

Kömür Kökenli Doğal Gaz

Coalbed Methane

M.Namık YALÇIN *

ÖZET

Alternatif enerji kaynaklarına duyulan gereksinim, çok yakın bir geçmişe kadar sadece bir sorun olarak görülen metan gazından, ekonomik olarak yararlanmayı gündeme getirmiştir. Bu konudaki temel yaklaşım, işletme sırasında açığa çıkan metandan yararlanmaktan çok, açılacak derin kuyularda kullanılacak uygun tekniklerin yardımıyla doğal gazın üretilmesidir.

Organik jeokimya alanındaki araştırmalar doğal gaz oluşumunun özelliklerini ortaya koymuş, bilgisayar destekli simülasyon teknikleri ise oluşumun modellenmesini mümkün hale getirmiştir. Kömür jeolojisinin klasik yöntemlerinin yanısıra, bu iki yeni yöntemin de kullanılmasıyla kömür havzaların doğal gaz potansiyelinin belirlenmesi olanaklıdır.

Bu bildiride kömür kökenli doğal gazın oluşum, göç ve birikmesine ilişkin özellikler ele alınarak, eldeki çok sınırlı verilerin yardımıyla Kuzeybatı Anadolu Havzası kömür kökenli doğal gaz potansiyelinin bir öndeğerlendirilmesi yapılmıştır.

ABSTRACT

Coalbed methane recognized for hundreds of years as a hazard to coal mining is now been considered as an unconventional energy resource for the last decade. The main approach here is not the usage of methane produced during the degasification of coal mines, but coalbed methane production from deep wells using suitable production techniques.

Basic research in the field of organic geochemistry has shown the details of the coalbed methane formation and computer-aided simulation methods enable modeling of methane formation in coal beds. With the help of these relatively new tools and using the classical methods of coal geology, the coalbed methane potential of coal basins can be investigated.

In this paper various aspects of formation, migration and accumulation of coalbed methane are discussed. Furthermore, a preliminary evaluation of the coalbed methane potential of the Northwest Anatolian Basin based on very limited data is presented.

Doç.Dr., Jeoloji Yük.Müh., TÜBİTAK, MBEAM, Yer Bilimleri Bölümü
41470 Gebze-KOCAELİ

1. GİRİŞ

Kömür madenciliğinin en önemli sorunlarından biri de üretim sırasında açığa çıkan metan gazının neden olduğu grizu patlamaları ile başa çıkabilmek olmuştur. Bu nedenle kömürle birlikte metan gazının da bulunduğu çok eskiden beri bilinmektedir. Bununla beraber bu şekilde bulunan metan çok yakın bir geçmişe kadar sadece bir sorun olarak görülmüştür. Son yıllarda alternatif enerji kaynaklarına duyulan gereksinim ve en önemlisi birçok önde gelen doğal gaz yatağının ana kayasının (kökeninin) kömür olduğunun anlaşılması, kömürle birlikte "bulunan doğal gazın ekonomik bir enerji kaynağı olarak gözetilmesine neden olmuştur. Bu tür doğal gaz yataklarına örnek olarak Federal Almanya Aşağı Saksonya gaz sahaları, Hollanda Groningen gaz sahası, Norveç kıyı ötesi gaz sahaları ile ABD'indeki San Juan, Northern Appalachian havzaları ve Kanada Alberta Havzası gösterilebilir.

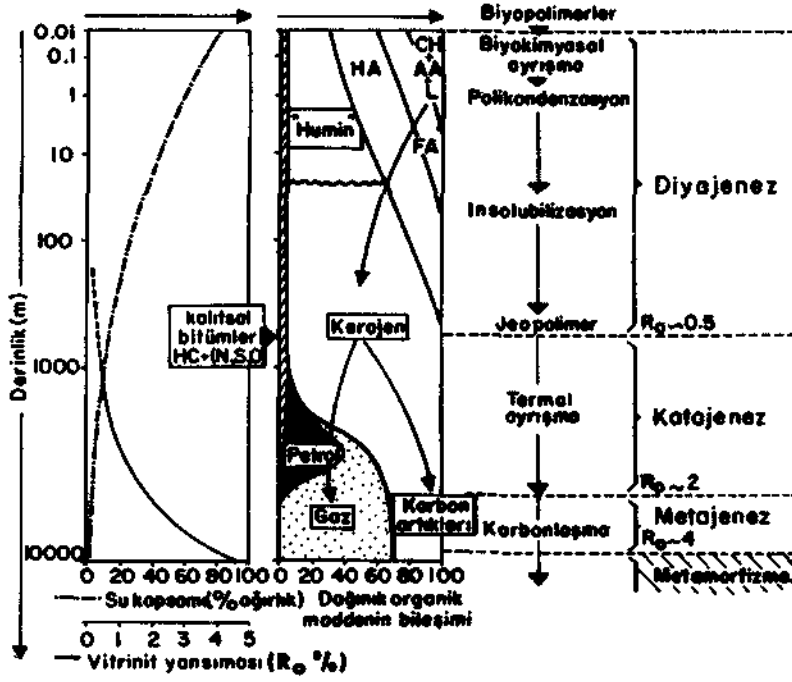
Konunun öneminin anlaşılmasının ardından önce ABD, ardından da birçok diğer ülke, ilgili ulusal kuruluşlarının yardımıyla büyük boyutlu araştırma ve uygulama programları başlatmışlardır. Bu araştırma çalışmalarının ilk sonuçları konunun önemini ve en önemlisi gerçekçiliğini doğrulamış bulunmaktadır (1-3).

