile bağlantılı olmadıklarından henüz akış gerçekleşemez. Yine sadece su hareketlidir ve gaz kabarcıkları su ile taşınmaktadır. Üçüncü yani son evrede, devam eden basınç düşmesi ile kritik gaz doygunluğuna erişilir, çatlaklardaki gaz serbest kalarak akışa geçer. Bu evrede su ile gazın birlikte akışı söz konusudur yani iki fazlı akış gerçekleşir. İki fazlı akışı iyi tanımlayabilmek için geçirimsizliğin iyi bilinmesi gerekmektedir (Remner, 1986 ve Gray 1987).

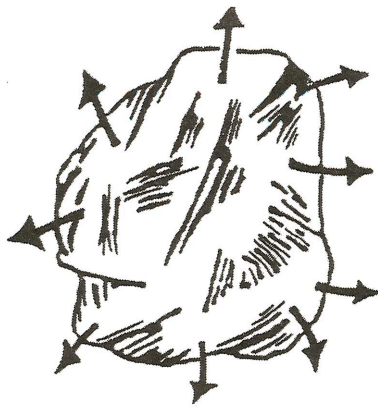
Özet olarak söylemek gerekirse ekonomik üretimi gerçekleştirmek için yeterli miktarda gaz, bu gazı alabilmek için yeterli geçirimsizlik, yeterli basınç, uygun sorpsiyon süresi gerekmektedir. Ayrıca izoterm karakteristiklerinin de iyi belirlenmesi çok önemlidir (Kuuskraa ve Brandenburg, 1989, Hughes ve Logan, 1990).

Dünyada kömür kökenli doğal gaz çalışmaları

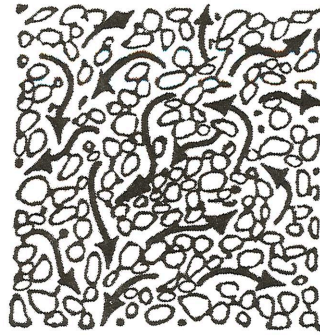
ABD'de kömür kökenli doğal gaz çalışmaları 1980'li yıllarda devlet tarafından da desteklenerek yoğun bir şekilde sürdürülmüştür. 1986 yılında sadece 378 metan üretim kuyusu açılmışken, bu sayı 1991 yılında 4443 olmuştur (Boyer, 1992). San Juan (New Mexico ve Colorado) ile Black Warrior (Alabama) bölgelerinde sondajlı üretim çalışmalarına 1990 ve 1991 yıllarında diğer havzalar da eklenmiştir. ABD'de de yeni sayılabilecek metan üretimi 1986 yılında $0.5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ iken, 1991 de $9 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ 'e ulaşmıştır (Boyer, 1992). Bugün için yıllık gaz tüketiminin sadece % 2'sini oluşturan metan üretiminin, 2000 yılında % 5-6'sını karşılaması planlanmaktadır (Baly, 1992).

ABD'de ispatlanmış metan rezervi $140 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, tahmin edilen üretilbilir metan rezervi $4.2 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$, jeolojik rezerv ise $11.3 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ dür.

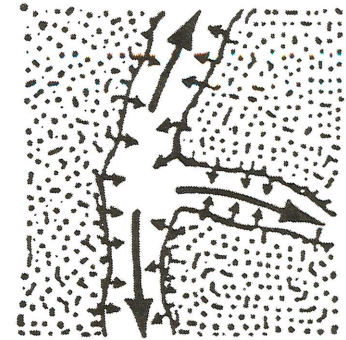
Son tahminlere göre Avrupa'da kömür kökenli doğal gaz rezervi (Bağımsız Devletler Topluluğu hariç) yaklaşık $8.5 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ dür (Boyer, 1992). Avrupa'daki taşkömürü yatakları tektonizma, derinlik ve damar özellikleri bakımından ABD'deki yataklardan büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle Avrupa ülkelerinde metan üretimi çalışmalarında ABD'de olduğu gibi ilerleme kaydedilememiştir.



**Kömür Yüzeyinde
Oluşan Desorpsiyon**



**Matriksin Mikrogözenekleri
Boyunca Oluşan Difüzyon**



**Makrogözenekler (Doğal Çatlak)
Boyunca Akış**

Şekil 1. Üretim mekanizmasının şematik görünümü

Almanya'da Saarland kömür sahasında 1960'lı yıllarda başlayan kömür kökenli doğal gaz çalışmaları, üretimde başarı sağlanamaması nedeniyle devam etmemiştir.

İngiltere'de de benzer çalışmalar BCC (British Coal Corporation) tarafından yapılmıştır (Boyer, 1992). Daha sonraları ara verilen çalışmalara, geliştirilen yeni teknolojiler ile Avrupa kömür ve çelik topluluğu'nun (European Coal and Steel Community- ECSC) sponsorluğunda araştırma projeleri ile yakın bir gelecekte yeniden başlanacaktır. Topluluğun enerji bölümü içinde yer alan Ticaret ve Sanayi Bölümü (Department of Trade and Industry) özellikle konvansiyonel olmayan bu gaz ve üretimi ile yakından ilgilenmekte ve büyük destek vermektedir.

