

ENERJİ DENİZİ KARADENİZ

Karadeniz, 2005 yılını çok hareketli geçirdi! Önce Mayıs ayında, Batı Karadeniz'de Akçakoca açıklarında doğalgaz üretimine geçilebileceği bulgusu, ardından da Doğu Karadeniz'de petrol umudu... Uzmanlara göre, denizlerimiz petrol ve doğalgazın varlığı açısından umut vaat ediyor. Özellikle Karadeniz Havzası'nın petrol ve doğalgaz açısından potansiyeli, jeolojik ve jeofizik veriler ışığında, sık sık bilimciler ve burada arama etkinliklerinde bulunan araştırmacılarca dile getiriliyor. Kısacası, Karadeniz'de, yakın gelecekte çok zengin petrol yataklarına ulaşacağı umudu var. Uzmanlara Karadeniz'de petrol ve doğalgaz bulunduğu düşündüren bir başka etken de, Rusya, Ukrayna ve Romanya gibi çevre ülkelerde, denizde açılan kuyularda petrol üretimi yapılması.

Denizlerimizdeki bir başka değerli kaynak, su ve metan gazının uygun ısı ve basınç koşullarında kristalleşmesiyle moleküler düzeyde birleşmesiyle oluşan gazhidratlar. Araştırmalar sonucunda, Karadeniz'de gazhidrat olu-

şumlarının varlığı saptanmış durumda. Akdeniz ve Marmara'da da gazhidratların varlığı biliniyor. Teknolojik kısıtlılıklar nedeniyle gazhidratların ekonomik açıdan değerlendirilmesi henüz mümkün olmasa da, karasularımızda yer alan gazhidrat yataklarının, doğalgaz üretiminde birincil enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi söz konusu olabilir. Denizlerdeki petrol ve doğalgaz arama ve üretim etkinliklerinin gittikçe daha derin sulardaki alanlara yönelmesi sonucu, arama ve üretim maliyetlerinin gittikçe artması ve bunun petrol fiyatlarına yansımaları, günün birinde gazhidrat yataklarının ekonomik bir seçenek olarak devreye girmesini sağlayabilir.

Tüketimimiz, Üretimimizden Daha Fazla

2004 yılında, ülkemizde 13 yerli ve 20 yabancı şirket, 322 arama, 70 işletme ruhsatıyla etkinliklerini sürdürmüş. 2005 yılındaysa, bu şirketlerin

toplam sayısı 34'e yükseldi, etkinlikler, 335 arama, 70 işletme ruhsatıyla sürdürüldü. Türkiye'de bugüne kadar 1227 arama kuyusu açılmış; 103 petrol sahası, 28 doğalgaz sahası keşfedilmiş. Bu sahalarda gerçekleştirilen petrol üretimi, 123,4 milyon ton; doğalgaz üretimi ise 7,4 milyar metreküp. 2004 yılında yerli üretimin, gereksinimi karşılama oranı % 7 oldu. Öte yandan, 2005 yılının başında, Türkiye'nin üretilebilir hampetrol rezervlerinin 39,2 milyon ton, doğalgaz rezervlerininse 6,8 milyar metreküp olduğu tahmin ediliyordu. 2004'te, doğalgaz tüketimimizin 22 milyar metreküp, petrol tüketimimizinse 30 milyon ton olduğu dikkate alınırsa, bu rakamların yetersizliği de açıkça ortaya çıkıyor. Ülkemizin petrol gereksinimi çok büyük oranda ithalata karşılanıyor. Petrol ve doğalgaz bakımından ülkemizin potansiyeliyse, uzun yıllardır yapılan arama çalışmalarına karşın bugün hala tam olarak ortaya çıkarılmış değil.

Ülkemizin petrol ve doğalgaz potansiyeli denince akla ilk olarak, ulusal pet-

rol şirketi, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) geliyor. TPAO, sürekli artan petrol ve doğalgaz gereksinimizi karşılamak amacıyla, yurtiçinde ve yurtdışında arama ve üretim etkinlikleri yürütüyor. 2006 yılında 450 milyon YTL bütçesi bulunan TPAO'nun programında, bu yıl içinde 45 yeni sondaj kuyusu yer alıyor. Böylece, varolan ve çalışmaların sürdürüldüğü kuyularla birlikte, açılan kuyu sayısı 70'i bulacak. Amaç, Türkiye'nin yurtdışına bağımlılığını azaltmak. 2004 yılında vizyonunu ve misyonunu yenileyerek, Türkiye'nin henüz arama yapılmamış bölgelerine, özellikle de denizlere yönelerek büyük bir sıçrama gerçekleştirdi.

Karadeniz'deki Petrol ve Doğalgaz Araştırmaları

TPAO, denizlerimizin henüz keşfedilmemiş hidrokarbon potansiyelini araştırmak ve ortaya çıkarabilmek amacıyla, son yıllarda özellikle Karadeniz'deki arama faaliyetlerini yoğun bir biçimde ve yüksek teknolojiler kullanarak sürdürmekte. 2004 yılında belirlenen olası petrol ve doğalgaz alanları-



nın olgunlaştırılması, yenilerinin araştırılması ve önümüzdeki yıllarda yalıtılması düşünülen projelere temel oluşturacak biçimde daha fazla saha verisinin toplanması amacıyla, 2004 yılında 12.841 kilometrelik iki boyutlu (2D) ve 205 kilometrekarelik üç boyutlu (3D) sismik veri toplanmış ve çalışmalar hala sürüyor.

