

YERALTI GAZLAŞTIRMASININ ÖNEMİ, ETKİLEYEN FAKTÖRLER GAZIN KULLANIMI, BİLİNEN UYGULAMALAR

Gültekin KAVUŞAN

A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği

ÖZ

Yeraltı gazlaştırması yüzyılımızın başında doğmuş bir düşünce olmasına rağmen, giderek artan enerji ve hammadde tüketimi nedeniyle özellikle son yıllarda hızla uygulanmaya konulmaya başlanmıştır. Özellikle derinde bulunan ve işletme maliyetinin yüksek olduğu kömür damarlarıyla, büyük yerleşme bölgelerinin civarındaki kömür damarlarında gazlaştırma uygulanmaktadır. Elde edilen gazın kalori değerinin düşük olması ilk planda bir dezavantaj olarak görünmesine rağmen, kullanılan gazlaştırma maddesine bağımlı olarak artırılması mümkün olmuştur.

Üretim gazının kullanım alanının giderek genişlediği ve bu nedenle endüstrinin yanında, büyük yerleşim bölgelerinin ısınma, ev işleri vb. gereksinimlerinin karşılanmasında önemli rol oynamaya başladığı bir gerçektir.

S.S.C.B.'de 50 yılı aşkın başarılı uygulaması, A.B.D. ve diğer Avrupa ülkelerinde bu tür çalışmaların başlamasını sağlamıştır. Uygulamalarda, galeri, baca ve sondajlarla kömür damarı konumuna göre değişen düzenlerle panolara ayrılmakta ve yeraltında gazlaştırılması sağlanmaktadır.

Yeraltı gazlaştırması kömür rezervi büyük olan ülkeler için geleceğin teknolojisini karakterini kazanmaktadır. Özellikle üretim gazının rafinasyonu, kalite değerinin yükseltilmesi çalışmaları geleceğin bu teknolojisini elinde tutarak, teknolojik üstünlük sağlama çabalarını gündeme getirmektedir.

1. TARİHÇE

Yeraltı gazlaştırması ilk kez 1868 yılında Sir Williams Siemens tarafından ortaya atılmıştır. Rusya'da Mendeleev bu konuda bazı yayınlar yapmıştır. İlk uygulama 1912 yılında Sir William Ramsey tarafından County Durham'da yapılmıştır. Birinci Dünya Savaşı bu alandaki çalışmaların uzun bir süre aksamasına neden olmuştur. 1930 yıllarında Rusya'da ikinci önemli uygulama başlamış ve İkinci Dünya Savaşı nedeniyle bazı aksamalar olmasına rağmen bu tesis günümüze kadar gelmiş ve halen çalışır durumdadır. İkinci Dünya Savaşı sonrası artan enerji ihtiyacı nedeniyle bu alanda A.B.D., İngiltere, Federal Almanya, Fransa, Polonya, Çekoslovakya, Belçika pilot tesisler kurmaya başlamışlardır. 1973 petrol krizi sonrası çalışmalar hızlandırılmıştır. Günümüzde yapılan çalışmalarla ulaşılan sonuçta her ne kadar umut verici görünmemekte ise de konu ile ilgili olarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında, gelecekte acil enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilir teknoloji olarak değerlendirildiği ortaya çıkmaktadır.

2. TEMEL PRENSİPLER

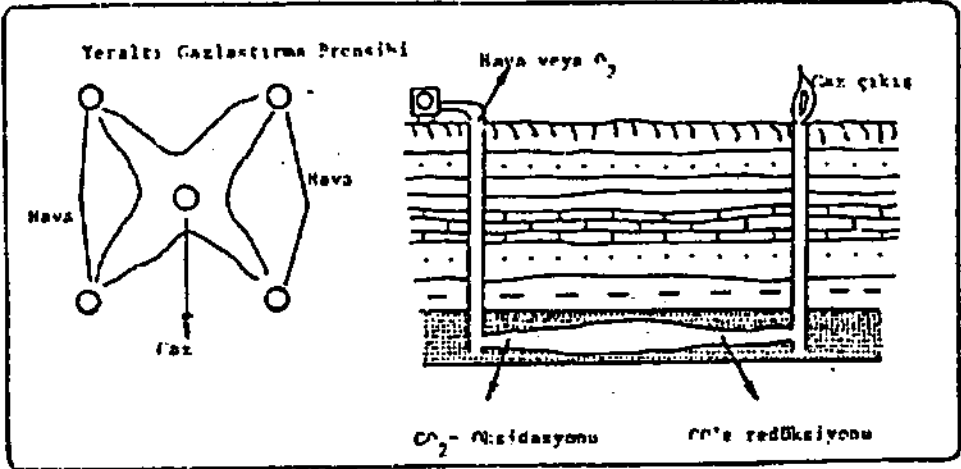
Yeraltı gazlaştırmasının temel prensibi, kömürün yerinde yakılarak gazlaştırılmasıdır. Bu yanma olayının reaksiyonları şöyledir :