Ülkemizin her türlü ve en önemlisi yerli enerji, kaynaklarına olan büyük gereksinimi ve ülkemizde elverişli olabilecek kömür yataklarının bulunuşu gözetilerek, bu çalışmada kömür kökenli doğal gazın oluşum, göç ve birikmesinin özellikleri ile Kuzeybatı Anadolu Havzası'nın olası potansiyeline ilişkin ilk değerlendirmeler sunulmaya çalışılacaktır.

2. DOĞAL GAZ OLUŞUMU

Petrol ve doğal gazın oluşumuna yönelik temel araştırmalar her ikisinin de çökel kayalar içerisinde bulunan organik maddenin sıcaklık ve zamanın ortak etkisi sonucunda geçirdiği bir dizi fiziko-kimyasal değişimler sonucunda oluştuğunu açıklıkla göstermiştir (4). Gaz oluşumunun kinetiği ayrıntıda incelendiğinde termojenik gazın, daha önce oluşmuş sıvı hidrokarbonların ve/veya doğrudan organik maddenin ısısız ayrışması sonucunda meydana geldiği görülür. Çökel kayalar olağan jeoloji süresi içerisinde giderek artan derinliklere gömüldüklerinden organik maddenin petrol ve doğal gaz oluşturması derinliğin bir fonksiyonu

olarak gösterilebilirse de, derinlik ekseninin sıcaklık/zaman integraliyle yer değiştirmesi gaz oluşumunun kinetiğine daha uygun olacaktır (Şekil 1).



CH: Karbonhidratlar HA : Humik asitler
AA: Amino asitler L : Lipidler
FA : Fulvik asitler HC : Hidrokarbonlar
N, S, O: N, S, O bileşimleri

Şekil 1- Organik maddenin genel evrim şeması. (Tissot ve Weite¹ den (4) değiştirilerek)

Oluşan gaz miktarı bir yandan da sıcaklık/zaman integralinin büyüklüğü ile denetlenir. Bir diğer tanımlama ile gaz yeterli miktarlarda organik madde içeren çökel kayalarının ki, bunlar ana (kaynak)kaya olarak adlanırlar, yeterli bir sıcaklıkta belirli bir süre kalması durumunda oluşmaya başlamakta ve sıcaklık ve/veya süre arttıkça önceleri gaz miktarı da artmaktadır. Belirli bir sıcaklığa ulaşıldığında ve bu sıcaklıkta belirli bir zaman geçtiğinde ana kayanın gaz potansiyeli

tükendiğinden gaz oluşumu sona ermektedir. Organik maddenin geçirdiği bu evrim genelde olgunluk olarak tanımlanmakta olup, herhangi bir ana kayanın gaz oluşturup oluşturmadığı, oluşturmuş ise miktarı ve geriye kalan gaz potansiyeli olgunluğun bir fonksiyonu olarak tanımlanabilmektedir.

Kömür klasik anlamda bir ana kaya olmamakla birlikte kimyasal bileşimi ve moleküler yapısı ana kayalar içersindeki organik madde (kerojen) ile çok benzerlidir. Özellikle karasal kökenli (humik) organik madde ile kömür arasında, kimyasal olarak hemen hiçbir fark bulunmamaktadır. Bu nedenle klasik ana kayalarda olduğu gibi, kömürden de artan sıcaklık ve zamanın etkisiyle gaz oluşması doğaldır.