TPAO'nun kurduğu işbirlikleriyle son yıllarda, Karadeniz'de petrol ve doğalgaz aranmasına büyük yatırımlar yapıldı. Bu yatırımların meyvelerini vermeye başladığı görülüyor. Arama çalışmalarında elde edilen olumlu sonuçlar, daha şimdiden Karadeniz'in dünya çapında ilgi odağı olmasını sağladı. 2005 yılında da TPAO, dünya devi petrol şir-





Petrol ve doğalgaz araştırmacılığı, farklı alanlardan uzmanların bilgi birikimine başvurularak yürütölen, karmaşık ve güc bir süreç. Keşif aşaması, hidrokarbonlar içerme potansiyeli bulunan jeolojik yapıların belirlenmesi için, jeolojik, jeofiziksel ve sismik verilerin toplanmasını, bunların değerlendirilmesini içerir. Fotoğraflar, TPAO'nun yürüttüğü petrol ve doğalgaz arama çalışmalarının çeşitli aşamaları sırasında çekilmiş.

ketleriyle görüşmelerini sürdürdü. Arama yatırımlarının artırılması, yatırım risklerinin paylaşılması, bölgelerimizdeki hidrokarbon potansiyelinde daha fazla pay sahibi olunabilmesi ve yeni teknolojilerin ölkemize transfer edilebilmesi amacıyla, yabancı petrol şirket-

leriyle yapılan ortak petrol arama anaşmaları çerçevesindeki etkinliklere hız verilmiş durumda. TPAO, Toreador, BP, Chevron-Texaco ve Anadarko gibi şirketlerle oluşturulan ortak projeler çerçevesinde, 2004 yılından bu yana, Karadeniz'in hem sığ, hem de derin ke-

simlerinde çalışmalarını yoğun bir biçimde sürdürüyor. Araştırmalar sonucunda, Karadeniz'in tabanı altındaki yapıların önemli ölçüde haritalandığı belirtiliyor. Yürütölen projelerin ana hedefi, Karadeniz'de petrol ve doğalgazın varlığını jeolojik ve jeofizik veriler-

Nasıl Bulunuyor?

Petrol ve doğalgaz arama, birçok farklı etkinlik içerir ve farklı alanlardan uzmanların birikimine başvurulmasını gerektirir. Kabaca, öncelikle belli bir yerde petrol bulunma olasılığı saptanır. Keşif, hidrokarbonlar içerme potansiyeli bulunan jeolojik yapıların belirlenmesi için, jeolojik, jeofiziksel ve sismik verilerin toplanmasını, bunların değerlendirilmesini içerir. Kayaçların, petrol oluşumuna uygun olup olmadığı belirlenir. Yeryüzünde, yerkabuğu hareket ettikçe ortaya çıkan farklı jeolojik özelliklere sahip çeşitli bölgeler var. Bu bölgelerden bazılarında, daha büyük ve daha fazla sayıda petrol yatağı bulunur. Kimi hazne kayaçlarında, petrol daha çok havuzlar halinde toplanmıştır; çıkarılması daha kolaydır. Kimilerindeyse kayaçların içine yayılmış durumdadır. Örneğin Ortadoğu'daki petrol yatakları hem sayıca fazladır, hem de büyüktür; buradaki hazne kayaçları da petrolü havuzlar halinde tutar.

Kimi hazneler, yeryüzünden yalnızca 30 - 40 metre derinlikte olabilir. Kimileri yüzlerce, hatta binlerce metre derindedir. Denizlerdeki arama ve üretim çalışmalarının bazıları, deniz yüzeyinin binlerce metre altındaki deniz tabanlarının binlerce metre derinliklerinde yürütölüyor.

Yeryüzüne yakın büyük petrol kapaıları, bulunması en kolay olanlar. Dünyanın üretim yapılan tüm bölgelerinde, bu tür doğalgaz ve petrol yataklarının büyük oranda bulunmuş olduğu ve birçoğunda 1960'lar ve 70'lerden bu yana üretim yapıldığı söylenebilir. O zamanlardan bu yana, petrol endüstrisiyle birlikte petrol arama ve üretiminde kullanılan yöntemler de büyük ölçüde gelişti. Örneğin, 3 boyutlu (3B) sismik teknolojisi gibi gelişmiş yöntemler sayesinde, eskiden olsa bulunamayacak özellikte alanlar bugün belirlenebiliyor. Yeni teknolojiler, yalnızca yeni petrol ve doğalgaz alanlarının daha kolay bulunmasını değil; keşfedilen haznelerde daha fazla üretim yapılmasını da sağlıyor.

Sismik veriler, doğaı ya da suni olarak yaratılan titreşimlerin, kayalar içerisinden geçerken



uğradığı değişimlerin kaydedilmesiyle elde edilir. Bunun için, patlayıcılarla ya da bir ağırlık dūřürölerek ses dalgası oluşturulur. Bu dalgaların yeraldından yansıyıp yeryüzüne dönüş zamanı, belirli şekilde düzenlenmiş "jeofon" adı verilen özel aygıtlarla alınır ve kayıt merkezine gönderilir. Atış noktasıyla jeofonlar arasındaki uzaklık, yeraldında inilmek istenen derinliğe bağlı olarak değişir. Deniz sismiğinde, içinde bu iř için tasarlanmış donanımlar bulunan özel gemiler kullanılır. Kaydedilen sismik veriler bilgisayar programları yardımıyla işlenerek çeşitli yan etkilerden arındırılır, kalitesi artırılır ve kesitler halinde çizilir. Bu kesitler, eldeki yüzey ve kuyu jeolojisi verilerinin de yardımıyla uzmanlarca yorumlanır. Sismik alışmalar, gereksinime göre iki boyutlu ya da üç boyutlu görüntüler elde etmek üzere tasarlanır. Sahada yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalarda toplanan bilgiler değerlendirildikten sonra, hazne oluşumuna uygun şartlar bulunan yerlerde sondaj yapılmasına karar verilir. Ancak,