Buradan görüldüğü üzere (1) ve (2) no.lu reaksiyonlar ekzotermik (3) ve (4) no.lu reaksiyonlara endotermiktir. İdeal bir gazlaştırma reaksiyonlar zincirinde kömür ilkönce okside edilir ve daha sonra ise redüksiyona maruz bırakılır. Böylelikle (1) ve (2) no.lu reaksiyonlarla ortaya çıkan ısı enerjisi (3) ve (4) no.lu reaksiyonları için gerekli olan ısı enerjisinin sağlanmasında kullanılır. Sistemin ısı bütçesi dengesinin sağlanması oldukça önemlidir.

Yeraltı gazlaştırılmasında, panolara ayrılmış bulunan kömür damarlarına sondajlarla inilir ve gazlaştırıcı maddeler (hava, oksijen, su buharı) pompalanır. Böylelikle ilk planda bir yanma cephesi elde edilmeye çalışılır. İkinci sondaj deliğinden ise gaz çıkışı sağlanır. Pompaj sondajı çevresindeki bölgede oksidasyon, emme sondaj bölgesinde ise redüksiyon reaksiyonları gelişmelidir. Burada yanma cephesinin ilerleme yönü, emme (gaz çıkışı) sondajlarının doğrultusunda olmalıdır.

Ayrıca sisteme pompalanan oksijenin tümünün emme sondajına ulaşmadan tüketilmesi, emme sondajı bölgesinde ise pompaj sondajı çevresinde oluşmuş bulunan CO_2 ve H_2O gazlarının redüksiyona uğraması sağlanmalıdır.



Yanma cephesinin ilerleyebilmesi kömürün primer, sekonder porozitesi, su içeriğine, uçucu madde miktarına, külün karakter ve biçimine, tavan ve taban kayaların ısı iletkenlik katsayılarına, bileşimine, dokusuna yanma reaksiyonu sonucu açığa çıkan ısı karşısındaki fiziksel ve kimyasal değişim özelliklerine bağlıdır. Porozitesi ve permeabilitesi düşük kömürlerde, yeraltındaki patlamalarla bu artırılabilir. Orta derecedeki nem oranı, yanma reaksiyonu esnasında etkin bir rol oynarken, yüksek nem gereken ısının evaporasyon ısısına dönüşmesine ve böylece tutuşma sıcaklığının düşmesine neden olacaktır. Bu ise yanma cephesinin boğulmasıdır. Uçucu maddece zengin kömürlerde ise yanma cephesinin ilerlemesinin kontrolü çok zor olacak, dolayısıyla birçok teknik yöntemlerin uygulanmasını zorunlu kılarak gazın maliyetini arttıracaktır. Bunun yanında artık ürünün hızla karbonizasyonu gerçekleşecek ve yanma cephesinin ilerlemesi duracaktır.

Tavan ve taban kayalarının ısı iletkenlik katsayısının yüksek oluşları, ısının dağılımının düzenli oluşunu sağlarken, yanma cephesi ilerisinde kömür damarının ön ısıtılmasını sağlayacaktır. Yanma cephesi ve gerisinde, tavan kayalarının kısmen veya tamamen sinterleşmeleri, daha kompakt bir duruma dönüşmeleri, göçüklerin oluşmamasını sağlayacaktır. Aksi durumlarda yanma cephesi oluşan göçükler nedeniyle boğulacak ve istenmeyen reaksiyonlar sonucu bazı zararlı gazlar ortaya çıkacaktır.

Yeraltı gazlaştırmasında diğer önemli bir faktör ise gazlaştırılacak kömür damarının yeryüzünden itibaren bulunduğu derinliktir. Bilindiği üzere artan litostatik basıncın etkisiyle kömür derinlerde daha plastik halde ve daha az bir permeabiliteye sahiptir. Bu nedenle enjeksiyon pompaj basıncının yüksek olması ve dolayısıyla permeabiliteyi artıran rol oynaması zorunludur. Özellikle ilk yakma ve yanma cephesinin geliştirilerek, enjeksiyon ve emme sondaj kuyular arasındaki bağlantının sağlanması aşamasında önde gelen ve yenilmesi zorunlu bir problemdir.

