



**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
İKT-YL-2014-0007**

# **KAYA GAZI DEVRİMİ VE OLASI EKONOMİK ETKİLERİ**

**HAZIRLAYAN  
Emrah SOFUOĞLU**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof.Dr. Etem KARAKAYA**

**AYDIN-2014**

**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANA BİLİM DALI  
İKT-YL-2014-0007**

**KAYA GAZİ DEVRİMİ VE OLASI EKONOMİK  
ETKİLERİ**

**HAZIRLAYAN**

**Emrah SOFUOĞLU**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof.Dr Etem KARAKAYA**

**AYDIN-2014**

**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

İktisat Ana Bilim Dalı İktisat Programı öğrencisi Emrah SOFUOĞLU tarafından hazırlanan “Kaya Gazı Devrimi ve Türkiye Ekonomisi’ne Olası Etkileri” başlıklı tez 17.07.2014 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

**Unvanı, Adı ve Soyadı :**                      **Kurumu :**

**İmzası:**

**Prof. Dr. Etem KARAKAYA**                      **Adnan Menderes Üniversitesi**

**Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZÇAĞ**                      **Adnan Menderes Üniversitesi**

**Yrd. Doç. Dr. Halil UÇAL**                      **Adnan Menderes Üniversitesi**

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu yüksek lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun .....sayılı kararıyla .....(Tarih) tarihinde onaylanmıştır.

**Doç. Dr. Fatma Neval GENÇ**

**Enstitü Müdürü**

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Adı Soyadı : Emrah SOFUOĞLU

İmza :

**YAZARIN ADI-SOYADI:** Emrah SOFUOĞLU

**BAŞLIK:** KAYA GAZI DEVRİMİ VE OLASI EKONOMİK ETKİLERİ

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı son yıllarda özellikle ABD ekonomisinde ciddi etkilere sahip olan, Türkiye’de ve dünyanın birçok bölgesinde rezervleri bulunan kaya gazı enerjisinin dünya enerji sektöründe meydana getirdiği değişiklikleri incelemektir. Çalışmada son zamanlarda ABD enerji piyasasında kaya gazı sayesinde meydana gelen değişimleri göstermek amacıyla iki farklı ekonometrik model elde edilmiştir. Birinci modelde doğalgaz talebinin gelir ve doğalgaz fiyatları ile olan ilişkisi ve ikinci modelde doğalgaz fiyatları ile doğalgaz üretimi arasındaki ilişki eşbütünleşme yöntemiyle test edilmiştir.

Genel olarak üç bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde dünya enerji görünümünden, dünyadaki kaya gazı rezervlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde ise kaya gazının ABD’de meydana getirdiği ekonomik etkileri, Türkiye’deki kaya gazı arama faaliyetleri ve rezervleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde ise ekonometrik testlerden elde edilen bulgular teorik çerçevede değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kaya Gazı, Kaya Petrolü, Ekonomik Etkiler, Eşbütünleşme Yöntemi, Çevresel Etkiler

**NAME-SURNAME OF AUTHOR:** Emrah SOFUOĞLU

**TITLE:** SHALE GAS REVOLUTION AND ITS POSSIBLE ECONOMIC IMPACTS

### **ABSTRACT**

The aim of this study is to analyse the economic impacts of the newly emerged shale gas revolution, which was first started in the USA and has already had significant economic impacts in this country. Official estimates also states that many countries around the globe have significant amount of shale gas reserves and once they manage to extract these reserves, there will be significant changes in the energy sector. This study employs two different econometric models to analyse the impact of recent changes energy sector due to shale gas revolution. While the first model tries to investigate how income and natural gas price changes effect the energy demand in the US case, the second model tests the relationship between the natural gas price and natural gas production by using cointegration methods.

The study, in general, consists of there parts. In the first chapter, the world energy outlook and developments in the shale gas reserves will be presented. Second chapter will focus on the impacts of shale gas on energy sector, how it will impact the environment and macro economic and sectoral impacts on a theoretical basis. The third chapter will this economic model and model results. Finally, the policy implications will be discussed in the conclusion.

**Keywords:** Shale Gas, Shale Oil, Economic Impacts, Co-integration Method, Environmental Impacts

## ÖNSÖZ

Ekonomisini, ordusunu, siyasi nüfuzunu ve refahını önemseyen ülkelerin enerjeye kayıtsız kalması imkansızdır. Ülkelerin tükettiği enerji miktarı ile gelişmişlikleri arasında doğrudan ilişki vardır. İnsanoğlu enerjiyi tükettikçe doğaya ve çevreye zarar vermiştir ve dünyadaki “iklim değişikliği” sorunun temelinde yatan sebep fosil yakıtların (doğalgaz, petrol, kömür) enerji kaynağı olarak tüketiminde meydana gelen artışlardır. Bu tezin konusu bahsedilen sorunlardan yola çıkarak dünyada özellikle 2000 yıllardan itibaren popüler hale gelen ve “oyun değiştirici” sıfatıyla dünya enerji sektörünün göbeğine oturan “kaya gazı” enerjisinin dünya enerji sektöründe ve Türkiye’de meydana getirdiği, getireceği olası etkiler üzerinedir. Kaya gazı konusunda yapılan ilk çalışmalardan birisi olması sebebiyle muhakkak ki eksik noktaları bulunabilecek tezimin literatüre katkıda bulunmasını ümit ediyorum.

Tezimin hazırlanma aşamasında çok değerli kişilerin katkıları bulunmaktadır. Bu bağlamda en başta bana akademisyenliği sevdiren, önümdeki zorlu yolları geçebileceğime dair her zaman beni yüreklendiren ve bana inanan, hocadan ziyade bazen bir arkadaş, bazen dert ortağı bazen abi gibi davranan değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof.Dr. Etem KARAKAYA’ya, halihazırda mesleğimi ifa ettiğim Ahi Evran Üniversite’sinde bana her konuda desteğini esirgemeyen, mesleğime adapte olmamda büyük katkısı olan İktisat Bölüm Başkanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Oktay KIZILKAYA’ya, tezimin ampirik bölümünde çok değerli katkıları olan ve değerli bilgilerinden istifade ettiğim Sayın Öğr.Gör. Emrah KOÇAK’a ve mesleğime beraber başladığım, meslektaşım Ar.Gör Adem ALVER’e çok müteşekkirim.

Ayrıca hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini, dualarını her zaman hissettiğim, bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan babam Osman SOFUOĞLU’na, annem Naciye SOFUOĞLU’na, tüm ağabey ve ablalarıma, desteğini her zaman yanı başımda hissettiğim Elçin DEMİR’e yürekten teşekkür ediyorum, sonsuz sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>BİRİNCİ BÖLÜM</b> .....	<b>4</b>
<b>DÜNYA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ, GELENEKSEL OLMAYAN ENERJİ KAYNAKLARI VE KAYA GAZI</b> .....	<b>4</b>
1.1. DÜNYA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ .....	4
1.2 GELENEKSEL OLMAYAN ENERJİ KAYNAKLARI.....	8
1.2.1. Kömür Yataklı Metan (Coal Bed Methane) .....	9
1.2.2. Sıkılaştırılmış Gaz (Tight Gas).....	11
1.2.3. Kum Petrolü (Oil Sand).....	12
1.2.4. Kaya Petrolü (Shale Oil) .....	13
1.2.5. Kaya Gazı (Shale Gas) .....	14
1.3. KAYA GAZI ÇIKARMA YÖNTEMLERİ.....	16
1.3.1 Dikey Hidrolik Kırılma (Hydraulic Fracturing and Vertical Drilling).....	18
1.3.2. Yatay Hidrolik Kırılma (Hydraulic Fracturing and Horizontal Drilling).....	18
1.3.3. Döner Hidrolik Kırılma (Rotary Hydraulic Fracturing).....	19
<b>İKİNCİ BÖLÜM</b> .....	<b>21</b>
<b>KAYA GAZININ ABD’DE ve DÜNYADA GELİŞİMİ, REZERVLERİ, ÇEVRE VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİLERİ ve EKONOMİK ETKİLERİ</b> .....	<b>21</b>
2.1. KAYA GAZININ GELİŞİMİ .....	21
2.2. KAYA GAZI PİYASASI GELİŞİMİ .....	24
2.3. DÜNYADA KAYA GAZI REZERVLERİ .....	27
2.4. TÜRKİYE’DE KAYA GAZI REZERVLERİ .....	31
2.4.1 Türkiye’nin Enerji Görünümü.....	31
2.4.2. Türkiye’nin Kaya Gazı Rezervleri .....	39
2.4.2.1. Güneydoğu Havzası.....	42
2.4.2.2. Dadaş Kayası .....	43



2.4.2.3. Trakya Havzası.....	44
2.4.2.4. Hamitabat Kayası .....	45
2.4.2.5. Mezdere Kayası.....	46
2.5. ÇEVRESEL SORUNLAR VE ELEŞTİRİLER .....	46
2.6. KAYA GAZI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ .....	52
2.6.1. İklim Değişikliği.....	52
2.6.2. Kaya Gazının İklim Değişikliği Üzerine Etkileri.....	54
2.7. KAYA GAZININ EKONOMİK ETKİLERİ .....	56
2.7.1 Makroekonomik Etkiler.....	56
2.7.2. İstihdam Yaratma .....	57
2.7.3 Doğalgaz Fiyatlarının Ucuzlaması ve Petrol Fiyatları .....	59
2.7.4. Sektörel Etkiler: Kimya Sektörü .....	62
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM .....</b>	<b>66</b>
<b>KAYA GAZI BAĞLAMINDA ABD'DE DOĞALGAZ ÜRETİMİ VE TALEBİ ÜZERİNE EKONOMETRİK ANALİZLER .....</b>	<b>66</b>
3.1 ABD'DE DOĞALGAZ TALEBİ VE DOĞALGAZ FİYATLARINA YÖNELİK LİTERATÜR.....	66
3.2 METODOLOJİ.....	70
3.2.1. Durağanlık Testleri.....	71
3.2.1.1. Genelleştirilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF) Testi .....	71
3.2.1.2. Philips Perron Testi .....	72
3.2.2. Eş-Bütünleşme Testi.....	75
3.2.3. Vektör Hata Düzeltme Modeline Dayalı Granger Nedensellik Testi.....	76
3.3. MODEL 1: MODEL VE VERİ SETİ .....	77
3.3.1. Durağanlık Testleri.....	79
3.3.2. Eş-Bütünleşme Testleri ve Bulgular.....	81
3.4. MODEL 2: MODEL VE VERİ SETİ .....	85
3.4.1. Durağanlık Testleri.....	86
3.4.2. Eş-Bütünleşme Testleri ve Bulgular.....	87
3.4.3. VECM'e (Vektör Hata Düzeltme Modeli) Dayalı Granger Nedensellik Test Sonuçları.....	91
<b>SONUÇ.....</b>	<b>93</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>96</b>