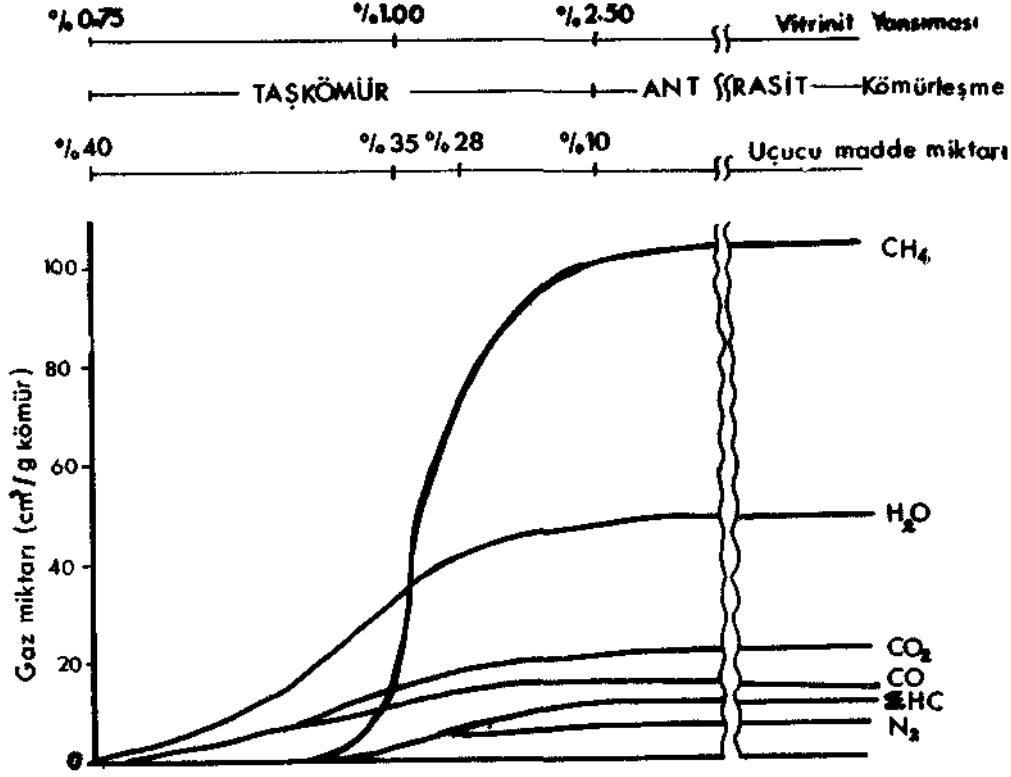
3. KÖMÜR VE DOĞAL GAZ

Bitkisel yığılımların turbadan başlayarak, linyit, taşkömürü evrelerinden geçmesi ve antrasit ve hatta grafit olarak sonuçlanan evrimleri kömürleşme olarak tanımlanır, Bu evrim sürecinde kömürün geçirdiği fiziksel ve kimyasal değişimler büyük ölçüde bilinmekte olup, bunlar kerojenin geçirdiği olgunluk evreleri ile korele edilebilmektedir (5). Bu nedenle kömüre bağlı doğal gaz oluşumu kömürleşme derecesinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Kömürlerin ısı değeri, nem oranı, uçucu madde miktarı, sabit karbon oranı, vitrinit yansıması gibi özellikleri kömürleşme derecesine bağlı olarak değiştiklerinden, bunlar kömürleşme derecesinin (olgunluğun) tayininde kullanılmaktadırlar.

3.1. Kömürden Doğal Gaz Oluşumu

Kömürleşme olayı sırasında başlıca metan, karbondioksit, nitrojen ve su oluşmaktadır. Metan oluşumunda başlıca iki mekanizma söz konusudur. Biyojenik ve termojenik metan oluşumu, Bitkisel kökenli organik maddenin kömürleşme sürecinin ilk aşamalarında, genellikle 50 C ye kadar olan sıcaklıklarda, mikrobiyolojik olarak ayrışması sonucunda biyojenik metan oluşumu gözlenir. Gerek miktarının azlığı, gerekse oluşan metanın birikebileceği bir rezervuar kayasının böyle bir ortamda bulunmayışı nedeniyle fosil biyojenik metan birikimleri çok ender olup, ancak çok hızlı çöken az sayıda-havzaya özgüdürler.

Çoğun artan gömülmenin sonucu olarak ulaşılan yüksek sıcaklık değerleri kömürleşme derecesinin artması ve termojenik gaz oluşumunun başlamasına neden olur. Gaz oluşumunun kinetiğine bağlı olmakla birlikte yaklaşık 55 C den itibaren karbondioksit, 100°C den itibaren de metan ve nitrojen gazları oluşmaya başlar. Artan kömürleşmeyle birlikte oluşan metan miktarı da artar (Şekil 2).



Şekil 2- Kömürleşme sürecinde oluşan çeşitli gazların kümülatif miktarları (Jüntgen ve Klein'den (6) değiştirilerek).

Oldukça yüksek sıcaklıklara kadar metan oluşumunu gözlemek mümkündür. Kömürleşme süreci içerisinde oluşan metan miktarı çeşitli araştırmacılar tarafından laboratuvar deneyleri yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

Saptanan değerler 223 ile 100 cm CH₄/gr kömür arasında değişmektedir.
3

Son araştırmaların ışığında gr kömür başına 100 cm dolayındaki bir değer daha gerçekçi olduğu ortaya konmuştur (4,6,7). Kömürleşme derecesi gözetilerek bir değerlendirilmenin yapılması durumunda, kömürden doğal gaz oluşumunun % 0.8 lik vitrinit yansımaya karşılık gelen bir kömürleşme derecesinde başladığı ve gaz oluşumunun % 2.0 lık vitrinit yansımaya değerine karşılık gelen kömürleşme derecesine kadar sürdüğü görülür.