3. GAZIN KALİTESİ

Elde edilen gazın kalitesi, yeraltı gazlaştırmasının uygulandığı kömür damarının özelliklerine, kömür damarının içerdiği nem oranına, reaksiyonların kontrol edilebilirliğine, gazlaştırıcının oksijen, hava, oksijen/su buharı veya hava/su buharı oluşlarına doğrudan doğruya bağlıdır. Teknolojik açıdan üzerinde en çok çalışılan konu gazlaştırma prosesinin kontrol edilebilirliğidir. Zira bu elde edilen gazın kalitesinin yükseltilmesinde oldukça önemli rol oynar. Bunu ise kullanılan malzemenin kalitesi, yanma cephesinin ilerlemesinin sürekli olarak gözlenmesi ve çıkan gazın bileşiminin sürekli olarak analizlerle kontrolü sağlayacaktır. Yanma cephesinin ilerlemesinin kontrolünde özellikle jeofizik çalışmalar, örneğin resistivite, PS ölçümleri vb. oldukça sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Kurulmuş ve halen çalışır durumdaki büyük endüstriyel tesislerin çoğunluğu taşkömürleri üzerine kurulmuştur. Elde edilen gazların bileşimleri konusunda maalesef oldukça az veri bulunmaktadır. Pilot tesisler ile ilgili veriler açıklanmamaktadır. Büyük endüstriyel tesislerden Hanna/Wyoming - A.B.D., Angren/Özbekistan - S.S.C.B. ve Kemero vo/Kuznetsk - S.S.C.B. elde edilen ham gazların bileşimleri Tablo 1'de görülmektedir.

Kimyasal bileşim (susuz, % hacim)	Angren (Linyit)	Kemero vo- (Taşkömürü)	Hanna (Linyit)
H ₂	17-20	17-18	10-19
O ₂	0.3-0.4	0.2	—
CO	4-8	17-18	11-20
CO ₂	17-20	9-10	8-15
CH ₄ C _n H _m	2.0	2.0	2-6
N ₂	50-58	56-57	46-58
H ₂ S	0.4-0.5	0.2	1
Kalori değeri Kcal/m ³	1000	1150	1500
mJ/m ³	4.2	4.8	6.3

Tablo 1. Büyük endüstriyel yeraltı gazlaştırma ünitelerinden üretilen gaz bileşimleri

4. YERALTI GAZLARININ KULLANIM ALANLARI

Yeraltı gazlaştırması ile elde edilen gazlar ilk planda elektrik üretiminde değerlendirilmektedir. Bunun yanında bazı endüstri alanlarında ısıtma gazı olarak kullanılmaktadır. Angren ünitesinin gazları elektrik üretiminde ve ısıtma gazı olarak değerlendirilmektedir. Bu tür ekonomik değerlendirmeler üretilen gaz filtrelendikten sonra doğrudan doğruya kullanıldığı alanlardır.

Elde edilen gazın ekonomik değerinin yüksekliği, üretim esnasındaki gazın bileşiminin değişiminin değişkenliği ile doğrudan ilişkilidir. Üretilen ham gazın rafine edilmesi ile sorun teknik olarak çözülebilir. Gazlaştırma maddesi olarak hava kullanıldığında üretim gazının bileşimindeki inert gaz oranı oldukça yüksektir. Böyle bir gazlaştırma ünitesinden elde edilen ham gazın bileşiminde CO % 15-20, H₂ % 15 ve inert gazlar olarak N₂ % 50-55, CO₂ % 10-15 oranlarında değiştiği saptanmıştır.

Elde edilen gazın rafine edilmesi, bir yandan elde edilen gazın kalitesinin yükselmesini, diğer yandan gazın kullanım alanı spektrumunun genişlemesini sağlamaktadır. Bu alanda birçok ülkede yoğun çalışmalar yapılmakta ve bu teknolojiyi tekeline alma çabaları nedeniyle konu ile ilgili fazla veri bulunmamaktadır.