**ÖZGEÇMİŞ.....109**

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1: Dünya Birincil Enerji Tüketimi Kaynaklar Bazında .....	4
Şekil 1. 2: 2007-2020 Yılları Arasında Dünyada Enerji Kaynakları Kullanım Oranları..	6
Şekil 1. 3: Çıkarılabilir Doğalgaz Rezervlerinin En Çok Rezerve Sahip 15 Ülkeye Göre Dağılımı .....	7
Şekil 1. 4: Küresel Ham Petrol Rezervleri (Ülkelere Göre).....	13
Şekil 1. 5: Dünyada Kaya Gazı Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı.....	15
Şekil 1. 6: Doğalgaz Kaynaklarının Şematik Görünümü.....	16
Şekil 1. 7: Kaya gazı Operasyon Kesiti .....	20
Şekil 2. 1: Yıllara ve Kaynaklara Göre ABD'nin Doğalgaz Üretimi .....	25
Şekil 2. 2: ABD'de Doğalgaz Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı.....	26
Şekil 2. 3: Dünyada Kaya Gazı ve Kaya Petrolü Rezervleri.....	28
Şekil 2. 4: Türkiye'nin Yıllara Göre Ham Petrol Üretimi .....	33
Şekil 2. 5: Türkiye'nin Yıllara Göre Doğalgaz Üretimi .....	34
Şekil 2. 6: Türkiye'nin Yıllara Göre Taş Kömürü Üretimi .....	35
Şekil 2. 7: Türkiye'nin Yıllara Göre Linyit Üretimi.....	36
Şekil 2. 8: Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketimi.....	37
Şekil 2. 9: Türkiye'de Kaya Gazı Rezervleri.....	40
Şekil 2. 10: Türkiye'de Kaya Gazı Üretilebilecek Bölgeler.....	41
Şekil 2. 11: Güneydoğu Anadolu Havzası Dadaş Kayası .....	43
Şekil 2. 12: Dadaş Kayası için Keşif Kiralamaları .....	44
Şekil 2. 13: Trakya Havzası Kesiti.....	45
Şekil 2. 14: Trakya Havzasında Muhtemel Kaya Formasyonları .....	45
Şekil 2. 15: Çatlatma Sıvısı İçerisinde Kullanılan Su, Kimyasal ve Kum Oranı.....	47
Şekil 2. 16: Uygulamada Kullanılan Bazı Çatlatma Sıvısı Karışımları .....	47
Şekil 2. 17: Kaya Gazı Çıkarma Faaliyetlerinde Meydana Gelen Çevresel Kirlilikler ..	49
Şekil 2. 18 :ABD'de Doğalgaz Üretimi ve Doğalgaz Fiyatları .....	60
Şekil 2. 19: ABD'de Ham Petrol Üretimi ve Petrol Fiyatları .....	61
Şekil 2. 20: ABD'de Gaz Damıtma Tesislerindeki Etan Üretimi.....	63
Şekil 2. 21: Etilen Maddesi Kullanılarak Üretilen Mallar .....	65

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. 1: Dünya Petrol, Doğalgaz ve Kömür Rezervleri, Üretim ve Tüketim Miktarları .....	5
Tablo 1. 2: KKM'nin Kullanım/Emisyon Azaltım Seçenekleri (Bibler ve Carottes, 2001) .....	10
Tablo 1. 3: Teknik Olarak Çıkarılabilir Kaya Petrolü Rezervine Sahip İlk 10 Ülke .....	14
Tablo 2. 1: Kaya Gazının Tarihçesi .....	23
Tablo 2. 2: Kaya Gazı ve Petrolü Rezervleri 2011 ve 2013 Raporları Karşılaştırması ..	28
Tablo 2. 3: EIA/ARI Dünya Kaya Petrolü ve Kaya Gazı Kaynakları Değerlendirmesi ..	29
Tablo 2. 4: Teknik Olarak Çıkarılabilir Kaya Gazı Rezervine Sahip İlk 10 Ülke .....	30
Tablo 2. 5: Türkiye'nin Petrol, Doğalgaz, Kömür Rezervleri ve Üretim Miktarları .....	32
Tablo 2. 6: Türkiye'nin Enerji Girdileri İthalatı (2009-2012) .....	37
Tablo 2. 7: 2013 Yılı Sonu İtibariyle Seçilmiş Ülkelerde Kişi Başına Elektrik Tüketimi .....	38
Tablo 2. 8: Türkiye'nin Kaya Gazı Rezervlerinin Buldukları Bölgeler .....	42
Tablo 2. 9: Kaya Gazının Yerli Ekonomi Üzerindeki Etkisi Hakkında Beş Çalışmanın Özeti .....	59
Tablo 3. 1: Analizde Kullanılan Değişkenler .....	78
Tablo 3. 2: Değişkenler İçin ADF Birim Kök Test Sonuçları .....	80
Tablo 3. 3: Değişkenler İçin Philips-Perron Birim Kök Test Sonuçları .....	81
Tablo 3. 4: Gecikme Uzunluğu Test Sonuçları .....	81
Tablo 3. 5: Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları .....	82
Tablo 3. 6: Normalleştirilmiş Eşbütünleşme Vektörü .....	83
Tablo 3. 7: Analizde Kullanılan Değişkenler .....	85
Tablo 3. 8: Değişkenler İçin ADF Birim Kök Test Sonuçları .....	86
Tablo 3. 9: Değişkenler İçin Philips-Perron Birim Kök Test Sonuçları .....	87
Tablo 3. 10: Gecikme Uzunluğu Test Sonuçları .....	88
Tablo 3. 11: Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları .....	88
Tablo 3. 12: Normalleştirilmiş Eşbütünleşme Vektörü .....	89
Tablo 3. 13: Vektör Hata Düzeltme Modeline Dayalı Granger Nedensellik Testi .....	91

## KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ADF	: Genişletilmiş Dickey-Fuller
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BM	: Birleşmiş Milletler
BP	: British Petrol
BTU	: İngiliz Isı Birimi
CBM	: Kömür Yataklı Metan
CH <sub>4</sub>	: Metan
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
DB	: Dünya Bankası
EIA	: ABD Enerji Enformasyon İdaresi
ERCB	: Enerji Kaynakları Koruma Kurulu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GRI	: Gaz Araştırma Enstitüsü
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GW	: Bir Milyar Watt
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
İşİD	: Irak şam İşlam Devleti
KKM	: Kömür Kökenli Metan
KWH	: Kilovatt-Saat
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğalgaz

MIT	: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
MTA	: Maden Tetkik Arama
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Bir Milyon Watt
NEMS	: Ulusal Enerji Modellemesi Sistemi
N <sub>2</sub> O	: Azotdioksit
OECD	: Ekonomik İşbirliği Ve Kalkınma Örgütü
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Teşkilatı
PETFORM	: Petrol Platformu Derneği
PP	: Philips-Perron
TCF	: Trilyon Kübik Fit
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TSE	: Toprak Su Enerji
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
USGS	: ABD Jeolojik Araştırmaları
US DOE	: ABD Enerji Bakanlığı
Vb.	: Ve Benzeri
VECM	: Vektör Hata Düzeltme Modeli
WEO	: Dünya Enerji Görünümü

## GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun günlük ihtiyaçlarını karşılamak için vazgeçilmez bir kaynaktır. Özellikle sanayi devrimiyle beraber fosil yakıtların kullanılmaya başlamasıyla gelişmiş ülkeler enerjiyi kullanmaya başlamış ve bu sayede ekonomilerini, ordularını, teknolojilerini ve nüfuzlarını geliştirmiş ve genişletmişlerdir. 21.yy'da insanın günlük ihtiyaçları düşünüldüğünde enerjinin insan hayatındaki yeri çok daha iyi bir şekilde anlaşılabilir.

Bu çalışmanın amacı ABD'de meydana gelen kaya gazı devriminin ekonomik etkilerini, kaya gazı hakkında genel bilgileri (çıkartılma yöntemi, rezervleri, vs.) , bu enerji kaynağının iklim değişikliği ve çevresel etkilerini ortaya koymaktır.

Son zamanlarda enerji sektöründe sessiz bir devrim gerçekleşmiştir. ABD'de başlayan bu devrime "kaya gazı devrimi" denilmekte ve kaya gazı enerjisi küresel enerji sektöründe "oyun değiştirici" olarak nitelendirilmektedir.

Bu tezin ortaya çıkmasına aşağıdaki temel sorular sebep olmuş ve çalışmada bu sorulara cevap bulmak amaçlanmıştır.

Kaya gazı üretimi gerçekten ABD enerji piyasasında değişime neden olmuş mudur?

Kaya gazı üretimindeki artış neden 2005 yılından sonra sağlanmış ve hangi teknoloji buna sebep olmuştur?

Kaya gazı üretiminin makroekonomik etkileri olmuş mudur? Kaya gazı üretiminden etkilenen sektör olmuş mudur, etkilenen sektörler hangi sektörlerdir, neden etkilenmişlerdir?

Kaya gazı sayesinde düşen doğalgaz fiyatları ve artan gelir gelecekte nasıl etkiler sağlayacaktır?

ABD, 1800'lü yıllardan beri toprağın yaklaşık 2000 metre altındaki kayaçların gözeneklerine sıkışmış doğalgazın farkında olmuş ve bu potansiyel ile yakından ilgilenmiştir. 2000'li yıllara gelindiğinde kaya gazını çıkarmak için gereken teknolojide çok ciddi ivmeler kazanılmıştır. ABD'nin kaya gazını çıkarmaya başlamasıyla beraber bu enerji kaynağı küresel ölçekte dikkatleri üzerine çekmiştir. Çünkü dünyanın en

büyük doğalgaz ithalatçılarından birisi olan ABD bu enerji kaynağı sayesinde ithalatını ciddi biçimde azaltmış ve yurtiçinde doğalgaz maliyetini 8 dolar seviyelerinden 2-4 dolar seviyelerine indirmiştir. EIA (ABD Enerji Enformasyon İdaresi)'nin yapmış olduğu projeksiyonlara göre ABD 2015 yılında doğalgaz ithalatçısı konumundan çıkacak ve doğalgaz ihracatçısı ülke konumuna geçecektir. Bu projeksiyon küresel ölçekte yeni projeksiyonları, yeni teorileri ve yeni beklentileri ortaya çıkarmıştır.

Kömür haricinde fosil yakıtlar rezerv bağlamında dünyada geniş bir coğrafyaya yayılmamıştır. Bu kaynaklar Ortadoğu gibi spesifik bölgelerde yer almaktadır. Bu kaynakların enerjiye sahip olma bağlamında ülkelere ciddi ekonomik faydaları vardır. Kaya gazı rezervleri incelendiğinde dünyada geniş bir coğrafyaya yayıldığı görülmektedir. ABD'de çıkarılmaya başlayan kaya gazı henüz ekonomik olarak çıkarılması söz konusu olmasa da Çin, Meksika, Arjantin, Libya, Pakistan, Cezayir ve Polonya başta olmak üzere bir çok ülkenin ciddi oranlarda kaya gazı rezervlerine sahip olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de özellikle Güneydoğu Anadolu ve Batı Trakya bölgelerinde bu rezervlere rastlanılmaktadır. TPAO, Shell, Exxon Mobile gibi uluslararası enerji şirketleriyle yapmış olduğu anlaşmalarla beraber bu bölgelerde ekonomik olarak çıkarılabilir kaya gazı aramaya başlamıştır. Uzmanlar Türkiye'nin yıllık enerji tüketimi ele alındığında Türkiye'deki kaya gazı rezervlerinin yaklaşık 40 yıl enerji ihtiyacını karşılamada tek başına yeterli olabileceğini söylemişlerdir (Bahtiyar, 2013). Türkiye'nin yüksek cari açık verilerinin en önemli sebeplerinden birisi enerji ithalatıdır. Örneğin TÜİK verilerine göre 2013 yılında 251.650 milyar dolarlık ithalatının 55.915 milyar dolarlık bölümü enerji ithalatından oluşmaktadır.