belli bir yerde petrol bulunup bulunmadığı, sondaj yoluyla anlaşılabilir. Hazne kayaçlarının gerçekten hidrokarbon içerip içermediğinin ölçülebilmesi için bir keşif kuyusu açılarak sondaj yapılır. Sondajda olumlu sonuçlar alınırsa, bulunan petrol ya da doğalgazın ekonomik değer test edilir; daha fazla sondaj yapılarak petrol haznesinin boyutları belirlenmeye çalışılır. Sonra, sıra üretim kuyularının açılmasına gelir. Çıkarılan petrol ve doğalgazın başka yerlere taşınabilmesi için, toplanacağı merkezi noktalara boru hatları döşenir. Petrol ve doğalgaz, kayaçların gözeneklerinden ve çatlaklardan akarak üretim kuyusuna ulaşır. Tüm bu etkinlikleri kapsayan iř kollarında yapılan yatırımlar, büyük sermaye gerektirmeleri ve petrolün bulunup bulunmayacağı başta belirsiz olduğundan büyük riskler taşır. Öte yandan, son yıllardaki teknolojik gelişmelerin belirsizliklerin azalmasına ve sermayenin daha verimli kullanılmasına bir ölçü katkıda bulunduğu söylenebilir.



le ortaya koymak. Karadeniz'de bugüne kadar gerçekleştirilen en kapsamlı sismik veri toplama çalışmalarını da yürüten TPAO, denizlerde uzun yıllardır yürüttüğü yoğun çalışmaların meyvelerini almaya başladı.

Akçakoca'da Doğalgaz, Hopa'da Petrol

Şu sıralar, Akçakoca'daki doğalgaz kuyularında, rezerv geliştirme çalışmaları için yoğun yatırımlar yapılıyor. Uzmanlar, Akçakoca'da, Trakya'daki doğalgaz sahalarının tümünde gerçekleştirilenden daha fazla üretim yapılacağı tahmin ediliyor. TPAO, Madison Oil Turkey şirketiyle kurduğu ortaklıkta, Batı Karadeniz'de 12 millik alan içinde arama etkinliklerini sürdürüyor. 2002 yılında jeolojik saha etüd çalışmalarısıyla başlayan arama etkinliklerinde, 1275 kilometrelik iki boyutlu sismik veri toplanmış. Yoğun arama çalışmaları sonucunda, Temmuz 2004'te, Romanya'dan getirilen Prometeu platformuyla, Ayazlı-1 kuyusunda sondaja başlanmış. Bu kuyuda, üç ayrı düzeyde ekonomik değerde gaz gelişti.



Geçtiğimiz yılın sonlarına doğru, TPAO'nun Akçakoca'daki doğalgaz arama platformunda çökme olduğu yönünde haberler yayımlandı. Ancak, bu kazada devrilenin, medyada yer aldığı gibi bir sondaj ya da üretim platformu değil, doğalgaz çıkış borusunu destekleyen ayaklar olduğu açıklandı. Uzmanlar, Akçakoca açıklarındaki kuyularda doğalgaz keşfinin ardından, üretim için gerekli çalışmalara geçildiğini anlatıyorlar. Gaz borularının dik durmasını sağlayan üç bacaklı yapı sistemlerinin monte edilmesi sırasında yaşanan söz konusu kazada, 120 santimetre çapındaki üç bacakta oluşan 80 metrelik yapı devrilerek deniz tabanında yan yatmış. TPAO'dan yapılan açıklamada, bu kuyuda doğalgaz akışı bakımından hiç bir sorun yaşanmadığı; kuyulardan elde edilecek doğalgazın akışını kontrol eden vana sisteminin deniz tabanından daha derinde olduğu, herhangi bir gaz sızıntısının söz konusu olmadığı belirtildi. Kazadaki kayıplarla ilgili sigorta işlemlerinin de tamamlandığı; kayıpların sigorta tarafından karşılandığı; programda herhangi bir gecikme ya da üretim kaybı olmadığı belirtildi.

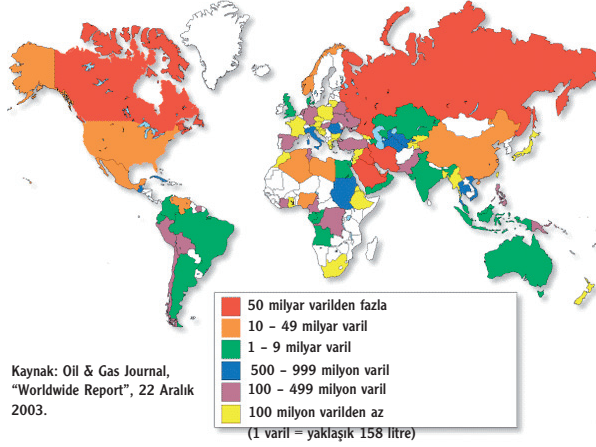
ğü ve sahanın kalanında da arama, üretim-geliştirme ve sondaj çalışmalarına yönelik etkinliklerin sürdüğü bildiriliyor.