Fransa'nın bugünkü enerji politikalarında fosil yakıtların önemi oldukça azdır (Daniel ve Jamieson, 1992). Ülkede kömür kökenli doğal gaz rezervlerine ilişkin resmi veriler bulunmamasına rağmen yaklaşık $0.3 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ olduğu tahmin edilmektedir (Crick, 1992). Terkedilmiş olan Nord-Pas de Calais kömür sahasında HBNPC ve Gaz de France (GdF) arasında bir proje yapılmıştır. Benzer şekilde HBCM şirketi çalışılmamış bir saha olan Cevennes havzasında (South Massif Central) bir proje oluşturulmuştur (Crick, 1992). Burada iki araştırma kuyusu ile yapılan testler sonucunda 1200 m derinlikte 10^9 m^3 metan gazı varlığı tahmin edilmektedir.

Belçika'da kömür sahalarının kapanmasından sonra gaz üretimine yönelik projeler gündeme gelmiştir (Daniel ve Jamieson, 1992). Hainaut havzasının Charleroi bölgesinde 1964 yılında kömür sahasının kapatılmasından sonra yaklaşık yılda 7 milyon m^3 , 8300 kcal/ m^3 ısı değere sahip metan gazı üretilmiştir. Söz konusu üretim düşük düzeyde gerçekleşmesine rağmen oldukça ekono-

miktir. Eğer üretim aynı seviyede tutulursa bölgedeki gaz potansiyelinin 25 yıl daha varlığını sürdüreceği tahmin edilmektedir (Dusar ve Verkaeren, 1992). Tüm Hainaut havzasının metan potansiyelinin 10^{12} m^3 olduğu tahmin edilmektedir. Yine yapılan bir çalışmaya göre açılacak olan 100 üretim kuyusu ile yılda ancak metan potansiyelinin % 1'i alınabilecek olup bu da Belçika'nın yıllık gaz tüketiminin % 10'unu oluşturacaktır (Dusar ve Verkaeren, 1992).

İspanya'da ise kömür yataklarındaki gazın üretimi ve kullanımı projesi hem ekonomik nedenlerden hem de jeolojik nedenlerden dolayı büyük destek görmektedir. Oluşturulan konsorsiyumun çalışma planına göre sondajlar 2000 m. derinliğe ulaşacak olup beklenen metan gazı potansiyeli 12 m^3/ton dur (Roever, 1992).

Polonya'da taşkömürü en önemli enerji kaynağıdır. Metan potansiyeli $3 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ olarak tahmin edilmektedir (Kruger, 1992). Ülkenin enerji potansiyeli Dünya Bankası ve EPA'nın (U.S. Environment Protection Agency) desteği ile Avrupa Topluluğu çevre standartlarına uygun olarak değerlendirilme kapsamına alınmıştır. Üst Silesian havzasındaki metan potansiyeli $1.5 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ olup, 1500 m derinlikte gaz içeriği 20 m^3/ton dur. Buna karşın Alt Silesian havzasının gaz içeriği 10 m^3/ton 'un altında olduğundan şu anda diğer saha kadar ekonomik görülmemektedir.

Eski Çekoslovakya'nın enerji üretiminin % 60'ı yerli taşkömüründen ve linyitten gerçekleştirilmektedir. Ost-ravan taşkömürü sahasında 1500 m derinlikteki 500 $\cdot 10^9 \text{ m}^3$ metan gazını çıkarmak için bir proje oluşturulmuştur.

Macaristan'da taşkömürünün gaz içeriği 15-40 m^3/ton olup metanın ticari olarak kullanımı konusunda araştır-

malar yapılmaktadır (Somos, 1992). Tahmin edilen gaz rezervi 1500 m derinlikte $85 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ dür. (Schneider, 1993). Kanada'lı enerji şirketi Fracmaster, Macaristan kömür şirketi Mecseki Szenbanyak ile Mecsek havzasında çalışma planları yapmaktadır.

Sonuç

Önümüzdeki yıllarda enerji gereksiniminin artacağı düşünülen ülkemizde, enerji temininde çeşitlilik ilkesi de gözetildiğinde, kömür kökenli doğal gaz yeni bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu kaynağın, daha verimli olarak işletilmesine yönelik yeni modellerin arandığı Zonguldak kömür havzasında bulunması ve fosil yakıtlar içinde çevre dostu olarak bilinmesi, kömür kökenli doğal gazı ülkemiz enerji gündemine sokmuştur.

Gerçekten, fosil yakıtlar içerisinde en az çevresel etkilere sahip olan metan gazı, üretilebildiği taktirde ülkemiz için çok büyük kazanç olacaktır. Ancak, bu araştırmada sözü edilen gerek rezerve gerekse üretime ait tüm parametreler özenle araştırılmalıdır.

Gelişmiş ülkeler için dahi oldukça yeni bir enerji kaynağı olan kömür kökenli doğal gaz, ülkemiz enerji projeksiyonlarında yer almalı, başlatılan çalışmalar ve araştırmalar uygulamaya yönelik projeler ile geliştirilmelidir.