Kaya gazının dünya ekonomisi ve enerji piyasası üzerinde GSYH, istihdam, vergi, gelir ve doğalgaz fiyatları üzerine doğrudan ve dolaylı etkileri olacaktır. Bu etkilere çalışmanın ilerleyen bölümlerinde değinilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde dünyanın enerji görünümü hakkında bilgi verilmiştir. Buna göre dünya enerji tüketiminde kullanılan kaynaklara ve bu kaynakların enerji tüketimi içerisindeki paylarına değinilmiştir. Ardından dünya enerji tüketiminde kullanılan geleneksel olmayan enerji kaynakları açıklanmış ve bu kaynaklar içerisindeki kaya gazı hakkında ayrıntılı olarak bilgi verilmiştir.



Çalışmanın ikinci bölümünde ilk olarak dünyada ve Türkiye’de kaya gazı rezervleri hakkında bilgi verilmiş ve kaya gazı piyasasının yıllara göre gelişiminden bahsedilmiştir. Sonrasında kaya gazının yarattığı çevre sorunları ve ülkelerin bu çevre sorunlarına karşı aldığı önlemler ve uyguladığı politikalara değinilmiştir. Ardından kaya gazı ve iklim değişikliği sorunundan ve son (2013 yılı) IPCC Raporu’ndan bahsedilerek kaya gazı ve iklim değişikliği perspektifinden değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bölümün sonunda kaya gazının ABD’de meydana getirdiği makroekonomik etkilere değinilmiştir.

Üçüncü ve son bölümde doğalgaz talebi ile gelir ve doğalgaz fiyatları buna ek olarak doğalgaz fiyatları ile doğalgaz üretimi arasındaki ilişki eşbütünleşme yöntemiyle ele alınmıştır. Sonuç bölümünde ekonometrik analizlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve bir kaç politika önermesinde bulunulmuştur.

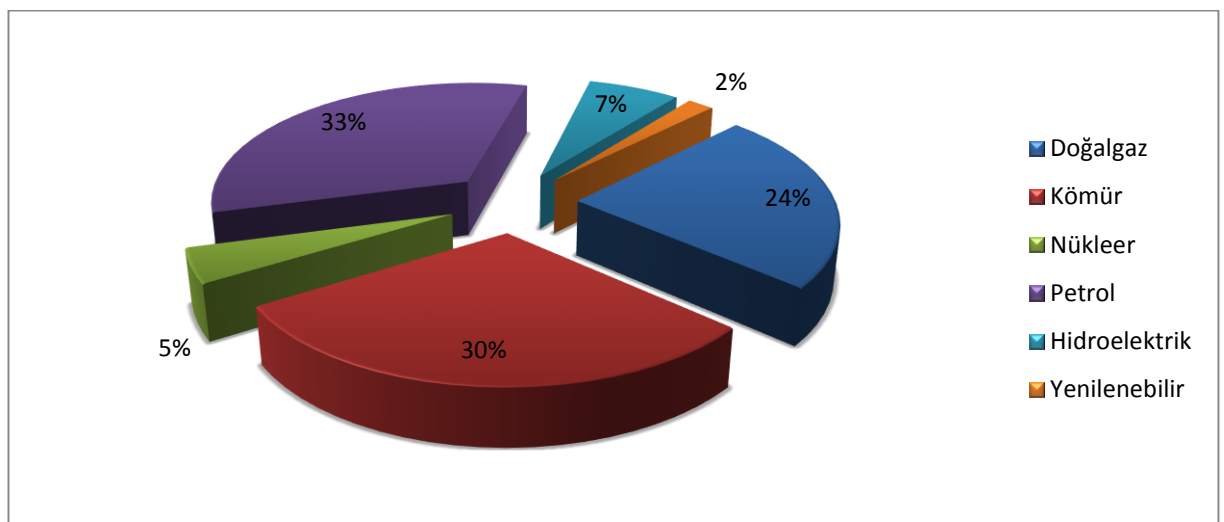
## BİRİNCİ BÖLÜM

### DÜNYA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ, GELENEKSEL OLMAYAN ENERJİ KAYNAKLARI VE KAYA GAZI

#### 1.1. DÜNYA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Enerji temel olarak ülkelerin büyümesinde, kalkınmasında, jeopolitiğinde kilit rol oynamaktadır. Bu bağlamda enerji kaynaklara sahiplik, enerji kaynaklarını ucuza temin etme ve bu kaynakların dünya enerji piyasasında pazarlanması önem arz etmektedir. BP Statistical World Review Of Energy'nin Haziran 2013'deki raporu incelendiğinde dünyada toplam birincil enerji tüketiminin 12.5 milyar ton petrol eşdeğeri (tep) olduğu gözükmektedir. Buna göre dünyada kaynaklar bazında birincil enerji tüketimine bakıldığında fosil yakıtların yüzde 86.9 gibi çok yüksek bir rakamla başı çektiği görülmektedir. Ayrı ayrı ele alındığında petrol yüzde 33.1 doğalgaz yüzde 23.9 ve kömür yüzde 29.9'luk bir oran ile dünya enerji tüketiminde kullanılmaktadır. Çevre dostu ve özellikle iklim değişikliği perspektifinden dünyanın büyük umut beslediği yenilenebilir enerjinin payı yüzde 8.6'dır. Bilindiği gibi yenilenebilir enerji kaynakları başlıca hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütledir.. Yenilenebilir enerji tüketiminde kaynak bazında hidrolik yüzde 6.7 iken diğer yenilenebilir enerji kaynakları yüzde 1.9'dur.

Şekil 1. 1: Dünya Birincil Enerji Tüketimi Kaynaklar Bazında



Kaynak: Kaynak: BP Statistical World Review of Energy, Haziran 2013

Enerji tüketimi, dünya nüfusundaki artış ve sanayileşme nedeniyle her yıl artmaktadır. Nitekim dünya birincil enerji tüketimi 2011 yılında bir önceki yıla göre %2,5 artarak 12,3 milyar tpe'ye ulaşmıştır. Enerji tüketimindeki net büyüme gelişmekte olan ekonomilerde gerçekleşmiş ve Çin bütün küresel enerji tüketimindeki büyümenin %71'ine tek başına neden olmuştur. (BP Statistical Review of World Energy, 2012).

Dünyanın enerji talebinin yüzde 86.9'unun fosil yakıtlardan gelmesi atmosfere salınan sera gazları bağlamında son derece ciddi bir sorundur. Çünkü iklim değişikliğinin en başlıca sebebi sera gazlarıdır. Tüm dünyada bu enerji türlerinin payının nasıl azaltılacağı üzerine ciddi tartışmalar yapılmakta paneller, konferanslar, kongreler düzenlenmektedir.

**Tablo 1. 1:** Dünya Petrol, Doğalgaz ve Kömür Rezervleri, Üretim ve Tüketim Miktarları

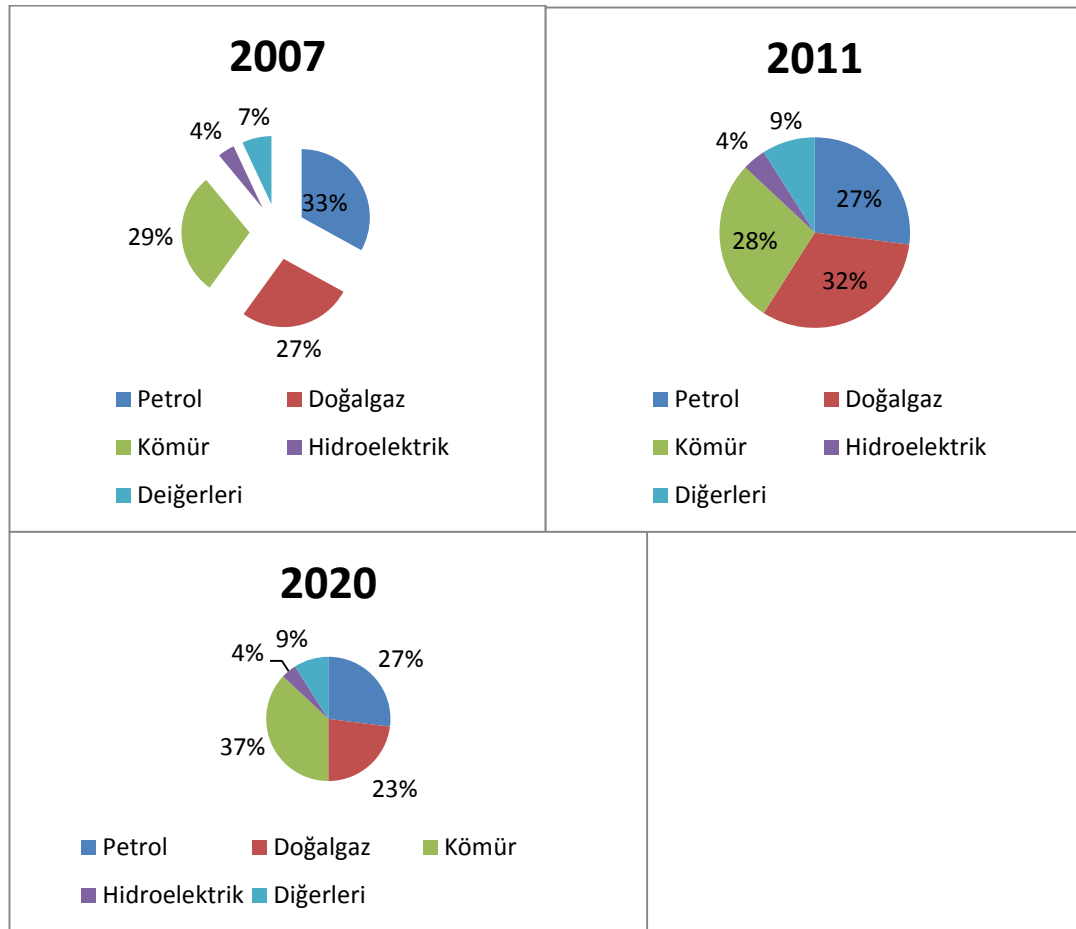
		Kuzey Amerika	Orta & Güney Amerika	Avrupa ve Asya	Ortadoğu	Afrika	Asya Pasifik	Dünya Toplamı
Petrol	Rezerv (milyar ton)	33,5	50,5	19,0	108,2	17,6	5,5	234,3
	Üretim (milyon ton)	670,0	379,9	838,8	1.301,4	417,4	388,1	3.995,6
	Tüketim (milyon ton)	1.026,4	289,1	898,2	371,0	158,3	1.316,10	4.059,1
Doğalgaz	Rezerv (trilyon m <sup>3</sup> )	10,8	7,6	78,7	80,0	14,5	16,8	208,4
	Üretim (milyar m <sup>3</sup> )	864,2	167,7	1.036,4	526,1	202,7	479,1	3.276,2
	Tüketim (milyar m <sup>3</sup> )	863,8	154,5	1.101,1	403,1	190,8	590,6	3.222,9
Kömür	Rezerv (milyar ton)	245,1	12,5	304,6	1,2	31,7	265,8	860,9
	Üretim (milyar mtpe)	600,0	64,8	457,1	0,7	146,6	2.686,3	3.995,5
	Tüketim (milyar mtpe)	533,7	29,8	499,2	8,7	99,8	2.553,2	3.724,3

Kaynak: BP, 2011

2011 yılı sonu itibarıyla dünyadaki ispatlanmış petrol rezervleri 234,3 milyar ton, yıllık üretim ise 4 milyar ton olup, bu tüketim hızıyla yaklaşık 54 yılda dünya

petrolünün tükeneceği varsayılmaktadır (M. A. Ahishali,2013;14). Doğal gazda ispatlanmış rezerv toplamı 208,4 trilyon m<sup>3</sup>, yıllık üretim ise 3,3 trilyon m<sup>3</sup> olup, bu tüketim oranıyla doğal gazın da yaklaşık 64 yıllık bir ömrü kalmıştır. Ayrıca, 861 milyar ton (linyit, taşkömürü vs. toplamı) olarak belirlenen dünya kömür rezervlerinin yaklaşık 112 yıllık bir ömrü kaldığı hesaplanmaktadır (BP Statistical Review of World Energy, 2012).