Ayazlı-1'in ardından, 2005'te açılan Akkaya-1, Akkaya-2 ve Ayazlı-2 kuyularında da, ekonomik açıdan değerli doğalgaz keşfi yapılmış. Denizde, 205 kilometre uzunluğunda bir alanda toplanan sismik verilerin değerlendirilmesi, sondaj ve üretim kuyularının planları, bu kuyularda üretim ve gaz satışlarına yönelik ayrıntılı mühendislik çalışmaları ve kullanılacak yapıların tasarımı yapılmış. 2006 yılının sonlarına doğruysa, burada doğalgaz üretimine geçilmesi planlanıyor.

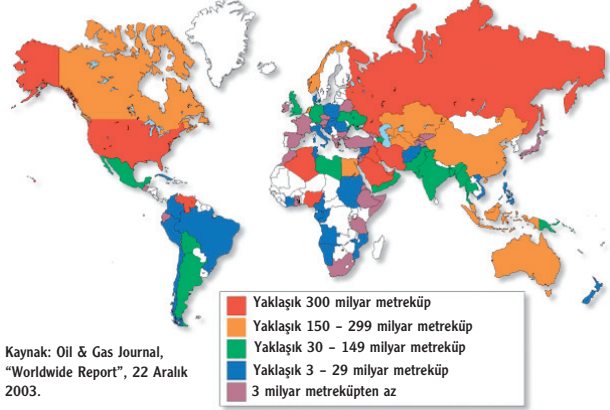
Öte yandan, 2005 Temmuz'unda TPAO, BP'yle ortaklaşa yürüttüğü çalışmalar sonucunda, Doğu Karadeniz'de Hopa açıklarında ilk derin deniz sondaj kuyusunu açtı. Burada, TPAO'yla BP'nin ortaklaşa yürüttüğü çalışmalar, Aralık 2001'de imzalanan ortaklık anlaşması çerçevesinde sürüyor. 2002 yılında, 8498 kilometrelik bir şeritte, iki



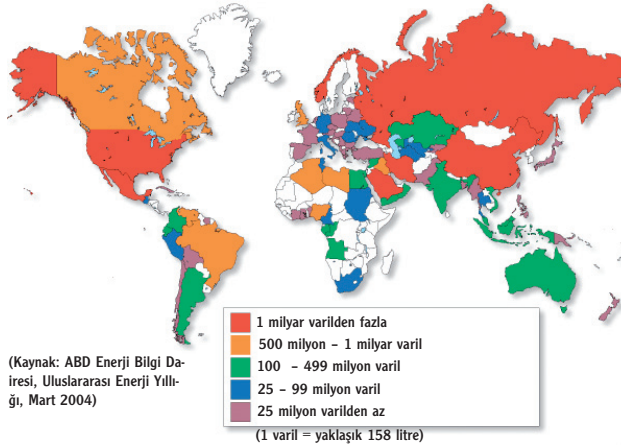
Dünya Petrol Rezervleri (2004)



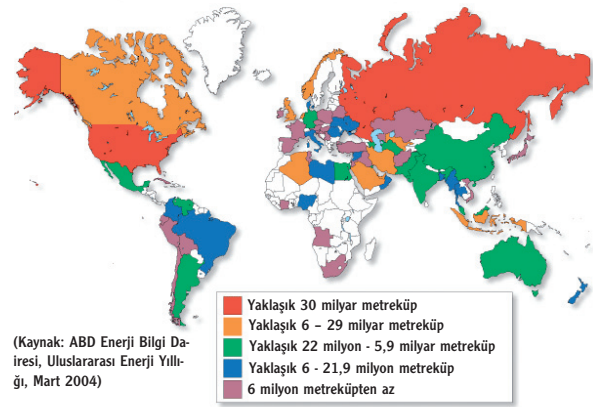
Dünya Doğalgaz Rezervleri (2004)



Dünya Petrol Üretimi (2002)



Dünya Doğalgaz Üretimi (2002)



Küresel Üretim ve Tüketim: Bugünkü tüketim göz önüne alındığında, yeryüzündeki doğal gaz rezervlerinin, dünyanın 60 - 70 yıllık gereksinimi karşılamaya yeteceği hesaplanıyor. Petrole gelince, birçoklarıncı, kanıtlanmış petrol rezervlerinin dünya nüfusunun 40 yıllık ham petrol gereksinimini karşılamaya yeteceği tahmin ediliyor. Bu arada, -bu konu her ne kadar tartışmalı da olsa- yeni petrol ve doğal gaz alanları bulunabilir, ya da günümüz teknolojisiyle çıkarılmayan kaynaklardan yararlanma-ya sağlayacak yeni teknolojiler geliştirilebilir.

boyutlu (2D) sismik veriler toplanmış. 2004 yılında, 2003 yılında toplanan 1161 kilometrekarelik üçboyutlu (3D) sismik verinin değerlendirilmesine başlanmıştır. 2004 Kasım ayında, ilk sondajın Hopa açıklarında yapılmasına karar verilmiştir. Hopa'nın seçilme nedeni, bura-

nın Doğu Karadeniz'in genelinin hidrokarbon potansiyeli konusunda bilgi ve rebilecek bir yer olması. Bunlar olurken, bir yandan da sondaj çalışmalarında kullanılacak sondaj kulesinin seçimi için çalışmalar yürütülmüştür. En sonunda, Meksika Körfezi'nde Global Santafa

adlı şirkete ait Explorer adlı sondaj gemisi Karadeniz'e getirilerek sondajlara başlanmıştır. TPAO-BP ortaklığıyla arama yapılan alandaki jeolojik yapıların Gürcistan açıklarına doğru uzaması nedeniyle, bu alanda arama yapan Anadarko firmasıyla TPAO ve BP arasında, Mart