3.2. Doğal Gaz Birikmesi ve Kömür

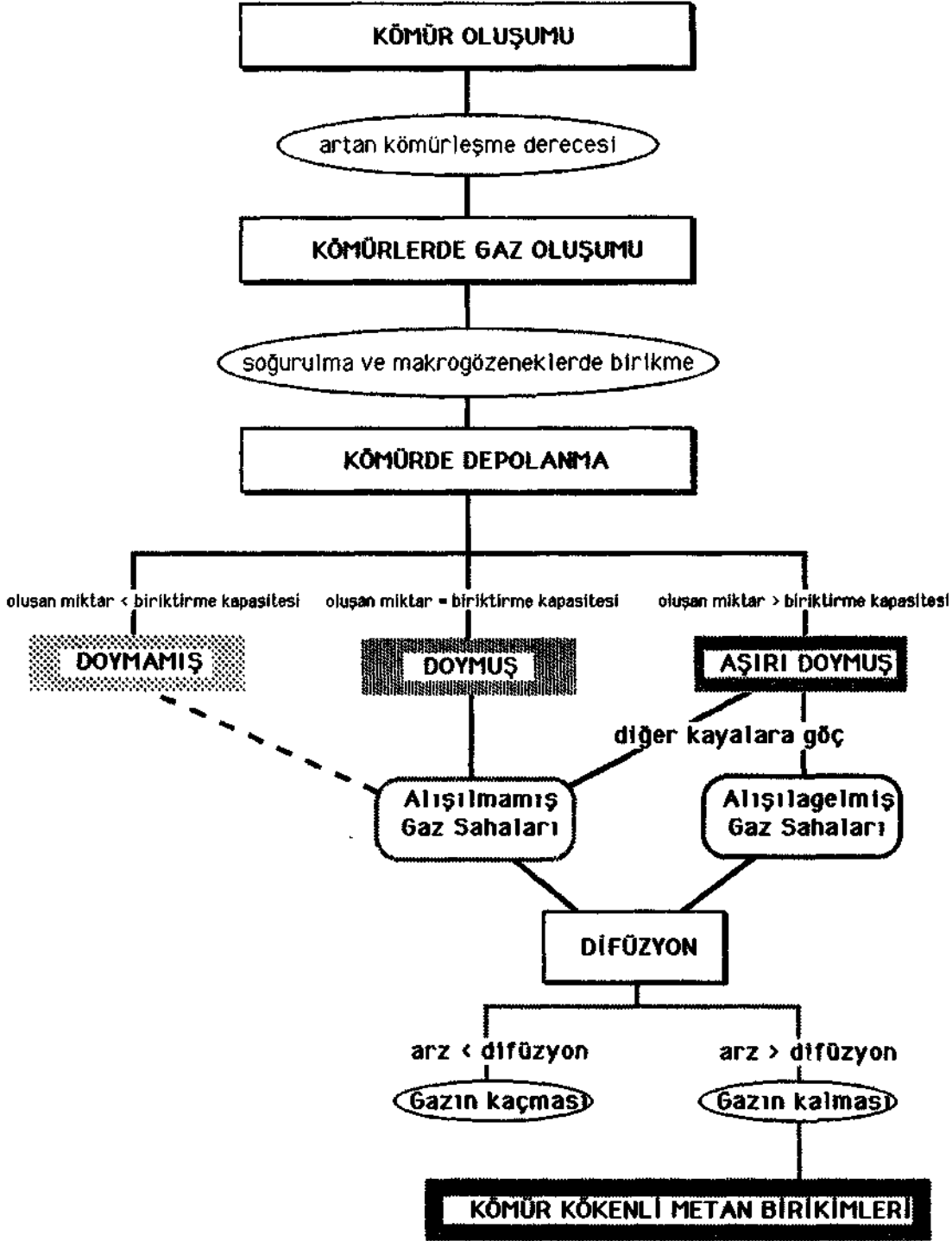
Olağan petrol ve doğal gaz ana kayalarının tersine kömür, özgün gözeneklik yapısı ve olağanüstü yüksek soğurma (absorpsiyon) yeteneği nedeniyle, oluşturduğu gazı aynı zamanda kapanlama özelliğine de sahip bulunmaktadır. Kömür içerisinde kapanlanmış metan üç şekilde bulunur. 1) Organik yüzeylerde (kömür yüzeyinde) soğurulmuş gaz molekülleri olarak 2) gözenek ve çatlaklar içerisinde serbest gaz fazı şeklinde 3) gözenek ve/veya çatlak suyu içerisinde erimiş olarak. Kömür içerisinde gazın kapanlanmasında en etkili olan mekanizma soğurulmadır. Bu nedenle gözeneklik ve buna bağlı iç yüzey alanı soğurulan gaz miktarını kontrol eden parametrelerdir. Daha doğru bir tanımla gözenek boyutlarının dağılımı soğurulan veya serbest kalabilecek gazın miktarını belirlemektedir. Kömürlerde gözenek dağılımını araştıran çalışmalar, gözeneklerin büyük bir çoğunluğunun mikro gözenekler olduğunu (çapı 20-8 A) göstermiştir (8,9). Çok küçük olan bu gözenekler toplam gözenekliği düşük kömürlerde bile iç yüzeyin çok geniş olmasının başlıca nedenidir. Soğurulan gaz miktarı iç yüzeyin yanısıra basınçla da kontrol edilmektedir. Artan basınçla birlikte soğurulabilen gaz miktarıda artmaktadır. Bunun yanısıra kömürleşme derecesi de soğurma yeteneğiyle doğru orantılıdır (10). Bunlara bağlı olarak kömürde gram kömür başına

3
na 10-35 cm gazın soğurulması mümkündür. Bir diğer tanımlama ile oluşan toplam gazın yaklaşık % 30 unun kömür içerisinde kapanlanması söz konusudur. Oluşan gaz miktarı kömürün soğurma kapasitesinin üzerine çıktığı durumlarda, bu gaz bir ölçüde formasyon suyu içerisinde erimekte, fakat çoğunlukla serbest gaz olarak gözenek ve çatlaklarda birikmeye başlamaktadır. Serbest gazın kömür içerisinde birikebilmesi doğru dan birincil ve ikincil gözeneklilik ve sızdırmazlığı sağlayacak bir örtü kayanın bulunmasıyla denetlenir. Belirli zonlar dışında serbest