**Şekil 1. 2:** 2007-2020 Yılları Arasında Dünyada Enerji Kaynakları Kullanım Oranları



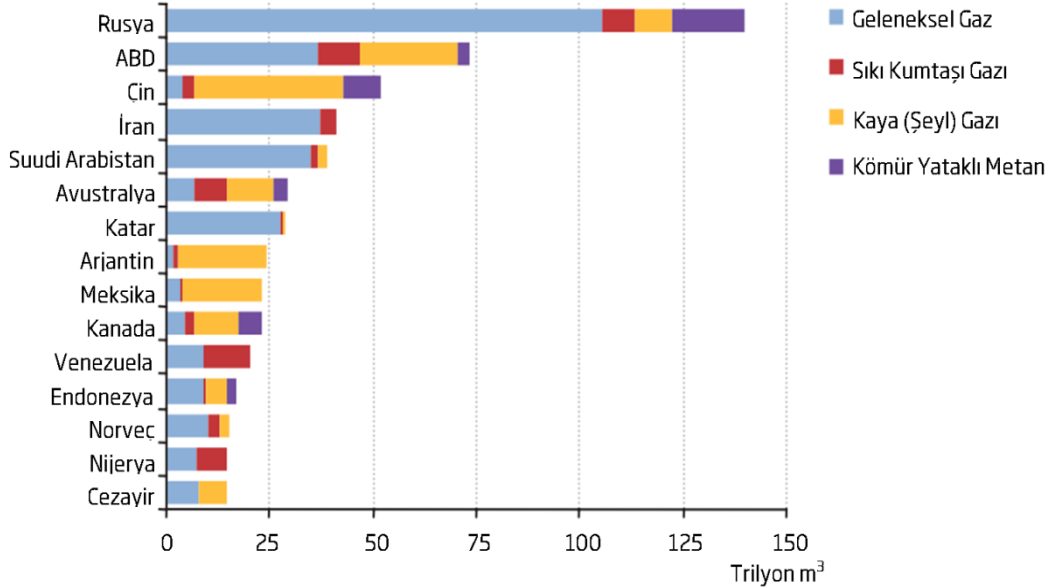
Kaynak: Türkiye Kojenerasyon ve Temiz Enerji Teknolojileri Derneği, 2013

Dünyada enerjinin kaynaklarına göre kullanım oranlarına bakıldığında doğal gaz 2007’de yüzde 27 iken 2011’de yüzde 32’ye çıkmıştır. 2020 yılına ait projeksiyonda ise doğal gaz kullanım oranının yüzde 23’e gerileyeceği tahmin edilmektedir. Petrol incelendiğinde 2007 yılında yüzde 33’lük bir kullanım oranına sahipken 2011 yılında yüzde 27’ye gerilemiştir. 2020 yılına gelindiğinde petrol kullanımında artış beklenmemekte ve bu oranın yüzde 27 civarında devam edeceği tahmin edilmektedir. Diğer bir fosil kaynak türü olan kömür incelendiğinde 2007 yılında dünya enerji

talebinin yüzde 29'unu kömürden karşılamıştır. 2011 yılına gelindiğinde bu kömürün dünya enerji piyasasındaki payı yüzde 28'e gerilemiştir. Ancak 2020 projeksiyonları incelendiğinde kömürün dünya enerjisindeki payının yüzde 37'lere kadar çıkacağı tahmin edilmektedir.

Yukarıdaki veriler iklim değişikliği bağlamında incelendiğinde dünyanın mevcut sera gazı emisyonlarının artarak devam edeceği söylenebilir. 2020 yılına gelindiğinde fosil yakıtların dünya enerji talebini karşılamadaki payında çok ciddi düşüşler beklenmemesi ve özellikle sera gazı salınımında en yüksek potansiyele sahip olan kömürün yüzde 37'lere kadar artması dünyada iklim değişikliği sorununun ciddi bir şekilde tartışılmaya devam edeceğini göstermektedir. Enerji sektöründe verimliliği yakalamadan, yenilenebilir enerjiyi teşvik etmeden, sera gazı emisyonlarını azaltan formüller bulmadan, iklim değişikliği müzakerelerinde gerekli uzlaşmalara varmadan ve olumlu sonuçlara ulaşmadan iklim değişikliğinde dünya açısından iyileşmeler beklemek hayaldir.

**Şekil 1. 3:** Çıkarılabilir Doğalgaz Rezervlerinin En Çok Rezerve Sahip 15 Ülkeye Göre Dağılımı



Kaynak: IEA – Golden Rules for a Golden Age of Gas, 2012

Yukarıdaki şekil dünyada çıkarılabilir doğalgaz rezervlerine sahip ilk 15 ülkeyi ve bu rezervlerin hangi kaynaklardan oluştuğunu göstermektedir. Bu kaynaklar geleneksel gaz, sıkı kumtaşı gazı, kaya gazı ve kömür yataklı metandır. Dört kaynak türünün toplamı ele alınarak değerlendirildiğinde Rusya'nın başı çektiği görülmektedir.

Rusya'nın ardından en çok rezerve sahip ülke ABD'dir ve ABD'yi Çin ve İran izlemektedir. Geleneksel gaz bağlamında en fazla rezerve sahip üç ülke Rusya, İran ve Suudi Arabistan'dır. Ekonomik anlamda da doğalgazdan en fazla faydalanan ülke Rusya'dır. Kaya gazı rezervlerine bakıldığında en fazla rezerve Çin, ABD, Arjantin ve Meksika sahiptir. Ekonomik anlamda kaya gazından en ciddi gelir elde eden ülke Amerika'dır. Sıkkı kum taşı rezervler en çok Venezuela, ABD, Avustralya ve Nijerya'da bulunmaktadır. Kömür yatakları metan rezervlerine bakıldığında da Rusya'nın en çok rezerve sahip olduğu onu Çin ve Kanada'nın takip ettiği görülmektedir. Kanada ise ekonomik açıdan kömür yatakları metandan önemli ölçüde faydalanmaktadır.

## 1.2 GELENEKSEL OLMAYAN ENERJİ KAYNAKLARI

Günümüz enerji kullanım oranlarına bakıldığında karşılaşılan tablo şöyledir: dünyada enerji kaynaklarının kullanımında en ağırlıklı oran fosil yakıtlarıdır (kömür, doğalgaz, petrol). Bir önceki bölümde de değinildiği gibi dünya enerji tüketiminin yaklaşık yüzde 87'si fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Bundan sonrada diğer kaynaklar olarak düşünebileceğimiz yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kaynakları mevcuttur. Yenilenebilir enerji olarak su, güneş, rüzgar ve jeotermal kaynakları son zamanlarda artan oranda kullanılmaktadır. Geçmiş 50 yıldan günümüze bakıldığında ekonomik anlamda bu enerji kaynaklarından yararlanıldığı görülmektedir. Ancak en başından bugüne kadar en önemli ve en yoğun kullanılan enerji türü fosil yakıtlarıdır. Bu bağlamda enerjinin başlı başına ve ülkelerin sahipliği bakımından ciddi şekilde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla en önemli konu fosil yakıtları ise bu yakıtların dünyada enerjinin sahipliği bakımından coğrafi olarak eşit dağılmadığı da görülmektedir. Fosil yakıtları içerisinde en önemlisi kömür geniş bir coğrafyada bulunabilirken, doğalgaz ve petrol dünyada sadece belli bölgelerde bulunmaktadır. Bu bölgeler ağırlıklı olarak Ortadoğu, Rusya, İran, Cezayir ve Venezüella'dadır. Buradan yola çıkıldığında dünyada petrol ve doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %75'inin Türkiye çevresindeki ülkelerde yer aldığı görülmektedir. Rusya ve Ortadoğu yani OPEC ülkeleri enerji piyasasını çok ciddi bir şekilde etkilemektedir ve enerji piyasasındaki değişimlerden etkilenmektedir. Çünkü bu ülkeler özellikle petrol ve doğalgaz rezervlerinden ekonomik anlamda ciddi gelirler sağlamaktadır. Petrol ve doğalgazaa sahip olmayan Türkiye, Japonya, Almanya gibi ülkeler de enerjide dışa bağımlıdır.

Hatta Amerika yüksek miktarda petrol ve doğalgaz rezervlerine sahip olmasına rağmen daha fazla olan toplam enerji talebini karşılamak için enerjinin önemli bir kısmını dışarıdan ithal etmektedir. Bu ithalat ülkelerin ekonomik göstergeleri üzerinde –cari açık, dış ticaret açığı gibi- ciddi bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda az sayıda petrol ve doğalgaz rezervlerine sahip ya da petrol ve doğalgaz rezervlerine sahip olmasına rağmen daha fazla enerji talebinde bulunan ve bu kaynakları ekonomik anlamda kullanamayan ülkeler enerji ihracatçısı ülkelere bağıdırlar. Çünkü sanayilerinin gelişmesi ancak bu ülkelerden enerji teminine bağıdır. Dolayısıyla jeopolitik açıdan enerji önemli bir konudur.

Fakat geleneksel olan fosil yakıtlardan başka bir de geleneksel olmayan enerji kaynakları (unconventional) vardır ve bu kaynaklar son zamanlarda özellikle alternatif arayışlar ve teknolojik gelişimler sayesinde popülerlik kazanmış ve ekonomik anlamda yararlanabilir seviyeye gelmiştir. Ayrıca bu kaynakların rezerv açısından dünyada geniş bir coğrafyaya dağılması da bu kaynaklara olan ilgiyi arttırmıştır. Dolayısıyla bu bölümde yeni yeni gündeme gelen ve Amerika, Kanada, Polonya gibi ülkelerde ciddi ekonomik etkiler yaratan (Türkiye'nin de mevcut çalışmalardan sonuç alındığı takdirde doğrudan etkileneceği tahmin edilmektedir) ve ilerideki dönemde dünya enerji piyasası ve fiyatları üzerinde değişimlere sebep olabilecek güçteki bu enerji kaynaklarına değinilecektir.