Petrol ve Doğalgaz Oluşumu

Petrol ve doğalgazın kökeni, günümüzden yüzlerce milyon yıl önce yaşamış tekhücreli canlıların kalıntılarına dayanıyor. Bu kalıntılar, ince taneli tortullarla birlikte deniz tabanına çökmüş, ve çökeltiler, katmanlar halinde birikmişti. Jeolojik hareketler, bu katmanların bir bölümünün yer kürenin derinliklerine gömülmesine neden olmuştu. Zamanla, organik maddeler, üzerlerindeki çökeltilerin ağırlığıyla sıkıştı; artan basınç ve sıcaklığın etkisiyle tortullar kayaçlara, organik maddelere petrole dönüştü. Petrole dönüşen organik maddeleri içeren bu kayaçlara, kaynak kayaçları adı veriliyor. Petrol ve doğalgaz, kaynak kayaçların gözeneklerinde, damlacıklar ve gaz kabarcıkları ola-

rak bulunuyordu. Milyonlarca yıl içinde, derinlerdeki kayaçlardaki petrol ve doğalgaz, kayaçların içindeki çatlaklardan ve birbirine bağlı gözeneklerden sızarak, basıncın daha düşük olduğu ortamlara göç etti. Bir bölümü, yeryüzüne sızdı; ancak çok daha büyük oranlarda daha ileri göç etmelerini önleyen, geçirgen olmayan kayaçlar gibi engellerin altında birikti. Bu oluşumlara, "hazne" adı veriliyor. Petrol haznelerindeki petrol, kimilerince sanıldığı gibi "göl" halinde değildir. Haznedeki petrol ve doğalgaz, kumtaşı ve kireçtaşı gibi geçirgen ve gözenekli kayaçların gözeneklerinde bulunur. Petrolü bir sünger gibi tutan hazne kayaçları, kendisi için bir "kapan" oluşturan gözeneksiz katmanların arasına hapsolmüştür. Haznelerin birçoğunda petrol, doğalgaz ve su bir arada bulunur. Özkütletlerine bağlı olarak, en üstte doğalgaz, altında petrol, en altta da su bulunur. Ancak, sıvı/kayaç özellikleri ve çözünürlük gibi pa-

rametreler, bu sıralanmayı kısıtlayabilir.

Petrol sözcüğünün kökeni, Latince'de "taş" anlamına gelen "petra"yla, "yağ" anlamına gelen "oleum" sözcüklerine dayanıyor. Petrol sözcüğünü, (benzin, gazyağı, motorin, motor yağı gibi) belli bir yakıt değil, doğal halde bulunan ve yeraltından çıkarılan ham petrol için kullanıyoruz. Petrol, belli hidrokarbonların farklı oranlarda karışımından oluşur; ancak belli bir bileşeni yoktur. Hidrokarbonlar, karbon ve hidrojenin uygun bileşimleriyle oluşan, metan, etan, propan, butan ve benzerleridir. Bunlar bir araya gelerek, parafin bazlı, asfalt bazlı, petroler gibi farklı petrol tiplerini oluştururlar. Petrol kuyusundan gelen petrole "ham petrol" adı verilmesi de, bu maddenin, aslında benzin, kerosen, asfalt, parafin gibi, farklı yoğunlukta hidrokarbonlardan oluşmasıdır. Ham petrolün rafine edilmesi de, farklı hidrokarbonların birbirinden ayrılması demektir.



Haritada, yeryüzünün gaz hidrat birikimlerinin bulunduğu belli başlı bölgeleri görülmüyor. Gaz hidratlar, permafrost bölgelerde ve okyanus tabanlarındaki kıta sahanlıklarının kenarlarında yaygın olarak bulunuyor. Karadeniz de gaz hidratların yaygın olarak görüldüğü yerlerden biri.

2005'te bir ortaklık anlaşması imzalanmış. Bu yeni ortaklıkta, TPAO'nun %13,5'lik payı bulunuyor. Doğu Karadeniz'de yürütülen bu projenin TPAO açısından önemi büyük. Çünkü, Hopa-1 kuyusundaki sondaj çalışmaları, Doğu Karadeniz'in hidrokarbon potansiyelinin belirlenmesinde anahtar rol oynayacak. Bu projede, Karadeniz'deki ilk ve en önemli derin deniz sondajı gerçekleştirilmiş oluyor. Proje, kapsamı ve maliyetleri açısından olduğu kadar, stratejik önemiyle de dikkat çekiyor. Burada elde edilecek olumlu sonuçlar, Karade-

niz'in başka alanlarında da önemli adımlar atılabileceğini sağlayacak.