gazın birikebileceği birincil gözenekliliğin çok küçük oluşu yüzünden serbest gaz daha çok kırık ve çatlaklara bağlı ikincil gözeneklerde birikir. Serbest bir gaz fazının oluşmasıyla birlikte göç (migrasyon) olayı başlar. Eğer etkili bir örtü kaya veya özel hidrodinamik koşullar söz konusu değilse, serbest gaz oluştuğu ortamı terkederek taşıyıcı katmanlar yardımıyla birikebileceği bir hazne kaya içersine doğru hareket etmeye başlar. Bu hareket klasik petrol ve gaz kapanlarının bulunduğu kesimlere kadar sürer. Gaz fazı halindeki hareketin yanısıra difüzyon da migrasyon sırasında önemli bir rol oynamaktadır (11¹²). Difüzyon yoluyla göç,oluşmuş gaz sahalarından bile önemli ölçüde gaz kayıplarına neden olabileceğinden;difüzyon,kömür kökenli gaz potansiyelinin belirlenmesinde ayrıntılı araştırılması gereken bir konudur. Serbest gaz fazı ve difüzyon yoluyla gerçekleşen göç sonucunda klasik gaz sahalarının oluşması da beklenir. Uygun rezervuar kayalarının bulunması ve klasik kapanların mevcudiyeti halinde kömürden türeyen gazın çevredeki komşu kayalar içersinde birikmesi ve alışıl gelmiş gaz sahalarını oluşturması olasıdır. Bu nedenle kömür kökenli gaz potansiyelinin sadece kömürden yapılabilecek üretimle sınırlı olmayacağı gözletilmelidir. Kömür kökenli doğal gazın oluşumundan birikmesine kadar geçirebileceği evreler Şekil-3 de gösterilmiştir.

3.3. Oluşum, Göç ve Birikmede Zamanın Önemi

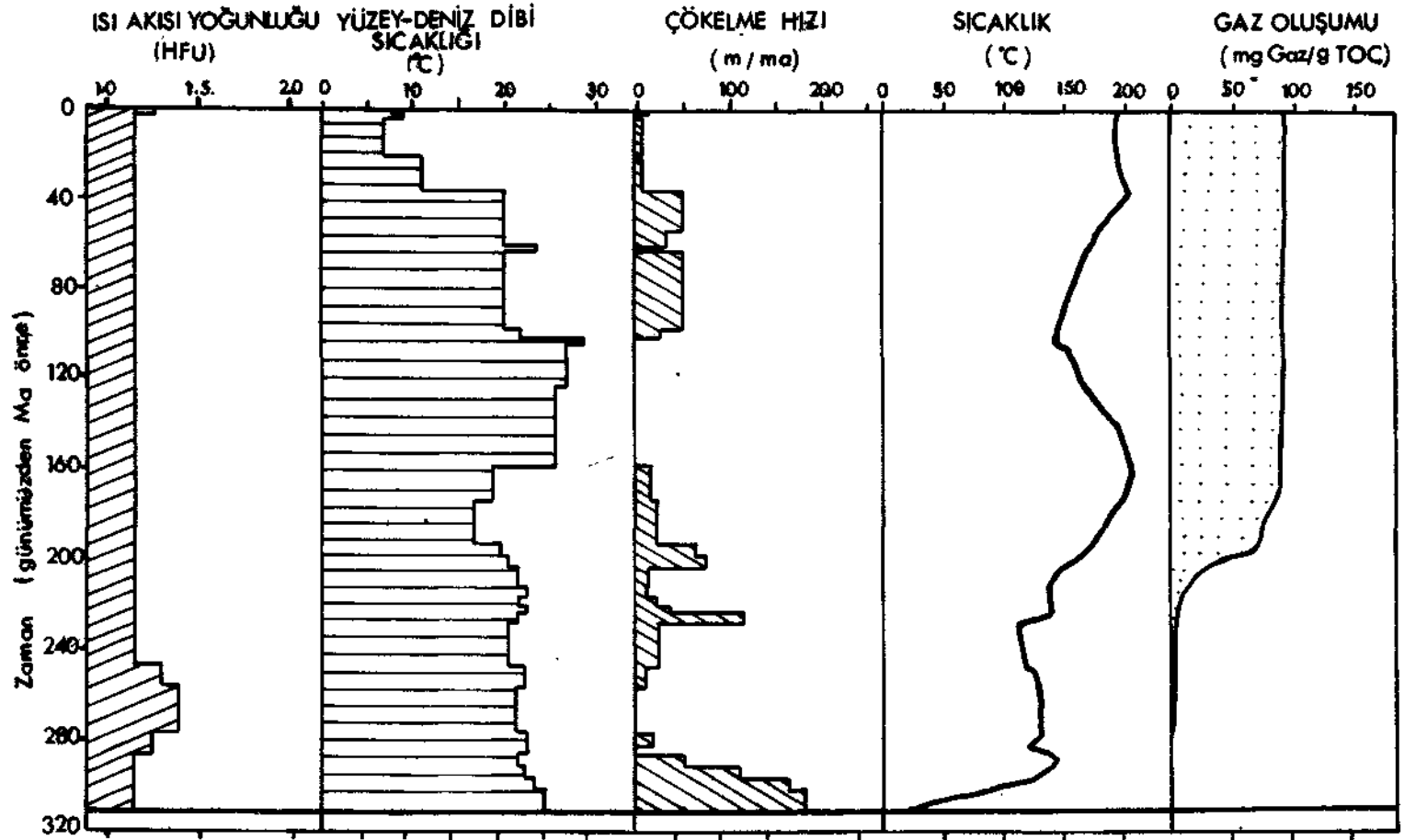
Doğal gaz potansiyelinin saptanmasında en önemli parametrelerden biri de çeşitli süreçlerin zamana bağlı değişimleridir. Bir diğer tanımlama ile uygun yöntem ve/veya yöntemler kullanılarak kömür kökenli doğal gazın oluşma ve göç zamanının bilinmesi, bu potansiyelin doğru olarak belirlenebilmesi için gereklidir. Kömürden doğal gaz oluşumunun kömürlü birimlerin sıcaklık evrimi ve kömürün kinetik özellikleriyle denetlendiği çok sayıda araştırmacı tarafından gösterilmiştir (13-15). Kömürden doğal gaz oluşumunun reaksiyon kinetiğine ilişkin parametreler (aktivasyon enerjisi, Arrhenius katsayısı ve dönüşüm oranı) artan sıcaklıklarda gerçekleştirilen piroliz tekniği yardımıyla saptanabilmektedir (16,17). Kömürlü birimlerin sıcaklık evriminin gerçekçi bir şekilde ortaya konması ise daha karmaşık bir problemdir. Çok yaygın olarak kullanılan jeotermik gradyan yaklaşımının ancak çok özel hallerde doğru sonuçlar verdiği, çoğu kez yanlış ve eksik değerlendirmelere