### **1.2.1. Kömür Yataklı Metan (Coal Bed Methane)**

Kömür kökenli metan, kömür damarlarında doğal olarak oluşan ve az miktarlarda hidrokarbon ya da hidrokarbon olmayan gazları içeren bir gazdır. Bitkisel atıkların geçirdiği bazı kimyasal ve fiziksel işlemler sonucunda oluşan kömürleşmeyle birlikte metan gazı da oluşmaktadır. Özellikle sıcaklık ve basıncın etkisiyle bitkisel atıklar kömürleşmeye başlar ve bu olay esnasında metanın yanı sıra karbondioksit, azot ve su da oluşur (Aydiner v.d.). Kömür içerisindeki metan; ya çatlak, kırık ya gözeneklerde serbest gaz, ya çatlaklarda veya gözeneklerde tutunmuş ya da kömür içerisinde çözülmüş olarak bulunur. Bunlardan metanın serbest olarak bulunduğu durum ile yüzeye tutunmuş olarak bulunduğu durum emisyon açısından önemlidir (Yalçın ve Durucan, 1992).

Düsey kuyular ve tavan ve taban galerilerinde arın önüne delinen delikler vasıtasıyla üretilen metan gazı yüksek kalitede olduğundan dolayı doğal gaz olarak kullanılabilir. Gazın, doğal gaz gereksinimlerini karşılayamadığı durumlarda istenmeyen bileşenlerin ortamdan uzaklaştırılmasıyla ve/veya gazın yüksek ısı değere sahip gaz ile karıştırılması ile gaz zenginleştirilebilmektedir (Karakurt vd, 2009).

Kömür kökenli metan (KKM), bazı bölgelerde sıvılaştırılmış doğal gaz üretimi için geleneksel doğal gazlara alternatif ve düşük maliyetli kaynak olabilmektedir. Gaz sıvılaştırma teknolojilerindeki gelişmeler ve küçük ölçekli soğutma ekipmanlarının boyutlarındaki küçülmeler, yöntemin uygulanabilirliğini kolaylaştırdığından, uygulamada son yıllarda artış gözlenmeye başlanmıştır. Sıvılaştırılması düşünülen doğal gazın (kömür kökenli metan) öncelikle içerisindeki yabancı gazlardan arındırılması ya da seçilen sıvılaştırma yöntemlerine bağlı olarak kabul edilebilir konsantrasyonlara düşürülmesi gerekir. Bilinen yöntemlerden biri ile doğal gaz saflaştırıldıktan ya da zenginleştirildikten sonra ikinci kademedeki sıvılaştırma işlemine tabi tutulmaktadır (Coşkun, 2004; Sööt vd., 2006).

**Tablo 1. 2:** KKM'nin Kullanım/Emisyon Azaltım Seçenekleri (Bibler ve Carothers, 2001)

Doğalgaz Yerine Gazın Kullanılması		
Kullanım/Azaltım Seçenekleri	Direkt Olarak Kullanım	Kömürler birlikte gazın müşterek yakılması (ısı üretmek için)
		Kömürün kurutulması
		Ağıt metaller içeren suyun buharlaştırılması
		Maden binalarının ve havasının ısıtılması
		Yerel sanayiler tarafından değişik amaçlarda kullanımı
		Havalandırma havasının oksidasyonu (ısı üretmek için)
	Elektrik Üretimi ve Kojenerasyon	Kömürle birlikte gazın müşterek yakılması (elektrik üretmek için)
		İçten yanmalı motorlar
		Türbinler
		Yakıt Hücreleri
		Havalandırma havası oksidasyonu
İmha (yakma, havalandırma havasının oksidasyonu)		

Kaynak: Aydın ve Karakurt, 2008



ABD ve Kanada'da sıkılaştırılmış gaz ve kaya gazı, Avustralya'da ise CBM (kömür kökenli gaz) olarak üretilen ankonvansiyonel gaz, henüz gaz devriminin başında olunmasına rağmen dünya piyasalarını etkilemeye başlamıştır. ABD'yi enerji projeksiyonlarında dev bir enerji ithalatçısı konumundan, doğal gaz fiyat artışının devamı ile önemli bir gaz ihracatçısı konumuna getirmiştir. CBM üretimindeki artış ile Avustralya dünya LNG pazarında 2020 yılında liderliği hedeflemekte, Fukushima sonrası nükleer santrallerinin tamamını kapatan Japonya Avustralya'nın en büyük müşterisi olma yolunda hareket etmektedir. Güneydoğu Asya'da Çin ve Hindistan artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve artan doğal gaz faturalarını düşürmek için ankonvansiyonel gaza yönelmektedir. Çin'in 2015 yılında CBM üretimini önemli ölçüde arttırması, 2020'de ekonomik ve önemli miktarda shale gaz üretmesi, Endonezya ve Arjantin'in de 2020-2025 arası ankonvansiyonel gaz üretimlerini arttırması beklenmektedir. Halen Avrupa'da %1'in altında olan ankonvansiyonel gaz üretiminin 2035'te %27'ye, AB içinde ise %47'ye yükselmesi beklenmektedir. Avrupa'da bu alanda Polonya'nın olacağı öngörülmekte, İngiltere, Fransa ve Norveç ABD'deki geleneksel olmayan devrimi yakından takip etmektedir. Fukushima sonrası nükleer enerjiyi bir kez daha sorgulayan AB'nin; nükleer enerji, ankonvansiyonel gaz ve Rus gazına bağımlılık arasında bir seçim yapması beklenmektedir (World Energy Outlook, 2012).

### **1.2.2. Sıkılaştırılmış Gaz (Tight Gas)**

Kaya gazları ve kömür damarları kökenli gazlar (Coal Seam Gas - CSG) gibi sıkıştırılmış gaz (tight gas) da geleneksel olmayan gaz türleri arasında zikredilmektedir. Sıkıştırılmış doğal gazlar, gazın çok yoğun bulunduğu bölgeler olan verimli yerler (sweet spots) tespit edilerek çıkarılmaktadır. Kumtaşı rezervuarları içine yerleşen sıkıştırılmış gazlar, üretilmesi ve çıkarılması zor geleneksel olmayan doğal gaz çeşitleri sınıfından kabul edilmektedir. Kumtaşı rezervuarının yapısı itibariyle sıkışmış gazın üretimi ticari boyutta uygun olmamasına karşın enerji fiyatlarının aşırı yükselmesi nedeni ile söz konusu doğal gazın çıkarılması ekonomik hale gelmektedir (Taner, 2012).

Sıkılaştırılmış gaz ilk geliştirilen geleneksel olmayan enerji kaynağıdır ve bugün Amerika'da üretilen geniş geleneksel olmayan enerji kaynağı türüdür. Fakat son yıllarda kaya gazının çok daha hızlı bir ivme yakaladığı aşikardır. Sıkılaştırılmış gaz rezervleri

dünya çapında bulunabilmesine rağmen Kuzey Amerika, Rusya ve Çin'de yoğunluklu olarak yer almaktadır. Geçen on yıla kadar sıkılaştırılmış, ekonomik bağlamda yararlı görülmemesine rağmen son yıllarda özellikle teknolojideki belirgin gelişmeler bu enerji kaynağını yatırım yapılıır hale getirmiştir.

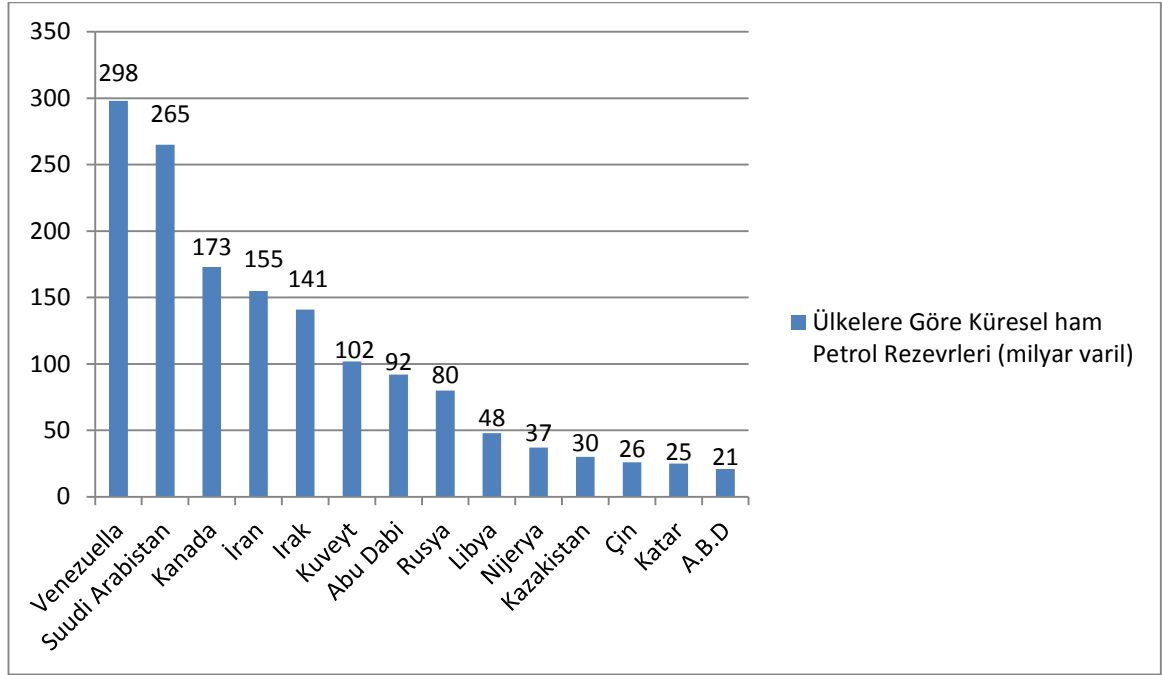
### **1.2.3. Kum Petrolü (Oil Sand)**

Kum petrolü benzin ve mazot gibi kullanışlı yakıtları üretmek için rafineriler tarafından kullanılmadan önce işlemden geçirilmesi gereken ağır ve ciddi derecede yoğun olan kum, kil veya diğer minerallerden oluşan karışımdır. Kum petrolü Venezuela, Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya olmak üzere dünyanın çeşitli bölgelerinde bulunabilir, ancak Alberta Athabasca (Kanada'da yer alır) yatağı en gelişmişidir ve teknolojik olarak en gelişmiş üretim süreçlerini kullanır. Kanada dünyanın en büyük 3.petrol rezervlerine sahiptir ve bu rezervlerin %97'si kum petrolünden meydana gelmektedir. Matematiksel olarak 173 milyar varillik Kanada petrolü bugünün teknolojisiyle ekonomik olarak değerlendirilebilir ve bu rezervin 168 milyar varili kum petrolünden oluşmaktadır <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Canadian Association of Petroleum Producers, 2013  
<http://www.oilsandstoday.ca/whatare oilsands/Pages/WhatareOilSands.aspx>

**Şekil 1. 4:** Küresel Ham Petrol Rezervleri (Ülkelere Göre)



Kaynak: Oil & Gas Journal Dec 2012 and ERCB

Yukarıdaki tabloya bakıldığında Kanada'nın Venezuela ve Suudi Arabistan'ın ardından en büyük petrol rezervlere sahip olduğu görülmektedir. Kanada'nın en yüksek petrole sahip 3. ülke olmasının temel sebebi kum petrolü rezervlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi bu enerji kaynağından ekonomik anlamda en yüksek gelir eden ülke Kanada'dır. Tabloda dikkat çeken diğer husus ABD'nin en düşük kaynağa sahip olmasıdır. Buna rağmen ABD bu enerji kaynağına ciddi yatırımlar yapmaktadır.