Gaz Hidratlar

Petrol ve doğalgaz rezervlerinin sınırlılığı göz önüne alındığında, yakın gelecekte insanların yeni bir enerji kıtlığıyla karşılaşma olasılığı olduğu açık. Bu nedenle yeni enerji kaynakları arayışına giren petrol ve doğalgaz endüstrisinin hedeflerinden biri, son yıllarda anlaşılmaya başlayan bir madde olan "gaz hidratlar". Gaz hidratlar,

düşük moleküler ağırlıklı gazların, katı haldeki su moleküllerinden bir kafes içine hapsolmesiyle oluşuyor. Yüksek basınç ve düşük sıcaklık koşullarında oluşan gaz hidratlar, permafrost bölgelerde ve okyanus tabanlarındaki kıta sahanlıklarının kenarlarında çok yaygın bir biçimde bulunuyor. Gaz hidratların yaygın olarak bulunduğu bölgelerden biri de Karadeniz. Gaz hidratların bileşiminde, etan, propan, bütan gibi hidrokarbonlar ya da karbondioksit ve hidrojen sülfür gibi hidrokarbon kökenli olmayan gazlar da bulunabilir de, hidrat oluşturan gazların en yaygını metan. Yeryüzündeki metan hidrat birikimlerinin hacminin 3 katrilyon metreküple, 30 katrilyon metreküp arasında olduğu tahmin ediliyor. ABD Enerji Bakanlığı'ndan araştırmacıların hesaplarına göre, yeryüzündeki metan hidrat yataklarının yalnızca % 1'i bile değerlendirilebilse, bu, dünyadaki tüm doğalgaz rezervlerinin toplamından daha fazla enerji kaynağı demek. Ancak, sanıldığı kadar bol bulunuyor olsa bile, en azından şimdilik, bu kaynaklardan ekonomik değeri yüksek metan elde etmenin bir yolu henüz yok. Yine de, başta Japonya olmak üzere, kendi fosil yakıt kaynakları bulunmayan ya da sınırlı olan ülkelerde, metan hidratlarla ilgili araştırma-geliştirme programları bulunuyor. Son 30 yılda, Karadeniz'de Rus araştırmacılarca düzenlenen birçok araştırmada, burada, deniz tabanının yüzeyine yakın bölümlerinde büyük metanhidrat birikimleri olduğu ortaya konmuş.

Ülkemizdeki Gaz Hidrat Araştırmaları

Ülkemizde de, sayıları az da olsa, gaz hidratlar üzerinde çalışmalar yürüten araştırma grupları var. Karadeniz'de karasularımız içindeki gaz hidratlarla ilgili ilk kapsamlı çalışmalardan biri, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Mustafa Ergün ve arkadaşlarınca 2000 yılında, TÜBİTAK desteğiyle yürütülen bir proje. 2001 yılında, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü'nden Mahmut Parlaktuna ve T. Erdoğan da, Karadeniz'deki gaz hidrat miktarının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlar.

Doğalgaz Boru Hatları

Doğalgaz da petrol gibi sondaj kuyuları açılarak çıkarılıyor. Kullanılabilmesi için belli işlemlerden geçmesi gerekiyor. Doğalgazın yapısında, değişen miktarlarda etan, propan ve bütan gibi hidrokarbonlar bulunur. Ayrıştırma işlemlerinin bir bölümü, gaz çıkarılır çıkarılmaz kuyuların başında yapılır. Bazı işlemler içinse, gazın, yüzeyde döşenmiş boru hattıyla en yakın işleme sahasına taşınması gerekir. Doğalgazın yaygın bir biçimde kullanımını, doğalgaz taşımacılığında kullanılan teknolojilerin geliştirilmesine borçluyuz. Doğalgazın bir yerden bir yere taşınmasında genellikle boru hatları kullanılıyor. Bunlar, genellikle 60 - 120 cm çaplı, özel borulardır; çok uzak mesafelerde 140 cm çaplı borular da kullanılır. Özellikle denizlerin altından geçmek üzere tasarlanan boru hatları, çok derinlere gömülecek ve her türlü olumsuz etkiye karşı koyabilecek donanımda tasarlanıyor. Gazın dağıtım noktasından varacağı yere kadar olan uzaklığa göre, boru hattı üzerinde belli aralıklarla "kompresyon" (sıkıştırma) istasyonları kurulur. Uzaklık, boru hatlarının planlanmasında önemli bir etkidir. Uzaklık arttıkça basınç düşer. Bu nedenle de, boru hattıyla iletilen gazın basıncının belli aralıklarla yeniden düzenlenmesi gerekir.



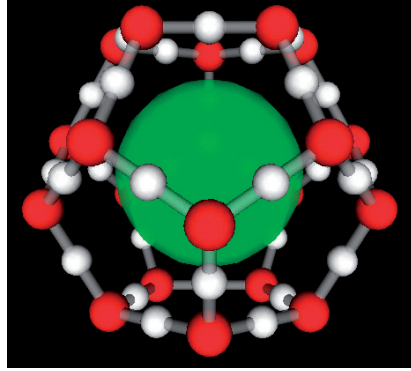
Boru hatlarıyla taşınan doğalgazın basıncı genellikle 40 - 70 bar arasındadır (yüksek basınç). Doğalgaz bölgesel boru hatlarına vardığında, boruların çapı, 60 santimetreye, gazın basıncıysa 40 bar'a düşürülür. Ağlardan oluşan ve evlere, işyerlerine doğalgaz taşıyan doğalgaz borularında basınç 25 milibara kadar düşürülür.

Gemilerle yapılan doğalgaz taşımacılığında, doğalgaz 160°C'de sıvılaştırılır ve özel soğutma sistemlerine sahip gemilerce taşınır. 1 metreküp sıvılaştırılmış doğalgaz, atmosfer basıncı altındaki 600 metreküp gaza eşittir.