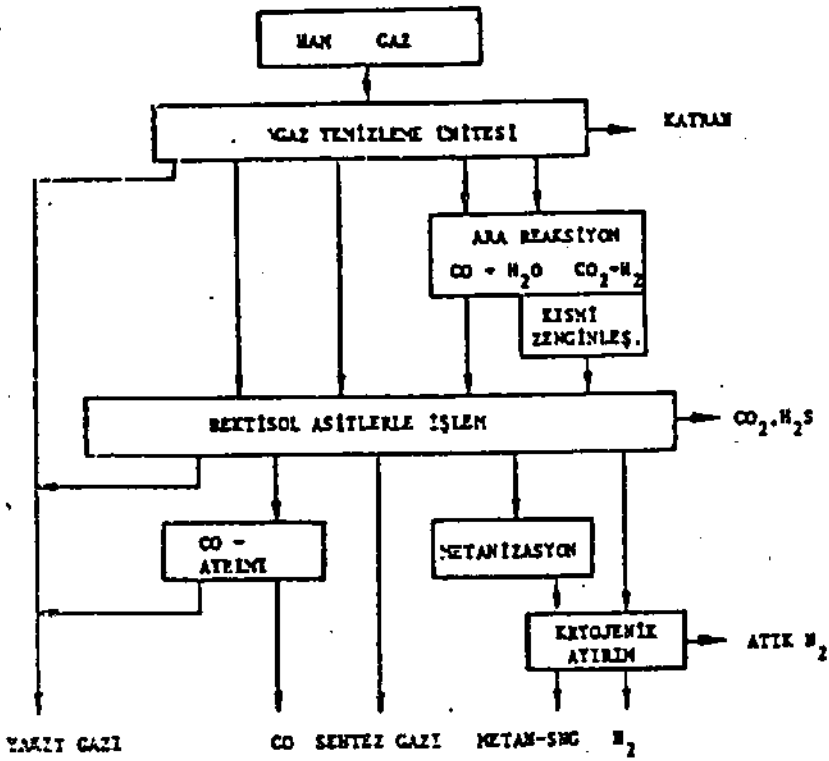
Genel olarak üretilen gaz, bir yıkama ünitesinden geçirildikten sonra doğrudan düşük kalorili yakıt olarak kullanılabilir gibi, gazın ısı ve basıncından yararlanarak H₂ oranı arttırdıktan, CO₂, H₂S gibi gazların elimine edilmesinden sonra yoğun yerleşim bölgelerinde şehir gazı olarak ısınma ve ev işlerinde kullanılabilir. Yine içerisindeki metan ve inert gazların uzaklaştırılması ile SNG (sentetik doğal gaz) olarak endüstride kullanılması mümkündür. Rafinasyon ve kullanım alanlarının değerlendirilmesi Şekil-3'de görülmektedir.

5. YERALTI GAZLAŞTIRMASINDA BİLİNER UYGULAMALAR

5.1. Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği

Moskova basenindeki ve Özbekistan bölgesinde taşkömürü ve linyitler üzerinde 20 yıldan uzun bir süreden beri uygulanmaktadır. Bundan başka 1940 yılında Moskova havzasında Tula linyitlerinde geriden ateşleme metodu ile 6 bar hava basıncı kullanılarak, 25 m. sondaj mesafesinde gazlaştırma yapılmıştır. Lisichansk yatağında yapılan bu gazlaştırmada yeraltı galerilerinden kömür damarı boyunca yatay enjeksiyon sondajları yapılmış, gaz çıkışının sağlandığı emme sondajları ise düşey konumlu hazırlanmıştır.

Angren ve Jushno - Abinsk bölgesindeki kömürler ise sondajlar eğimli olan damar boyunca ve bu sondajları kesen dik sondajlar şeklinde düzenlenmiştir. 8 adet ve damar boyunca desandre şeklinde gaz çıkış sondajları, dik ve bunları kesen enjeksiyon sondajları şeklinde düzenlenmiştir. En derindeki iki sondajın birleştiği horizon birinci



Şekil 3. Yeraltı gazlarının rafine edilmesi prensip şeması

kat olarak planlanmıştır. Gaz çıkış sondajlarını kesen ve eğimli damarın tabanında yapılan enjeksiyon sondajlarının oluşturduğu horizon ise ikinci kat olarak isimlendirilmiştir. Kullanılan gazlaştırma maddesi hava, basıncı 30- 50 ATÜ olup sondajlar arası mesafe 20-25 m. arasında değişmektedir. Elde edilen gazın kalori değeri 3.3-4.6 MJ/m³ arasındadır.