#### 1.2.4. Kaya Petrolü (Shale Oil)

Kaya gazı gibi kaynak kaya da hapsolmuş halde bulunan ham petroldür. Kaya gazı kadar popüler olmamasın sebebi, sıvıların geçirimsiz tabakalardan üretimi teknik ve ekonomik olarak gaz üretimine göre çok daha zordur. Gazların düşük yoğunluğu ve uçuculuğu üretimlerini sıvılara göre üstün kılmaktadır. Türkiye'de Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kaya petrolü kaynakları bulunmaktadır (Özgür, 2013). Aşağıdaki tabloda teknik olarak çıkarılabilir kaya petrolüne sahip ilk 10 ülke gösterilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi çoğu geleneksel petrol rezervlerinin aksine kaya petrolü rezervleri dünyada geniş bir coğrafyaya dağılmıştır.

**Tablo 1. 3:** Teknik Olarak Çıkarılabilir Kaya Petrolü Rezervine Sahip İlk 10 Ülke

Sıra	Ülke	Kaya Petrolü (milyar varil)
1	Rusya	75
2	Amerika	58
3	Çin	32
4	Arjantin	27
5	Libya	26
6	Avustralya	18
7	Venezuela	13
8	Meksika	19
9	Pakistan	9
10	Kanada	9
Toplam		280
Dünya Toplamı		345

Kaynak: EIA, 2013

Teknik olarak çıkarılabilir kaya petrolü dünyada en çok 75 milyar varillik rezerv ile Rusya'da bulunmaktadır. Rusya'yı sırasıyla 58 milyar varil ile Amerika ve 32 milyar varil ile Çin takip etmektedir. Teknik olarak çıkarılabilir kaya petrolü rezervlerine sahip ilk 10 ülkede rezervler toplam 280 milyar varile tekabül etmektedir. Dünya rezerv toplamına bakıldığında bu rakam 345 milyar varile tekabül etmektedir. Ortadoğu'da en fazla kaya petrolüne sahip iki ülke vardır. Bunlardan birincisi 26 milyar varil ile Libya, 9 milyar varil ile Pakistan'dır. Bu potansiyel düşünüldüğünde dünya enerji talebinin büyük bir kısmının Ortadoğu'daki ülkelere karşılanmaya devam edeceği görüşü güçlenmektedir. Dünya petrol rezervlerinin hakim konumundaki Ortadoğu kaya petrolü rezervleri ile de dikkatleri üzerine çekmektedir. Enerji arz güvenliği çerçevesinde düşünüldüğünde ise Ortadoğu ülkelerinde süregelen siyasi istikrarsızlıklar enerjinin sağlıklı bir şekilde diğer ülkelere ulaşmasında sorun teşkil etmektedir. Dolayısıyla Ortadoğu'nun sosyal ve siyasi atmosferindeki pozitif gelişmeler sağlıklı bir enerji arz talep ilişkisi kurulması yönünden elzemdir.

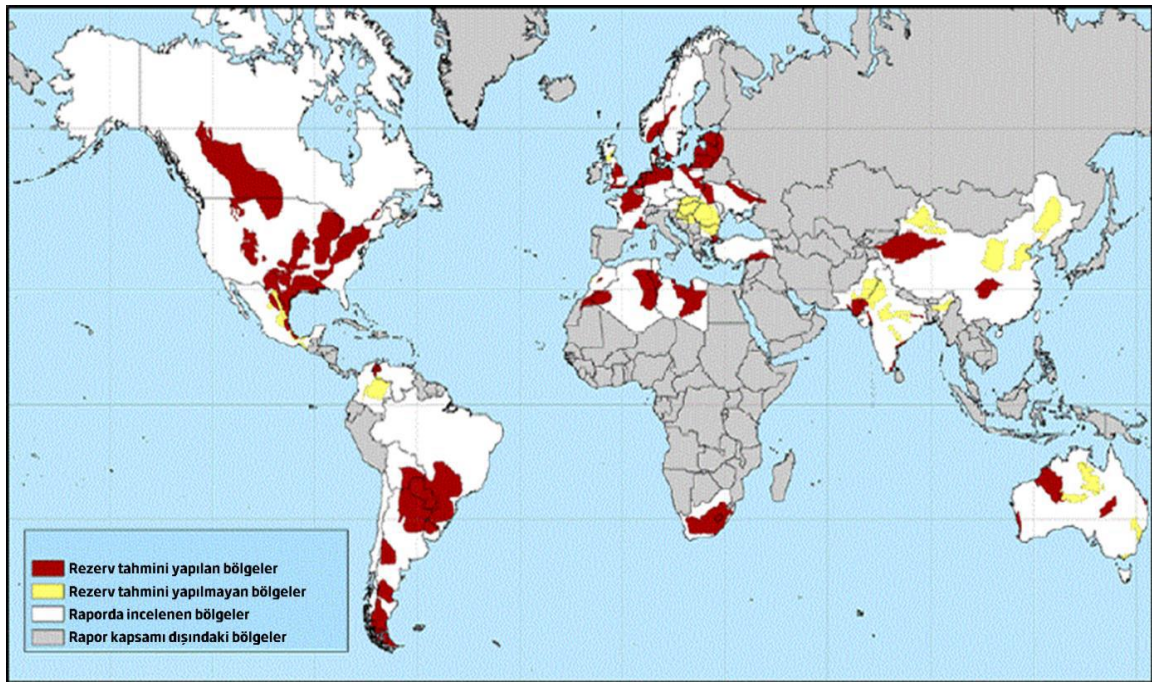
### 1.2.5. Kaya Gazı (Shale Gas)

Kaya gazı (Şeyl Gaz) kayaç denilen formasyonların içinde sıkışmış olan doğal gazdır. Hidrolik çatlatma adı verilen işlemle kaya katmanlarının içinde kırılmalar üretilerek açığa çıkması sağlanır. Bu çatlatmalarda su basıncı kullanılır. İşte Kaya Gazı devrimi ile suyun ayrılmaz ilişkisi burada başlar (Yılmaz, 2013).

Kaya gazının kökeni kömür, gaz ve petrol gibi bütün hidrokarbonlarıkiyle aynıdır. Bu gaz, kaynak kaya içinde; okyanusların ve göllerin dibinde biriken, organik madde açısından zengin tortulların dönüşümü sonucu oluşmaktadır. Tarihsel süreç içinde bu tortullar daha derine gömülürler ve yer altında sıcaklık ve basınç toplayarak, ihtiva ettikleri hidrokarbonları organik maddeye dönüştürürler. Bu şekilde oluşan hidrokarbonların çoğu zaman içinde kaynak kayadan dışarı atılır ve yüzeye doğru yol alırlar. Ancak, bazı durumlarda, yüzeye çıkan bu hidrokarbonlar sızdırmaz bir kaya bariyer tarafından engellenir. Bunun sonucunda, hidrokarbonlar bu kayanın altında birikir ve nihayetinde kaynak kayada kalan hidrokarbonlar gaz ve petrol rezervi oluşturur (Total, 2012).

Aşağıdaki şekilde dünyadaki tahmini kaya gazı ve kaya petrolü bulunan bölgeler verilmiştir. Kırmızı işaretli alanlar rezerv tahmini yapılan alanları bölgeleri, sarı renkli alanlar rezerv tahmini yapılmayan bölgeleri göstermektedir.

**Şekil 1. 5:** Dünyada Kaya Gazı Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı



Kaynak: EIA, World Shale Gas Resources, 2011

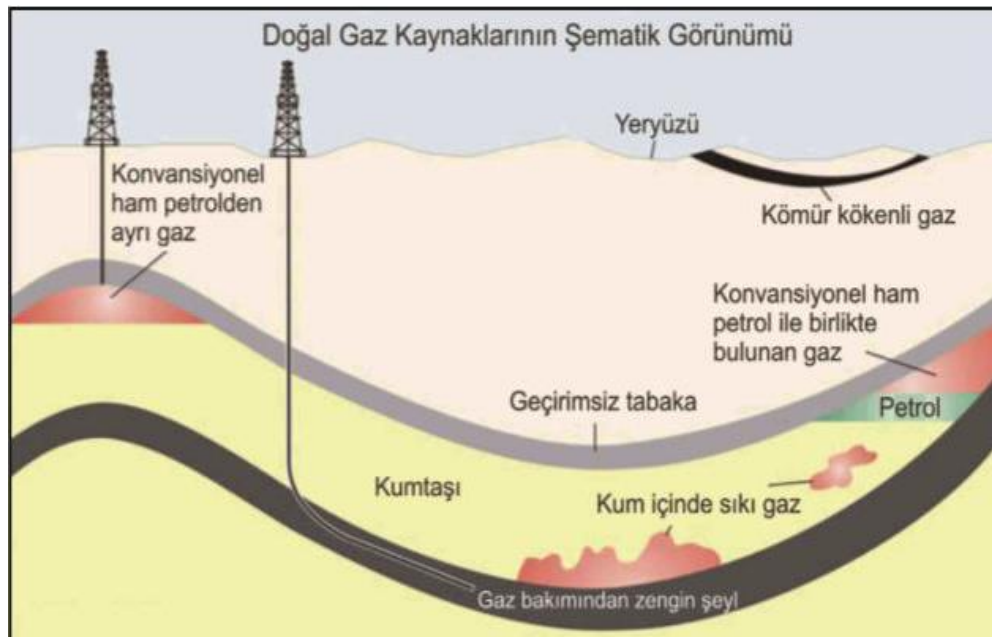
Günümüzde kaya gazı çıkarma çalışmaları yoğun olarak ABD’de gerçekleştirilmektedir. ABD’nin 2010 yılı toplam doğal gaz üretimi 604 milyar m<sup>3</sup>

olup, bu üretimin yaklaşık %25'i kaya gazından sağlanmaktadır (EIA). Bu oran ABD ve dünya enerji piyasası açısından ciddi bir öneme sahiptir çünkü ABD kaya gazı üretimi artarak devam etmektedir dolayısıyla zamanla enerjide kendi kendine yetebilecek hale gelebilecek ve enerji ihracatçısı durumuna dönüşecektir. Yukarıda belirtilen kaya gazı rezervleri ilerleyen bölümlerde detaylarıyla açıklanacaktır.

### 1.3. KAYA GAZI ÇIKARMA YÖNTEMLERİ

Doğal gaz olarak bildiğimiz ve tanıdığımız metan gazı kömür, petrol ve doğal gazın ana bileşenidir. Kömür, petrol, doğal gaz gibi kaynaklar konvansiyonel (conventional) enerji kaynakları olarak anılırlar. Son yıllarda ülkemizde kömür ve bitümlü şeyl (oil shale) gibi yerli enerji kaynağı fosil yakıt arayışları sırasında şeyl gazı (shale gas) gündeme gelmiştir. Geleneksel olmayan enerji kaynakları sınıflamasında yer alan ve ülkemizde kaya gazı olarak da anılan şeyl gazı, adını içinde bulunduğu kayaç türünden almaktadır. Kaya gazı, şeyl (shale) adı verilen, kil ile kuvars ve kalsit minerallerinden oluşan tortul kayacın küçük gözeneklerinde bulunan gazdır. Konvansiyonel olmayan enerji kaynakları içinde şeyl gazı (shale gas) ile birlikte sıkı kumtaşı (tight sandstone) ve kömür kökenli gaz (coalbed methane) da yer almaktadır (Yıldız, 2013).