2000 yılından bu yana, Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'nden Prof. Dr. Günay Çiğçi ve ekibi de Karadeniz'deki gaz hidrat birikimleri üzerinde çalışmalar yapıyor. Ülkemizdeki gaz hidrat araştırmalarıyla ilgili en somut adımsa, Çiğçi ve ekibinin, TPAO'yla ortaklaşa yürüttüğü, 2003 yılından bu yana da Devlet Planlama Teşkilatı'nca (DPT) desteklenen araştırma projesi. Bu proje kapsamında, öncelikle Doğu Karadeniz olmak üzere, ülkemizi çevreleyen tüm denizlerimizde, doğal gaz hidrat birikimlerinin varlığını saptanması ve dağılımlarının haritalanması amacıyla çalışmalar yürütülüyor. Bu proje, TPAO Arama ve Araştırma gruplarının katılımıyla halen sürüyor. Gaz hidratlardan enerji elde edilmesini sağlayacak yeni stratejilerin ve yeni teknolojilerin geliştirilmesi de bu projenin hedefleri arasında yer alıyor.

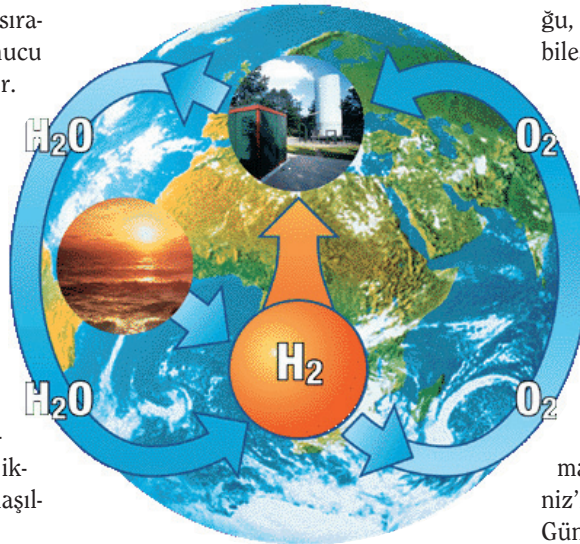
Doğal gaz hidratların yapısında bulunan metan gazını çıkarmak amacıyla, tek başına ya da birlikte kullanılacak birkaç yöntem var. Bu yöntemler, metan hidrat birikimindeki basınç ve sıcaklığa müdahale ederek gazı serbest bırakacak değişimler yaratmaya dayanıyor. Ancak, metan hidratlardan metan gazı elde edilmesinin önündeki belki de en büyük engel, bu birikimlerin geniş alanlara yayılmış olmasının yanında, metan yoğunluklarının da az olması.

Enerji kaynağı olarak umut vaat etmelerinin yanı sıra, doğal metan hidratlar, küresel ısınmayla bağlantısıyla da araştırmacıların ilgisini çekiyor. Metan, atmosferdeki belli başlı gazlardan biri. Bataklık bölgelerde, çöp alanlarında organik maddelerin bozunması sırasında ve hayvanlarda sindirim sonucu sürekli olarak metan gazı üretiliyor. Petrol ve doğalgaz üretiminde de atmosfere metan salınıyor. Ancak, bu salımların hiçbiri küresel iklimi önemli ölçüde etkilemediği sanılıyor. Buna karşın, küresel sıcaklıklarda küçük bir artış ya da basınç değişimleri sonucu doğal metan hidrat birikimlerinden serbest kalacak metan gazı, iklimde önemli değişimlere yol açabilir. Metanhidratları konu alan araştırmalar, küresel iklim değişimlerinin de daha iyi anlaşılmasını sağlayacak.



Geleceğin Enerjisi: Hidrojen

Fosil yakıtların, günün birinde, hatta yakın bir gelecekte tükeneceği herkesçe bilinen bir gerçek. Fosil yakıtların tükendiği noktada, bu yakıtların yerini temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının alması bekleniyor. Bu kaynakların yıldızıysa, hidrojen! Petrol, doğalgaz ya da metan hidrat birikimlerinden metan elde edilmesi bir yana, birçoklarına göre, hidrojen, geleceğin yakıtı. Herşeyden önce, temiz bir yakıt ve fosil yakıtların, çevre kirliliği ve küresel ısınmaya etkisi gibi tüm olumsuzluklarını ortadan kaldıracak. Hükümetler, enerji şirketleri, şimdiden bu konuda hazırlıklar yürütüyorlar. Dün-



Sol üstte, denizden çıkarılan çökelti örneklerindeki gaz hidrat birikimleri görülüyor. Gaz hidratların yapısı, düşük moleküler ağırlıklı belli gazların, katı haldeki su moleküllerinden bir kafes içine hapsolmesiyle oluşur (sol altta).

ya Enerji Konseyi ve Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) başkanı Prof. Dr. Nejat Veziroğlu, Avrupa Birliği Ülkeleri, ABD ve Japonya arasında hidrojen enerjisinin bir rekabet unsuru haline geldiğini, birçok uluslararası büyük şirketin hidrojen enerjisine yatırım yaptığını ve önümüzdeki yıllarda birçok şirketin hidrojenle çalışan ürünlerini piyasaya süreceğini belirtiyor. Veziroğlu'na göre, bu noktada, Türkiye'nin önemli şansları var. Bunlardan biri de, Karadeniz'in derinliklerinde bol miktarda hidrojen sülfür bulunması ve hidrojen sülfürün (H_2S) hidrojen elde etmede kullanılabilir olması. ("Kükürtlü hidrojen" olarak da bilinen hidrojen sülfür, kükürdün hidrojenle oluşturduğu, gaz halinde, renksiz ve zehirli bir bileşik.)