Kholmogotsk bölgesinde planlanmış olan gazlaştırma ünitesinde ise 500 x 1500 m. boyutlarındaki bir alanda yüzeyden yapılan 115 m. yarıçapındaki saptırılmış ve damar boyunca ilerleyen gaz çıkış sondajları, bu sondajlara dik yapılan enjeksiyon sondajları şeklinde tasarlanmıştır. Sondaj tekniği açısından üzerinde oldukça tartışılmaktadır. Sondajların birbirleriyle irtibatlandırılmasında basınçlı hava veya su kullanılması düşünülmektedir.

5.2. Amerika Birleşik Devletleri

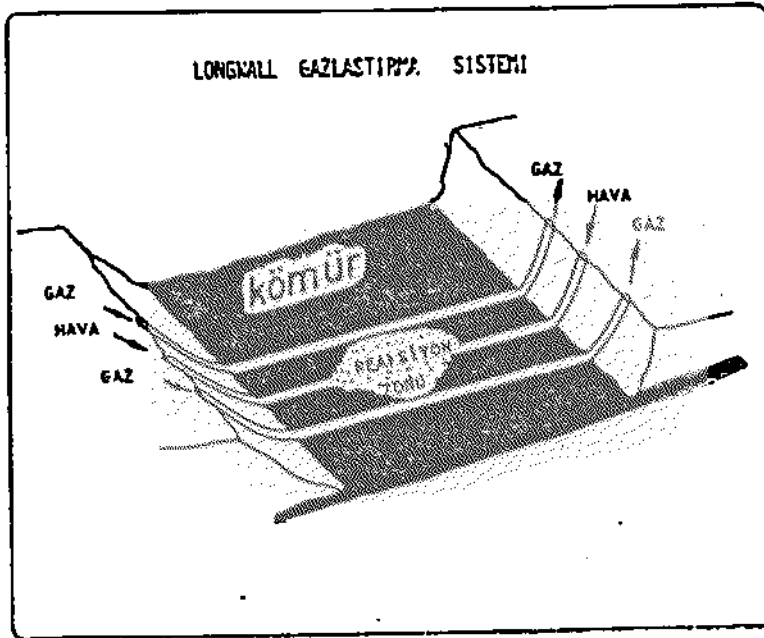
A.B.D.'de üç ana projede ve dört lokasyonda yeraltı gazlaştırması uygulanmış ve bazılarında halen üretim yapılmaktadır. İlk kez yeraltı gazlaştırması Hanna, Wyoming'te uygulanmıştır. Buradaki kömür damarı 9 m. kalınlığında, 100 m. derinlikte uzanan parlak linyit (yarı - bitümlü kömür) olup birbirleriyle irtibatlandırılmış düşey

sondaj kuyuları şeklinde bir gazlaştırma sistemi düzenlenmiştir. Hanna-1 projesinin hazırlık dönemi 6 ay sürmüştür. Geriye ateşleme (reverse combustion) sistemi uygulanmıştır. Elde edilen gazın kalori değeri 4.7 MJ/m^3 (126 Btu/ft^3) olup enerji kazanma oranı % 400'e ulaşmıştır.

Hanna - 2 deneyimi ise 1976 tamamlanmış ve 4600 t kömürün gazlaştırılması esas alınmasına rağmen 6700 t kömür gazlaştırılmıştır. Bu deneyimde elde edilen gazın kalori değeri 6.3 MJ/m^3 (168 Btu/ft^3) olmuştur. Gazlaştırmada kare biçimli 4 enjeksiyon sondajlı düzen kullanılmıştır. Hanna-3 projesinde gazlaştırmanın çevreye olan etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir.

Hoe Creek - Gilette, Wyoming'te 8 m. kalınlıkta, nem oranı yüksek ve daha düzenli yataklanmış olan parlak linyit (yarı bitümlü kömür) gazlaştırılmıştır. Gazlaştırma maddesi olarak oksijen ve su buharı kullanılmıştır. Burada hem enjeksiyon ve hem de gaz çıkış sondajları dikey olarak yapılmış olup bu sondajlar tabanda, kömür damarı içinde yüzeyde çok geriden yapılmış ve saptırmalı sondajlarla birbirlerine bağlanmışlardır. Test çalışmaları esnasında elde edilen gazın kalori değeri $10.3 - 12 \text{ MJ/m}^3$ ($260 - 300 \text{ Btu/ft}^3$) arasında değişmektedir. Bu gazlaştırma metodu Bidireksiyonel sistem olarak bilinmektedir.