Şekil 1. 6: Doğalgaz Kaynaklarının Şematik Görünümü



Kaynak: EIA yayınlarından Dr. İlker Şengüler (MTA) tarafından derlenmiştir.

Şeyl denen tortul kayalar normalde içlerinden gaz ve sıvı maddelerin geçmesi konusunda sınırlı ve düşük geçirgenliğe sahiptirler. Bu gazın çıkarılıp bulunduğu kayaçlardan çıkarılıp ekonomik olarak kullanılması için geliştirilen üç türlü yöntem vardır. Bunlardan birincisi hidrolik kırılma “hydraulic fracturing” dir. Bu yöntemle uzun süren çalışmalar ardından gaz potansiyeline sahip olan bölgeler belirlenir ve sondajlama tekniğiyle yeraltındaki doğalgaz yüzeye çıkartılır<sup>2</sup>.

Teknolojinin gelişmesiyle beraber hali hazırda kullanılan sondajlama teknikleri de gelişmiştir Teknolojide meydana gelen iki önemli gelişme kaya gazından ekonomik olarak faydalanmaya olanak sağlamıştır. Bunlardan birincisi hidrolik kırılma ikincisi de yatay sondajlama tekniğidir. Hidrolik kırılma yöntemi, daha önce geleneksel olmayan bu kaynakların çıkarılmasına engel olan yüksek maliyeti de indirgeyerek günümüzde şeyl denilen bu kayalardan doğal gaz ve petrol üretimini mümkün kılmaktadır.

Hidrolik kırılma, kayalarda kırılmalar ve çatlamlar oluşturmak için su, kum ve hidrolik kırılma sıvıları adı verilen özel kimyasalları yer altına yüksek basınçla enjekte eden bir yöntemdir. Böylece yer altında bulunan kaya formasyonlarında çatlaklar oluşturularak kayanın ihtiva ettiği doğalgazın ve petrolün çatlaklardan sızması sağlanmaktadır. Kaya üzerinde bir kuyu delinerek milyonlarca varil su, kum ve özel kimyasal karışımları yüksek basınç altında kuyuya enjekte edilmektedir. Oluşan basınç kayayı kırarak doğal gazın veya petrolün kuyudan çıkmasına ve daha serbestçe dolaşmasına olanak sağlayan çatlaklar açmaktadır (M. A. Ahışalı,2013).

Yatay sondajlama tekniği de dikey olarak açılan kuyularla şeyl denilen kayaç türüne ulaşıldıktan bundan sonraki işlemin yatay olarak ilerlemesiyle başlar. İçine çok yüksek miktarda su, kum ve kimyasallardan oluşan bir karışım basınçlı bir şekilde salınmakta ve gözeneklere sıkışmış olan gaz bu sayede serbest kaldıktan sonra kuyulardan açığa çıkmaktadır.

Bu kavram ilk kez ABD, Texas Eyaletinin orta-kuzeyinde yer alan Ft. Worth Havzası'nda Barnett Shale birimi için geliştirilmiştir. Sahada ilk kuyu 1981 yılında konvansiyonel amaçlar ve yöntemlerle açılmıştır. 1981-1990 yılları arasında konvansiyonel rezervuarlardan üretim yapmak üzere yaklaşık 100 adet kuyu açılmıştır. 1997'den sonra “unconventional” yöntemlerle, hidrolik çatlatma (hydro-frac)

<sup>2</sup> <http://www.turkborsa.net/belgeler/raporlar/ozelarastirmakayagazi.pdf>

kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucunda bu havzada arama ve üretim faaliyetleri çok hızlı artmış ve 2006 yılı Eylül sonu itibarıyla üretim yapılan kuyu sayısı 6203'e ulaşmıştır. 2002 yılından beri yatay kuyuların kazılmaya başlanmasıyla üretim miktarı katlanmış ve bu saha Texas'ın en büyük, ABD'nin ise ikinci büyük sahası haline gelmiştir. 2004 yılı Birleşmiş Devletler Jeoloji Araştırma Kurumu (USGS) raporlarına göre sahanın üretilbilir potansiyeli 26.2 tcf olarak rapor edilmiştir. (Namık Kemal, 2012)

Bu işlemin en önemli bileşeni sudur. Bir kuyuyu yatay hidrolik kırılmaya tabi tutmak için yaklaşık 8 ila 15 milyon litre su kullanılmaktadır (U.S. Department of Energy, 2009). Bununla beraber, bir kuyunun birçok kez delinebildiği de düşünüldüğünde, kullanılan su miktarı çok yüksek boyutlara ulaşabilmektedir. Şöyleki, hidrolik kırılma işleminde kullanılan su miktarındaki fazlalık nedeniyle Çin'in kaya gazı çıkarma çalışmalarında sorunlar yaşadığı bilinmektedir (Hook, 2012).

Kaya gazı arama ve çıkarma faaliyetlerinde en yaygın olarak kullanılan yöntem "horizontal fracking" yani yatay hidrolik kırılma yöntemidir. Bununla beraber dikey hidrolik kırılma (vertical fracking) ve döner hidrolik kırılma (rotary fracking) yöntemleri de mevcuttur.

### **1.3.1 Dikey Hidrolik Kırılma (Hydraulic Fracturing and Vertical Drilling)**

Dikey hidrolik kırılma, yüzeye dik şekilde çukurlar açarak yapılan bir sondaj teknolojisidir. Bu yöntem uzun yıllardır kullanılmakta olup, "vertical fracking" terimi horizontal fracking, yani yatay hidrolik kırılma öncesinde konvansiyonel fracking yöntemleri için de kullanılmaktadır. Dikey hidrolik kırılma, yapısı bazı kısa yatay bileşenler içermesine karşın, geniş yan bileşenleri kullanmayan bir tekniktir (Ahışhalı, 2013).

### **1.3.2. Yatay Hidrolik Kırılma (Hydraulic Fracturing and Horizontal Drilling)**

Yatay hidrolik kırılma, açılan kuyuların aşağı doğru gitmesi yerine, yanal olarak ilerlemesine imkan sağlar, böylece daha büyük bir alana, yüzeyde birçok delik açmadan ulaşabilmektedir. Dikey bir kuyunun aksine yatay bir kuyu, bir kaya yatağı boyunca üç kilometre uzanabilmektedir. Yatay sondajın yanal yapısı yüksek hacimli hidrolik



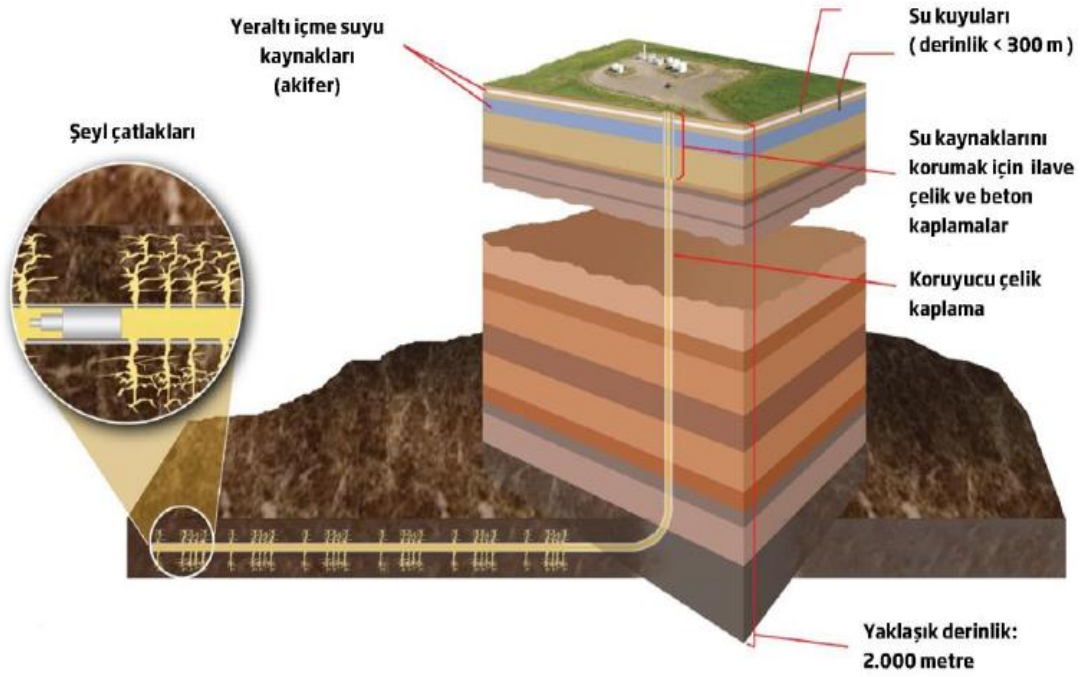
kırılmaya olanak sağlamaktadır. Yüksek hacimli hidrolik kırılma, daha önce kullanılan sondaj tekniklerinde (vertical fracking) kullanılan daha farklı bir kimyasal karışım içeren ve 1990'larda geliştirilen bir tekniktir. Yüksek hacimli hidrolik kırılma, daha az jelleştirici kullanmakta olup, önceki yöntemlerde kullanılanlardan daha fazla miktarda sürtünme azaltıcı kimyasal (hidrolik kırılma sıvıları) kullanır. Bu yöntemde, önceki yöntemlerden 70 ila 300 kez daha fazla akışkan (sıvı) kullanılmaktadır. Bu kapsamda, dikey ve yatay hidrolik kırılma arasındaki fark, aslında kaya gazının çıkarılması sırasında ne kullanıldığıyla ilgilidir. Kısaca, yatay hidrolik kırılma yönteminde sondaj ilk olarak dikey başlamaktadır, ancak daha sonra yan taraflara dönerek yatay devam etmektedir. Bunun yanında, yatay kırılma daha fazla su, kum ve kimyasal kullanmakta ve yüksek hacimli hidrolik kırılmaya imkan sağlayarak daha fazla doğal gazın çıkarılmasına olanak vermektedir (M. A. Ahışhalı,2013).

### **1.3.3. Döner Hidrolik Kırılma (Rotary Hydraulic Fracturing)**

Döner hidrolik kırılma, yer kabuğunda delikler açmak için keskin ve dönen bir matkap kullanan bir sondaj teknolojisidir. Bu teknoloji, "çamur" olarak bilinen bir sıvı kullanmakta olup, bu sıvı genellikle barit, tebeşir (veya hemotit) gibi mineraller ve kil içermektedir. Bu çamur sıvısı petrol bazlı olup, genellikle dizel veya sentetik yağ gibi petrol ürünleri kullanılarak oluşturulur. Ayrıca, çamurun oluşturulmasında su ve kil karışımları da kullanılabilir (Glass, 2011).

Aşağıdaki şekilde yatay hidrolik çatlatma yöntemi gösterilmiştir.

Şekil 1. 7: Kaya gazı Operasyon Kesiti



Kaynak: ABD Enerji Bakanlığı, 2013

Çatlatma sıvısı denilen sıvı hidrolik çatlatma amacıyla kullanılmaktadır, büyük bir basınçla kuyulardan içeri verilir. Bu sayede gazın bulunduğu bölgede çatlaklar ve kılcal damarlar oluşur. Çatlatma işleminden sonra su basıncı düşürülerek sıvı tekrar dışarıya çekilir. Sonra kuyudan doğalgaz çıkmaya başlar. Geri çekilen sıvının bir kısmı arıtıldıktan sonra tekrar kullanılır. Çatlatma sıvısının sadece küçük bir bölümü dışarı alınır. Başlangıçta basılan sıvının önemli bir bölümü yeraltında kalır (Yıldız, 2013).