KATKI BELİRTME

Bu araştırmadaki değerli katkılardan dolayı Tayfun Umucu'ya (TPAO) teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Baly, M., 1992, Bright future seen for "Fuel of Choice". Petroleum Economist 59, 2, 25-28.
- Boyer, C., 1992, Overview and analysis of coalbed methane. Presented at the conference on "Coalbed methane in Europe" on 20.5.1992 in London.
- Crick, J., 1992, Progress towards exploitation of coalbed methane in the Cevennes Basin. Presented at the "Workshop on the recovery and end-use of coalbed methane" in Katowice from 16-21.3.1992
- Daniel, M. and Jamieson, E., 1992, Coal production prospects in the European Community. IEA Coal Research 48, London.
- Dusar, M. and Verkaeren, P., 1992, Methane desorption in closed collieries-examples from Belgium. Presented at the "Workshop on the recovery and end-use of coalbed methane" in Katowice from 16-21.3.1992.
- Elhiney, J.E., 1989, Evaluation of coalbed methane reserves involves different techniques. Oil and Gas Journal, October, 30, 63-72.
- Ercan, T., Ölmez, E., Matsuda, J., Nagao, K., Kita, I., 1994, Kuzey ve Batı Anadolu'da sıcak ve mineralize sular ile içerdikleri gazların kimyasal ve izotopik özellikleri. Türkiye Enerji Bülteni c.1.s.2, Ankara.

- Gedik, A., 1994, Türkiye Doğalgazları. MTA Enerji Hammaddesi Etüt ve Arama Dairesi eğitim semineri, Ankara.
- Gray, I., 1987, Reservoir Engineering in Coal Seams. Part 1, The Physical Process of Gas storage and movement in coal seams, SPERE, February, 28-34.
- Hughes, B.D. and Logan, T.L., 1990, How to design a coalbed methane well. Petroleum Engineering International, May, 16-20.
- Kruger, D., 1992, Coalbed methane's potential in Poland and CSFR. Presented at the conference on "Coalbed methane in Europe" on 20.5.1992 in London.
- Kuuskräa, V.A. and Brandenburg, C.F., 1989, Coalbed methane sparks a New Energy Industry. Oil and Gas Journal, October 9, 49-56.
- Lamberson, M.N. ve Bustin, R.M., 1993, Coalbed Methane Characteristics of Gates Formation Coals, Northeastern British Columbia: Effect of Maceral Composition. AAPG Bulletin, V. 77, No. 12, P. 2062-2076.
- Remner, D.J., 1986, A Parametric study of the effects of coal seam properties on gas drainage efficiency. SPERE, November, 633-646.
- Rice, D.D., Clayton, J.L., Flores, R.M., Law, B.E., and Stanton, R.W., 1992, Some geological controls on coalbed gas generation, accumulation, and production, western United States. U.S. Geological Survey Circular 1074, p. 64.
- Roever, B., 1992, Coalbed Methane in Spain. Presented at the conference on "Coalbed methane in Europe" on 20.5.1992 in London.
- Schneider, T.H.A., 1993, Coal bed methane extraction. IEA coal research (in preparation), London.
- Scott, R.A., and Kaiser, W.R., 1991, Relation between basin hydrology and Fruitland gas composition, San Juan basin, Colorado and New Mexico Quarterly Review of Methane from Coal Seams Technology, v. 9, No. 1, p. 10 - 18.
- Scott, R.A., 1993, Composition and origin of coalbed gases from selected basins in the United States. The 1993 international coalbed methane symposium proceedings, V. 1, p. 207 - 216.
- Scott, R.A., Kaiser, W.R., and Ayers, W.B., 1994, Thermogenic and Secondary Biogenic Gases, San Juan Basin, Colorado and New Mexico- Implications for coalbed gas producibility. AAPG Bulletin, V. 78, No. 8 (August 1994), P. 1186 - 1209.
- Smith, D.M. and Williams, F.L., 1984, Diffusional Effects in the recovery of methane from coalbeds. Society of Petroleum Engineering Journal, October.
- Smith, W.J., and Pallasser R.J., 1996, Microbial origin of Australian Coalbed Methane. AAPG Bulletin, V. 80, No. 6 (June 1996), P. 891 - 897.
- Somos, L., 1992, Coalbed methane fuel in Mecsek Mountains. Presented at the "Workshop on the recovery and end-use of coalbed methane" in Katowice from 16-21.3.1992.
- Tang, Y., Jenden, P.D., and Teeman, S.C., 1991, Thermogenic methane formation in low rank coals - published models and results from laboratory pyrolysis of lignite, in D.A.C. Manning, ed., Organic geochemistry - advances and applications in the natural environment. Manchester University Press, p. 329 - 331.
- Yalçın, M.N., 1993, Kozlu-K20/G Kuyusunun Zonguldak Havzasındaki Bilgisayar Destekli Modelleme Çalışmalarına Katkısı. Kozlu-K20/G Araştırma Kuyusu, Workshop, Program ve Özler, TÜ-BİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Yer Bilimleri Bölümü, s.28.