Batı Virginia'da Morgantown E.T. Center tarafından porozitesi düşük, kalın ve gazlı taşkömürlerinde Longwall gazlaştırma düzeni kurulmuştur. Damar 300 m. derinlikte olup, ilerleyen ateşleme sistemine göre gazlaştırma yapılmaktadır. Üretilen gaz kimya sanayinde ve filtrelenerek SNG (sentetik doğal gaz) olarak tüketilmektedir.



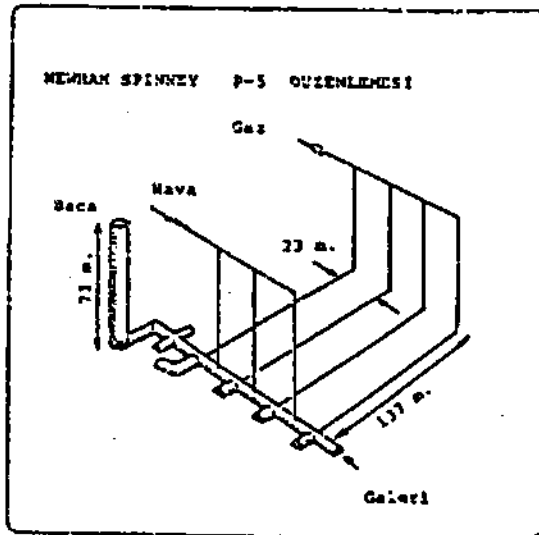
California'da Laurence Livermore Center tarafından geriye atışemeli klasik sistem kullanılırken, kömürün permeabilitesi yeraltındaki patlatmalarla artırılmaktadır.

Wyoming - Rawlins'te 35° eğimli damarda gazlaştırma için enjeksiyon sondajları damarın yüzey mostrasının 3,60 m. açığından 40° olarak yapılmış ve 100 m. derinde damara girilmiştir. Mostranın 0,70 m. gerisinden 34° eğimli yapılan gaz çıkış sondajı damar boyunca ilerleyecek şekilde saptırılmış ve enjeksiyon sondajı ile irtibatlandırılmıştır.

ARCO projesi çerçevesinde 30 m. kalınlığında ve 180 m. derinlikte parlak linyit damarın kısa periyodlarla yapılan gazlaştırma maddesi enjeksiyonu ve bunu takibeden emme pompaları denemeleri ile primer yanma hücresinin geliştirilmesinde yenibir yöntemin kullanılması açısından önemlidir.

5.3. İngiltere

1912 yılında ilk kez uygulanmasına rağmen, ekonomik, nedenlerden dolayı 1949 yılına kadar tekrar uygulanmamıştır. 1949 yılında National Coal Board tarafından tekrar uygulamaya sokulmuştur. Bu yıllardaki uygulamalar yeraltı galerileri arasında kalan böümlerde, galerilerin bazı küçük sondajlarla birbirleriyle irtibatlandırılması ve gazlaştırılması şeklinde geliştirilmiştir. Sondajlı gazlaştırma denemesi ilk kez 1959 yılında yapılmış ve 1050 t. kömür gazlaştırılmıştır. 1949 denemesindeki gaz sömürü oranı % 42 olup, üretim gazının kalori değeri 3 mJ/m³ (75 Btu/ft³) dir. Sondajlı çalışmalarda ise üretilen gazın kalori değeri 1,25 mJ/m³ (57 Btu/ft³) olmuştur. Bunun en başta gelen nedeni ise damarın 0,9 m. kalınlıkta olmasıdır. Bu test üretimi Newham Spinney'de yapılmıştır.



1959 yılında gazlaştırılan bölge daha sonra açık işletme ile ortaya çıkarıldığında, kömürün uçucu madde oranının % 2.5-20 arasında değiştiği, aşırı bir şekilde karbonizasyona (koklaşma) uğradığı, bunların yanında damar içinde tavan ve taban kayaçlarından 1-2 m. büyüklüğündeki blokların yeraldıkları gözlenmiştir.