Karadeniz'de Hidrojen Sülfür

Karadeniz, dünyanın en yitilmiş denizi. Yüzölçümü yaklaşık 460.000 kilometrekare olan Karadeniz, oldukça derin bir deniz; orta bölümleri, tabanı yaklaşık 2000 metrelik büyük bir çukur oluşturuyor. Ortalama derinliği 272 metre olan Karadeniz'in en derin noktasıysa 2212 metre. Günümüzdeki durumunu, uzun geli-

şim aşamaları sonucu kazanmış. Doğuda Hazar Denizi üzerinden Aral Gölü'ne, batıda da Viyana Havzasına kadar uzanan büyük bir denizin kalıntısı. Kıta sahanlığı olarak adlandırılan ve 90 - 100 metre derinliğe kadar olan sığ alanları, Odessa Körfezi kıyılarıyla Azak Denizi'nde geniş, Anadolu kıyılarında dar. Karadeniz'de, derinlik bakımında ayırt edici özellikteki ikinci bölge, sığ kesimlerle derin çukuru birleştiği dik kenar. Kıta yamacı olarak adlandırılan bu dik kenar, çok dik bir eğimle 2000 metre derinliğe iner. Karadeniz'in derinlik bakımından üçüncü bölgesi, yüzölçümü denizin yüzölçümünün yarısı kadar olan, bu ortadaki çanak. Karadeniz'de, yüzey suları, daha tuzlu ve ağır olan alttaki suların üstünde bir tabaka oluşturur. Yoğunluk farkı nedeniyle, yüzey sularıyla derin sular birbirine karışmadan iki ayrı tabaka halinde üst üste durur. Bu durum, derindeki su kütlesine oksijen karışmasını engeller. Oksijenin karışmadığı derin sularda, büyük miktarlarda hidrojen sülfür gazı birikmiştir. Buralarda, yalnızca bu ortama uyum sağlamış mikroorganizmalar yaşayabilir.

Niğde Üniversitesi'nden Adnan Midilli ve Murat Ay, ABD'deki Miami Üniversitesi Temiz Enerji Araştırma Enstitüsü'nden Ayfer Kaya ve Nejat Veziroğlu, yürüttükleri çalışmalarla, Karadeniz'in hidrojen sülfür bakımından enerji potansiyelini ve bunun bölge için önemini ortaya çıkarmaya çalışmışlar. Karadeniz'deki hidrojen sülfür derişiminin, derinlikle birlikte düzenli olarak arttığını gözlemişler. Örneğin, 1000 metre derinlikte bu derişim 8 mililitre/litreyken, 2000 metrede 8,5 mililitre/litre'ye çıkıyor. Araştırmacılar, Karadeniz'de, yaklaşık 4587 milyar ton hidrojen sülfür olduğunu hesaplamışlar. Buna bağlı olarak, gelecekte önemli bir hidrojen enerjisi rezervi olarak değer kazanacağını düşünüyorlar. Karadeniz'in derin sularındaki hidrojen elde edilebilecek toplam hidrojen miktarının, 270×10^6 ton olacağını da hesaplamışlar. Karadeniz'in derin sularından elde edilecek hidrojen sayesinde, Karadeniz'de kıyısı bulunan ülkelerin enerji gereksinimlerinin karşılanabileceğini, Avrupa'nın geri kalanına enerji satışının bile mümkün olabileceğini belirtiyorlar. Ancak, kimi uzmanlar da, bu tür projeksiyonlara ih-



tiyatla yaklaşılması gerektiğini vurguluyorlar.

Hidrojen sülfürden hidrojen elde etmede kullanılabilecek termal, termokimyasal, elektrokimyasal, fotokimyasal ve plasmokimyasal gibi çok çeşitli üretim modelleri geliştirilmiş olsa da, bu yöntemler, en azından şimdilik sa-

dece deneysel amaçlı olarak kullanılabiliyor; yani ekonomik değil. Hidrojen sülfürün, doğrudan yakıt hücrelerinde kullanımı üzerinde çalışan uzmanlar da var. Ancak, araştırmacılar, bu konuda daha alacak ok yol olduğunu belirtiyorlar. Yine de, öncelikler değişip de hidrojen ekonominin göz bebeği durumuna geldiğinde, bu araştırmalara daha fazla kaynak ayrılacağı için, hidrojen sülfürden hidrojen elde etmenin ekonomik yolları da geliştirilebilir. Bu nedenle, Karadeniz'deki hidrojen sülfürün de cazibesini daha uzun süre koruyacağı söylenebilir.

Aslı Zülâl

Kaynaklar

<http://enerji.gov.tr/>

<http://www.hidrojenforumu.com/>

<http://www.spe.org/>

<http://www.tpao.gov.tr/>

<http://web.deu.edu.tr/seislab/trkhidrat.htm/>

<http://woodshole.er.usgs.gov/>

Baykara, S. Z., Kale, A. ve Veziroğlu, T. Z. "Possibilities for hydrogen production from H₂S in Black Sea". IHEC 2005 Bildirisi, 13 - 15 Temmuz 2005, İstanbul.

Midilli, A., Ay, M., Kale, A. ve Veziroğlu, T. Z. "Hydrogen energy potential of Black Sea deep water based on H₂S and importance for the region". IHEC 2005 Bildirisi, 13 - 15 Temmuz 2005, İstanbul.