Şekil 3. Kömür kökenli doğal gazın oluşumundan birikmesine kadar etkili olan mekanizmalar ve sonuçları.

neden olduğu bilinmektedir (18). Bunun temel nedeni herhangi bir birimin sıcaklık evriminin zamana bağlı bir enerji dengesi sonucunda oluşmasıdır. Enerji dengesi, sisteme dahil olan ve sistemi terkeden ısı miktarı ile sistemin ısıyı depolama ve iletme yetenekleriyle denetlen- diğinden sınır koşullarındaki değişiklikler sistemin sıcaklığını doğru- dan etkilemektedir. Bu anlamda ısı akısı yoğunluğu, yüzeysıcaklıkları, çökelme (gömölme) hızı, litoloji, gözeneklik gibi parametreler ile bunların zaman ve uzay boyutundaki değişimleri, sistemdeki herhangi bir birimin sıcaklık evrimini belirlemektedir. Bunun sonucu olarak jeotermik gradyanın hem zamanın bir fonksiyonu hem de derinliğin bir fonksiyonu olarak değişmesi söz konusudur. Değişimlerin boyutları ile dinamiği statik bir yöntem olan jeotermik gradyan yaklaşımının yetersiz kalışının temel nedenidir.

Son yıllarda jeolojide yaygın olarak kullanılmaya başlayan nümerik simülasyona dayalı modelleme çalışmaları çökel havzalarında ısı trans- ferinin düz çözüm yöntemiyle hesaplanmasına, imkan vermektedir (19-21). Şekil 4 de Federal Almanya Aşağı Saksonya Havzasının belirli bir bölgesindeki VestfaliyenA birimi için bu yöntemle hesaplanmış sıcaklık evrimi ve bu hesaplamada kullanılan belli başlı input para- metreleri gösterilmiştir (20). Vestfaliyen A birimi, Vestfaliyen sonu- na kadar önce hızla gömülerek 140 C lik bir sıcaklığa ulaşmıştır. Ancak sonraki aşınma dönemleri, artan ısı akısı yoğunluğuna rağmen birimin sıcaklığında düşmelere neden olmuş, kısa süreli çökelme dönemlerinde ise Vestfaliyen sonunda erişilmiş 140 C lik sıcaklığa erişilememiştir. Ancak, Triyasta başlayan ve geç Jura öncesine kadar kesiksiz süren çökelme (gömölme) sıcaklığın artarak 200 C yi geçmesini sağlamıştır. Sıcaklık daha sonraki aşınma dönemi nedeniyle tekrar düşmüş ve günü- müze kadar bir daha bu sıcaklık değerine ulaşamamıştır. Hesaplanan bu sıcaklık evrimi ve kinetik bir yaklaşım kullanılarak gaz oluşumu model- lendiğinde, gazın günümüzden 220 Milyon yıl önce oluşmaya başladığı ve bunu izleyen 60 Milyon yıl içersinde olugumur tamamlandığı görülür. Son 160 Milyon yıl esnasında potansiyelin tüketilmiş olması nedeniyle gaz oluşmamıştır (Şekil 4). Gaz oluşumunun zamana bağlı gelişiminin bilinmesinin gerek göç, gerek difüzyon ve gerekse birikme olaylarının değerlendirilmesine katkısı son derece açık olduğundan bunun önemi ay- rıca ele alınmayacaktır.



Şekil 4- Aşağı Saksonya (Fed.Almanya) havzasının belirli bir kesiminde Vestfaliyen A birimi için bilgisayar destekli modelleme yöntemiyle belirlenmiş sıcaklık ve gaz oluşumunun evrimi ile modellemede kullanılan bazı input parametrelerinin zamana bağlı değişimleri.