5.4. Federal Almanya

Federal Almanya'da derinlerde bulunan ve işletilmesi ekonomik olmayan taşkömürü damarlarının gazlaştırılması üzerinde çalışmalar yoğunluk kazanmaktadır. Bu konuda yürütülen proje çalışmalarında Belçika ile birlikte ortak çalışma olarak geliştirilmesi ve finanse edilmesi kararlaştırılmıştır. Ruhr bölgesinde 2000 - 5000 m. arasındaki rezervin 20 - 100 x 10⁹ t. olarak saptanmış olması ve bunun gazlaştırma ile işletilmesi daha ekonomik olarak kabul edilmektedir.

Üretilen gazın düşük kalorili dahi olsa elektrik enerjisi elde etmek yerine, gazın SNG gazı olarak endüstride kullanılması planlanmıştır.

5.5. Belçika

Belçika'da ilk önce sağ ve dik damarların gazlaştırılması düşünülmüş olmasına rağmen, gazlaştırmanın doğuracağı çevre kirlenmesi ile sorunlar, özellikle yeraltı suyunun kirlenmesi yüzünden derin damarlarda uygulanmasına karar verilmiş durumdadır. 2000 m. daha derinde bulunan taşkömürü rezervinin 30 kez daha fazla oluşu, bundan başka taşkömürü üretiminin damarların derinleşmelerine bağlı olarak maliyetlerinin yükselmesi, derin kömür damarlarının gazlaştırılmasının daha ekonomik olacağını ortaya koymuştur. Bütün bunlara rağmen bazı teknik sorunlar çözüme kavuşmuş şeylerdir. 5000 m. derinlikteki kömür rezervinin 10.000 x 10⁹ t. olmasına rağmen, bu derinlikteki kömürlerin fiziksel olarak plastik karakterde oluşları, buna göre bir özel gazlaştırma metodunun ve teknik donanımın geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Daha az derinlerdeki Thulin bölgesinin taşkömürlerinde ilk gazlaştırmanın denenmesi planlanmıştır. Şu suralarda bu bölge kömürleri üzerinde laboratuvar çalışmalarını yürütülmektedir.

Gazlaştırma projesinin ilk aşamasında 30-50 bar hava/buhar karışımının enjeksiyonu öngörülmüştür. Üretim gazının çıkış basıncının 10 - 15 bar ve 200°C civarında olacağı sanılmaktadır.

Gerek derindeki gerekse sağ damarların gazlaştırılmaları sonucu üretilen gazın kullanılmasında şu hedefler seçilmiştir :

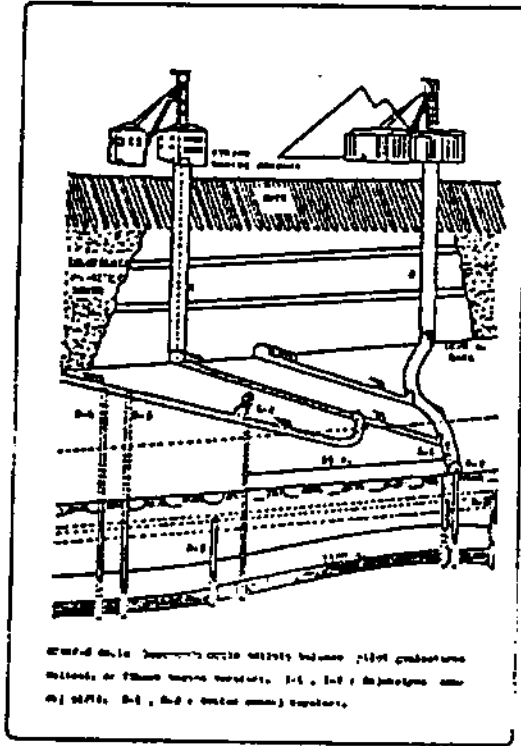
- Hava/su buhar ile kaliteli gaz elde edilerek elektrik üretiminde bundan yararlanmak
- Oksijen/su buharı kullanarak elde edilen gazın yüksek basınç ve ısısından yararlanarak bunu endüstride kullanmak,
- Hidrojenizasyon ile üretilen yeraltı gazından SNG gazı elde etmek ve bunu endüstride kullanmaktır.

5.6. Fas

Fas - Cerada'da bulunan eğimli taşkömürleri üzerinde Fransa ile birlikte gazlaştırma denemeleri yapılmıştır. Damar doğrultusu boyunca sürülen desandre ve bunları kesen galeriler ateş tuğlaları ile örüldükten sonra hava gazlaştırma maddesi olarak kullanılarak gazlaştırma yapılmıştır. 5 ay süren test üretiminden sonra gazın kalitesinin çok değişken olması nedeniyle çalışmalara son verilmiştir.