4. KUZHEYBATI ANADOLU HAVZASI

Kuzeybatı Anadolu Havzasındaki Karbonifer yaşlı birimler içerisinde bulunan kömür damarlarının özellikleri ve bölgede işletme sırasında grizu patlamalarına sıkça rastlanması gözletildiğinde, havzadaki kömürlerin doğal gaz oluşturdukları ve bu gazın bir ölçüde kömür içerisinde birikmiş olduğu sonucuna varılabilir. Ancak, oluşum ve birikmenin boyutlarının saptanabilmesi için şu özelliklerin ayrıntılı olarak araştırılması gerekmektedir:

- a) Havzadaki kömürlerin miktar ve yaylımlarının saptanması,
- b) Kömürlerin organik jeokimyasal özellikleri ile kömürleşme derecelerinin belirlenmesi,
- c) Kritik kömürleşme derecesine ulaşmış kömürlerin miktar ve yaylımlarının saptanması,
- d) Gaz oluşumunun başlangıç ve bitiş zamanlarının ve gelişme sürecinin modelleme çalışmalarının yardımıyla ortaya konması,
- e) Göç, birikme ve difüzyon süreçlerinin değerlendirilmesi ile buna bağlı olarak havzanın yapısal ve stratigrafik özellikleri ile kömürlerin soğurma kapasitesi, gözenek yapısı, kırık gözenekliği ve bunların dağılımının ortaya konması.

Kömürle birlikte bulunan kiltası, silttaşı gibi ince taneli kırıntılı kayalar organik maddece zengin olduklarından bunların da gaz oluşturma potansiyelleri vardır. Kumtaşı, konglomera gibi kaba kırıntılı düzeyler ise oluşan gazın birikebileceği hazne kayalarını oluşturmaktadır. Bu nedenle, havzanın kömüre bağlı doğal gaz potansiyelinin araştırılması, kömürün yanısıra yantaların da benzer amaçlar doğrultusunda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kuzeybatı Anadolu Havzasındaki çalışmalar maden işletmeciliği çevresinde yoğunlaştığından, eldeki bilgi birikimlerinin doğrudan bu özel amaç için kullanılabilmesi sınırlı olarak mümkündür. Bu nedenle bu aşamada sadece çok genel bir yaklaşım yapılabilecektir.

Kuzeybatı Anadolu Havzasındaki 1988 yılı itibariyle yaklaşık 185.0 Milyon tonu görünür, 417.5 Milyon tonu muhtemel ve 765.5 Milyon tonu mümkün olmak üzere toplam 1368 Milyon ton kömür rezervi bulunmaktadır. Bilinen rezerve ait kömürlerin 1/3 ünün ton başına 100 Std m³ metan

oluşturdukları varsayılırsa, toplam 46.7×10^9 Cr Std m bir metan oluşumu söz konusudur.

Havzadaki kömürlerin soğurma kapasitesine ilişkin ölçümler 2 ölçüm ile sınırlıdır. Bu nedenle bir genelleştirme yapılamayacağından literatürdeki değerlerin ışığında (8-10) ton kömür başına 15 m^3 metanın soğurulabileceği varsayılmıştır. Toplam 1368 Milyon tonluk kömür rezervinden sadece yarısının bu kapasiteye sahip olduğu varsayılırsa, 10.26×10^9 Std m metanın kömür içerisindeki mikrogözeneklerde birikmiş olabileceği görülür. Geriye kalan 36.44×10^9 Std m 3 bir ölçüde yine kömür içerisindeki kırık ve boşluklara bağlı ikincil gözeneklerde ve/veya çevre kayalar içerisinde birikebileceği gibi, göç sırasında veya birikmenin ardından difüzyonla kaybolmuş olabilir. Tutucu bir yaklaşımla bunun $1/5$ nin korunabildiği varsayılırsa, 7.3×10^9 std m lük bir miktar ortaya çıkar. Kömür içerisinde absorplanmış metan ile birlikte, havzada 17.5×10^9 std m 3 metanın bulunabileceği sonucuna varılır. Maden işletmeciliği açısından ilginç olmayan çok ince damarlar ile derin kömür damarları da gözetildiğinde bu miktarın önemli ölçüde artması doğaldır. Bu hesaplama tümüyle spekülatif olup, sadece potansiyelin boyutlarını göstermek amacıyla yapılmıştır. Havzanın doğal gaz potansiyelinin gerçekçi bir yaklaşımla hesaplanabilmesi ancak bu bölümün girişinde belirtilmiş araştırma çalışmalarının Kuzeybatı Anadolu Havzası için gerçekleştirilmesinin ardından yapılabilecektir.

5. SONUÇLAR

Kömüre bağlı doğal gazın oluşum, göç ve birikmesinin nitelikleri ve Kuzeybatı Anadolu Havzasındaki işletilen kömürlü birimlerin sınırlı da olsa araştırılmış özellikleri gözetildiğinde, havzanın kömüre bağlı bir doğal potansiyelinin bulunduğu sonucuna varılabilir. Ancak bu özel amaca uygun verilerin yetersiz oluşu nedeniyle, bu potansiyelin boyutları ile işletilmesine yönelik sorunların ortaya konabilmesi bu aşamada mümkün olmamıştır. Havzadaki kömür ve yantaşlar içerisindeki klasik ana kayaların miktar ve yayılımları ile bunların gaz oluşturma potansiyellerinin saptanması için organik jeokimya araştırma çalışmaları tamamlandığında, ayrıca havza gelişiminin modellenmesiyle gaz oluşumu ve göçünün zaman içerisindeki gelişimi ortaya konduğunda, bu potansiyelin boyutları saptanabilecektir.

Kömür kökenli doğal gazın, teknik nedenlerle işletilmesi mümkün olmayan ince ve/veya derin kömürlerden dolayı olarak yararlanmayı sağladığı, doğal gaz üretiminin çevre kirlenmesine hemen hemen hiç zarar vermediği, araştırma çalışmalarının kömür işletmeciliğinin korelasyon, damarların metan içeriğinin önceden kestirilmesi, metan drenajı gibi sorunlarına da katkıda bulunacağı gözetildiğinde, kömür kökenli doğal gaz potansiyelinin belirlenmesine yönelik araştırma çalışmalarının, doğrudan uygulamaya aktarılabilmesi ve ekonomik yararlar sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. RIGHTMIRE,C.T.,Coalbed Methane Resource, in:Coalbed Methane Resources of the United States, Rightmire,C.T., Eddy,C.E. and Kirtz,J.N., AAPG Studies in Geology Series # 17, 1984,p.1-14.
2. HEDEMANN,H.A., Energierohstoffe im Oberkarbon Nordwestdeutschlands, Erdöl-Erdgas, 101.Jg., Heft 4, 1985, p.106-112.
3. TOPUZ,E. ve LUCAS,J.R., İşletilemeyen kömür damarlarında metan potansiyeli, yeni bir enerji kaynağı, Uluslararası Kömür Teknolojisi Semineri, İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 1983, p.81-93.
4. TISSOT,B.P. and WELTE,D.H., Petroleum Formation and Occurrence, Springer, Berlin, 2nd ed., 1984, 699 pp.
5. TEICHMULLER,M., Application of coal petrological methods in geology including oil and natural gas prospecting, in:Stach,Th.,Mackowsky,M. Teichmüller,M., Taylor,G.H., Chandra,D. and Teichmüller,R., (eds), Textbook of Coal Petrology, Berlin, Stuttgart, Borntrager, 1982, p.381-413.
6. JUNTGEN,H, and KLEIN,J., Entstehung von Erdgas aus kohligen Sedimenten; Erdöl, Kohle, Erdgas, Petrochemie, Vol.28, 1975,p.65-73.
7. WELTE,D.H., SCHAEFER,R.G. and YALÇIN,M.N., Gas Generation from source rocks:Aspects of a quantitative treatment; Chemical Geology, Vol.71, 1988, n.105-116.
8. GAN,H., NANDI,S.P. and WALKER,P.L., Nature of porosity in American coals;Fuel, Vol.51, 1972, p.272-277.

9. DEBELAK,D.A. and SCHRODT,J.I., Comparison of pore structure in Kentucky coals by mecrucy penetration and carbon dioxyde absorption, Fuel, Vol.58, 1979, p.727-736.
- 10.KtM,A.G., Estimating of methane content of bituminous coalbeds from absorption data, U.S, Bureau of Mines Report of Investigations No.8245,1977, 22 pp.
- 11.LEYTHAEUSER,D., SCHAEFER,R.G. and POOCH,H., Diffusion of light hydrocarbons in subsurface sedimentary rocks, Am.Assoc.Pet.Geol. Bull., Vol.67, 1983, p.889-895.
- 12.KROOSS,B.M., LEYTHAEUSER.D. and SCHAEFER.R.G., Light hydrocarbon diffusion in a caprock; Chemical Geology, Vol.71, 1988, p.65-76.
- 13.JÜNTGEN,H. and KARWEIL,J., Gasbildung and Gasspeicherung in Steinkohlenflözen, Part I and II, Erdöl and Kohle, Vol.19, 1966, p.251-258 and p.339-344.
- 14.JÜNTGEN,H. and van HEEK.K.H., Gas release from coal as a function of rate of heating, Fuel, Vol.47, 1968, p.103-117.
- 15.TISSOT,B. and ESPITALIE.J., L'Evolution Thermique de la Matière Organique des Sediments. Applications d'une Simulation Mathématique, Rev.Inst.Fr.Pet., Vol.30, 1975, pp.743-777.
- 16.UNGERER,P. and PELET.R., Extrapolation of the kinetics of oil and gas formation from laboratory experiments to sedimentary basins, Nature, Vol.327, 1987, p.52-54.
- 17.BRAUN,R.L. and BURNHAM.A.K., Analysis of chemical reaction kinetics using a distribution of activation energies and simpler models, Energy Fuels, Vo.1, 1987, p.153-161.
- 18.YALÇIN,M.N. and WELTE.D.H., The thermal evolution of sedimentary basins and significance for hydrocarbon generation, Bul,I.Türk.Pet. Geol., Vol.1, No.1, 1988, p.12-26.
- 19.SHARP,Jr.,J.M. and DOMENICO,P.A., Energy transport in thick sequences of compacting sediments, Geol.Soc.Am.Bull., Vol.87, 1976, p.390-400.
- 20.WELTE,D.H. and YÜKLER,M.A., Petroleum origin and accumulation in basin evolution—a quantitative model, Am.Assoc.Pet.Geol.Bull., Vol.65, 1981, p.1387-1396.

21. WELTE, D.H. and YALCIN, M.N., Basin modelling - a new comprehensive method in petroleum geology, in: Advances in Organic Geochemistry 1987, Mattavelli, L. and Novelli, L. (eds), Org. Geochem., Vol. 13, Nos. 1-3, 1988, p. 141-151.
22. WELTE, D.H., MESSNER, J.H., HEYNISCH, S., YALÇIN, M.N., DOHMEN, L. and SCHMITT, K.J., Das Erdgas-potential NW-Deutschlands oberkarbonischen Ursprungs- Teil I: Geologische Randbedingungen, Konzeptmodell und 1-D Simulation von 21 Schlüssel Bohrungen, Integrated Exploration Systems (I.E.S.) GmbH, Jülich 1987, 104 pp. (yayınlanmamış)