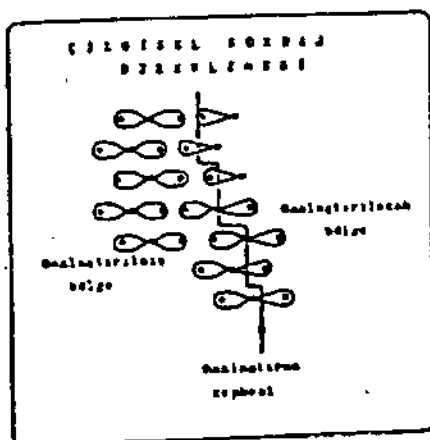
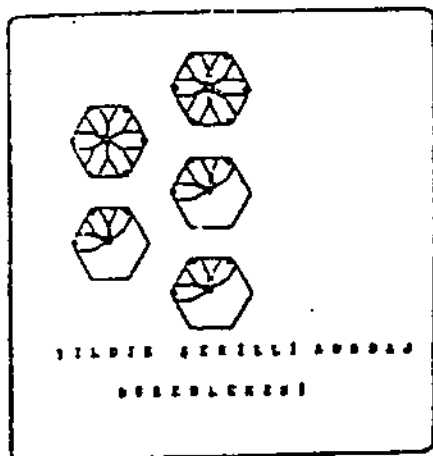
5.7. Fransa

Pas - de - Calais'in 40 km. güneybatısında bulunan taşkömürleri için bir proje geliştirilmiştir. Üretim gazının SNG gazı olarak endüstride kullanılması planlanmıştır. Gazlaştırılacak damarın kalınlığı 2 m. olup 1180 m. derinliktedir. Sondaj çiftleri ara mesafeleri 60 m. olarak planlanmıştır. Sondajlar yıldız ve çizgisel olarak tasarlanmış olup, yıldız düzeninde 7 adet olarak projelendirilmişlerdir. Gaz sömürü oranı % 70 olarak düşünülmektedir. Projenin gerçekleşmesi halinde üretim gazının 3 KWh/m³ olacağı ve metan gazı üretiminde kullanılacaktır.



5.8. Çekoslovakya

Çekoslovakya'nın Bavyera Bölgesindeki linyitler üzerinde çalışmalar yapılmakta olup, elde edilen veriler yayınlanmamıştır.



KAYNAKLAR

1. ALTSCHULER, M.M., v.d., Technical and economic analysis of the Angren, Jushno - Abinsk and Lisichansk Underground gasification stations during 1963, Naucnye trudy VNII, Podzemgaza Nr : 13, 107 - 116, 1965.
2. BRANDENBURG, C.F., v.d. In - Sit coal gasification - Prospects as a Source of Uticity Fuel. Publ. of ERDA. Laramie Energ. Res. Cent. Wyoming, 1976.
3. de Combrughe, O. La gazcification Souterraine en URSS. Annal. d. Min. d. Belg. No: 5, 478, 1959.
4. GIBSON, J.; GRAINGER, L. Coal Utilisation Halsted Press. New York, 1981
5. GREGG, D.W.; EDGAR, T.T. Underground Coal Gasification, AICH. E. - Journal, 24, 753, 1978.
6. IWANOW, W.W., Das Werk Angren für die Untertagevergasung von Braunkohle. Podzemgaza Uglei. Nr. 3. 13 - 15, 1957.
7. LAMB, J.H., Underground Coal gasification. Energy Teohn. Rev. No: 14, Noyes Data Corp. Park Ridge. 1977.
8. PETERS, W. Kohlevergasung, Rohstoff International. Vol: 4, Glucksuf-Essen, 1979.
9. POTTIER, M; CHAUMET, P. v.d. Etudes preliminaires a la gazeification souterraine profonde des charbons. Rev. Ins. Fran. Petr. 33, No: 9, 1978.
10. RAFFOUX, J.M. Untertagevergasung von Kohle - Da's französische GEGS - Projekt. Erdöl. u. Kuhle - Vol. 35, Heft, 3, 1982.
11. Proc. 5th Annual Underground Coal Conversion Symposium. Alexandria. 1979.
12. Proc. 6th Annual Underground Coal Conversion Symposium Alton - Aklahoma. 1980.
13. THOMPSON, P.N., v.d., Underground gasification of Coal. National Coal-Board. 1976.