## İKİNCİ BÖLÜM

### **KAYA GAZININ ABD'DE ve DÜNYADA GELİŞİMİ, REZERVLERİ, ÇEVRE VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİLERİ ve EKONOMİK ETKİLERİ**

#### **2.1. KAYA GAZININ GELİŞİMİ**

Hidrolik çatlatma ile birlikte yatay sondaj kullanımı, düşük geçirgenli kayaçlardan özellikle de şeyl kayaçlarından kârlı doğalgaz ve petrol üretimi için üreticilerin kapasitelerini genişletmiştir. Çatlatma uygulaması tekniklerinin deneyimleri 19. yüzyıla kadar uzanmasına rağmen 1950'lerde bu uygulamalar teşviklerle beraber hızla büyümeye başlamıştır. 1970'lerin ortalarından başlayarak, ABD Enerji Bakanlığı'nın önceki kurumlar ve Gaz Araştırma Enstitüsü (GRI) ile ortak çalışmalarıyla ABD'nin doğusunda sığ bir kaya olan Devonian (Huron) kayasından ticari doğalgaz elde etmek için yeni teknolojiler geliştirmiştir. Bu ortaklık üretim için hayati önem taşıyan yatay kuyular, çok aşamalı çatlatma ve kaygan su çatlatması faaliyetleriyle doğalgaz elde etme teknolojilerinin gelişmesine yardımcı olmuştur (King, 2010). Petrol çıkarımı için yatay sondajlamanın pratik uygulamaları 1982'lerde başlamıştır. Geliştirilmiş kuyu altı sondaj motorları ve gerekli olan destekleyici malzeme, materyal ve teknolojilerin buluşu, ticari canlılık dahilinde bazı uygulamalar getirmiştir (DEA, 1993). Yatay sondaj ve hidrolik kırılma Amerika'da 1940'larda geliştirilmiştir ancak bu uygulamalar 19.yüzyılın bitişine kadar teknolojinin yetersizliğinden dolayı oldukça sınırlıydı.

Geniş ölçekli kaya gazı üretimi Mitchell Enerji ve Geliştirme A.Ş'nin 1980 ve 1990'lara kadar Kuzey-Orta Teksas'taki Barnett Kayası'ndaki derin kaya gazı üretimi ile ticari bir gerçeklik kazanmıştır. Mitchell Enerji ve Geliştirme, görünür bir başarı elde edince diğer şirketler de 2005 yılına kadar bu sektör ile ilgilenmiştir. Böylece sadece Barnett Kayası'nda yıllık yaklaşık 0,5 trilyon kübik fit kaya gazı üretilmiştir. Üreticiler Arkansas'taki Fayetteville Kayası'ndan sağlanan sonuçların onayı ile Barnett Kayası'nda kazançlı doğalgaz üretmek için güven kazanmışlardır. Böylece Haynesville, Marcellus, Woodfrod, Eagle Ford ve diğer kaya yataklarını takibe almışlardır (EIA,

2011). 1997 ile 2009 yıllar arasında Barnett Kayası'nda 13.500'den fazla gaz kuyusu tamamlanmıştır (Newell, 2011).

ABD Enerji Enformasyon İdaresi (EIA)'in Ulusal Enerji Modellemesi Sistemi (NEMS) ve enerji projeksiyonları 1990'ların ortalarında kaya gazı kaynak geliştirme ve üretimini temsil etmeye başlamasına rağmen sadece son 5 yıl içerisinde kaya gazı doğal gaz piyasasında “oyun değiştirici” olarak tanınmaya başlamıştır. Yeni kaya yataklarındaki faaliyetlerin yaygınlaşması ABD'de kuru doğalgaz üretimini 2006 yılında 1 trilyon kübik fit'ten 2010'da 4,8 trilyon kübik fit'e çıkarmıştır. Bu rakam toplam kuru doğalgaz üretiminin yüzde 23'üne tekabül etmektedir. Kaya gazı rezervleri genel olarak ABD'de doğalgaz rezervlerinin yüzde 21'ini oluşturunca 2009 yılı sonuna kadar her yıl artarak 60.64 trilyon kübik fit'e ulaşmıştır. Şu anda 1971'den beridir en yüksek düzeydedir. Kaya yataklarından petrol üretimi de son zamanlarda hızlı bir artış göstermiştir, bu artış özellikle Kuzey Dakota ve Montana'daki Bakken Kayası'nda göze çarpmaktadır (EIA, 2010).

“Kaya gazı devrimi” ilk olarak geleneksel olmayan gaz üretiminde hızlı bir artış ile birkaç yıl sonra da geleneksel olmayan petrol üretimi ile Amerika'da 10 yıl kadar önce başlamıştır. Bu devrim enerji üreten ve tüketen ülkeler için ekonomik ve jeopolitik etkileri beraberinde getirecektir. Dolayısıyla ülkelerin bu devrimle beraber özellikle enerji politikalarını yeniden gözden geçirmeleri, bazı politikaları değiştirmeleri beklenmektedir. Kaya gazı devriminin en ciddi etkileri (pozitif şekilde) Amerika üzerinde olacaktır. Bu sebeple şu anda kaya gazından en ciddi geliri elde eden ülke Amerika'dır ve kaya gazını ekonomik anlamda çıkaracak teknolojiye sahip ülke de Amerika'dır. Dolayısıyla hem kaya gazının teknolojisi Amerika'da geliştirildiği hem de Amerika bu teknolojiyi yerel kaynakları üzerinde kullandığı için hem ülke içindeki doğalgaz fiyatları ve doğalgaz ithalatı bu durumdan etkilenmektedir. Amerika'daki kaya gazı devrimiyle beraber gelen ekonomik etkiler ve gelecekte meydana gelmesi beklenen olası etkilerden ayrıca başka bir bölümde bahsedilecektir.

İngiltere Enerji ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (Department of Energy & Climate Change) yayınladığı raporda yıllara göre kaya gazı gelişimini ele almıştır. Raporda ilk açılan kuyulara, hangi eyaletlerde açıldığına ve hangi faaliyetlerin yürütüldüğüne dair bilgiler yer almaktadır. Ayrıca hidrolik çatlatma yöntemlerinin

gelişimi de dikkate alınmıştır. Amerikan Enerji Bakanlığı ve Gaz Araştırma Enstitüsü'nün kaya gazı elde etmeye yönelik faaliyetlerine de değinilmiştir. Bu bilgiler aşağıdaki tabloda özet olarak derlenmiştir.

**Tablo 2. 1:** Kaya Gazının Tarihçesi

1860 ve 1920'ler	Appalachian ve Illinois havzalarında çatlatılan kayalardan elde edilen doğalgaz yakın şehirlerde kullanılmıştır
1930'lar	Gaz taşımak için Amerikan aktarma boruları inşa edilmiştir.
1940'lar	1947'de Grant County, Kansas'ta yer alan 1 No'lu Kelpier Kuyusu'na ilk defa hidrolik çatlatma yöntemi uygulanmıştır.
1970'ler	Yönlü delme teknolojisinde gelişmeler meydana gelmiştir.
1970 ve 1980'ler	DOE (U.S Department Of Energy) önemli ankonvansiyonel rezerv potansiyellerini tahmin etmiştir.
1980 ve 1990'lar	DOE ve GRI (Gas Research Institute), büyük kırılmalı tasarımlar, rezervuar karakterizasyonu ve tamamlama uygulamalarını optimize etmek için çok disiplinli projeler tasarladı. Teknolojideki gelişmeler Barnett Kayası'nı ekonomik hale getirdi ve kaya gazı rezervuar gelişimi için anahtar sayılan çoklu yatay hidrolik çatlatma teknolojisi tesis edildi.
2001-2004	Barnett kaya gazı üretimi sığ kaya yataklarındaki gaz üretimini geride bıraktı (Appalachian ve Michigan).
2005-2010	Diğer büyük kaya havzalarında gelişmeler başlamıştır
2010	Marcellus Kayası'nda gelişmeler başladı ve Amerikan Kayaları'na yatırımda doyuma ulaşıldı. Amerika/Kanada kökenli şirketler ve uzmanlar okyanus ötelerinde dünya çapında geliştirilebilecek kaya yataklarını araştırmaya başlamıştır.

Kaynak: İngiltere Enerji ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2012

Yukarıdaki tabloda kaya gazının özet olarak geçmişinden bahsedilmiştir. Kaya gazı ile alakalı diğer çalışmalara da göz atmak gerekmektedir. Kaya gazı kaynak olarak, sığ ve düşük geçirgenli kırılmalarla, ilk defa Fredonia, Newyork'ta 1821 yılında elde edilmiştir (Department of Enviromental Conservation, 2014). Yatay sondaj 1930'larda başlamıştır ve 1947'de Amerika'da ilk kuyu çatlatma faaliyeti gerçekleşmiştir (Stevens, 2012). Doğalgaz üzerindeki Federal fiyat kontrolleri 1970'lerde sıkıntıya sebep olmuştur (Wang ve Krupnick, 2013). Azalan doğalgaz üretimi ile karşı karşıya kalan federal hükümet birçok arz alternatifi üzerine yatırım yapmıştır. 1976'da iki Morgantown Energy Research Center'da (MERC)' çalışan iki mühendis kayada yönlü

sondaj tekniğinin patentini almıştır. Bunların içerisinde 1976'dan 1992'ye kadar süren Eastern Gas Shales Project (Doğu gaz Kayaları Projesi) ve 1982'de federal hükümetin büyük araştırma fonu verdiği Gaz Araştırma Enstitüsü yer almaktadır. Federal hükümet aynı zamanda vergi kredisi ve 1980 Enerji Yasası sanayi yararlanan kuralları sağlamıştır (Stevens, 2012). ABD Enerji Bakanlığı daha sonra 1986 yılında ilk başarılı çok kırılmalı yatay sondajlamayı gerçekleştirmek için özel gaz şirketleri ile ortaklık kurmuş ve Wayne County, West Virginia'da DOE ve özel kesim ortakları tarafından ilk başarılı çok kırılmalı yatay kuyu sondajlaması gerçekleştirilmiştir. Federal hükümet 1980-2002 yılları arasında geleneksel olmayan gazlar için vergi kredileri ile kaya gazı için sondajlamayı teşvik etmiştir. Enerji Bakanlığı aynı zamanda sanayi tarafından geliştirilen teknolojileri kullanmıştır. Bunlar kaya gazı formasyonlarına uygulanan geniş çaplı hidrolik çatlatma ve yatay sondajlama faaliyetleridir. 1991'de GRI, Mitchell Enerji'nin Texas Barnett Kayası'ndaki ilk başarılı yatay kuyu çalışmasını sübvansetmiştir (Shellenberger, Nordhaus, Trembath, Jenkins, 2012;9).

George P. Mitchell kaya gazı endüstrisinin babası olarak kabul edilir, Barnett Kayası'nda maliyetleri 4 dolara indirmiştir (Forbes, 2013). Mitchell Enerji, kaygan su çatlatma yöntemini (slick-water fracturing) kullanarak 1998 yılında ilk kez ekonomik kaya çatlatması yönteminde başarılı oldu (Bloomberg, 2012).

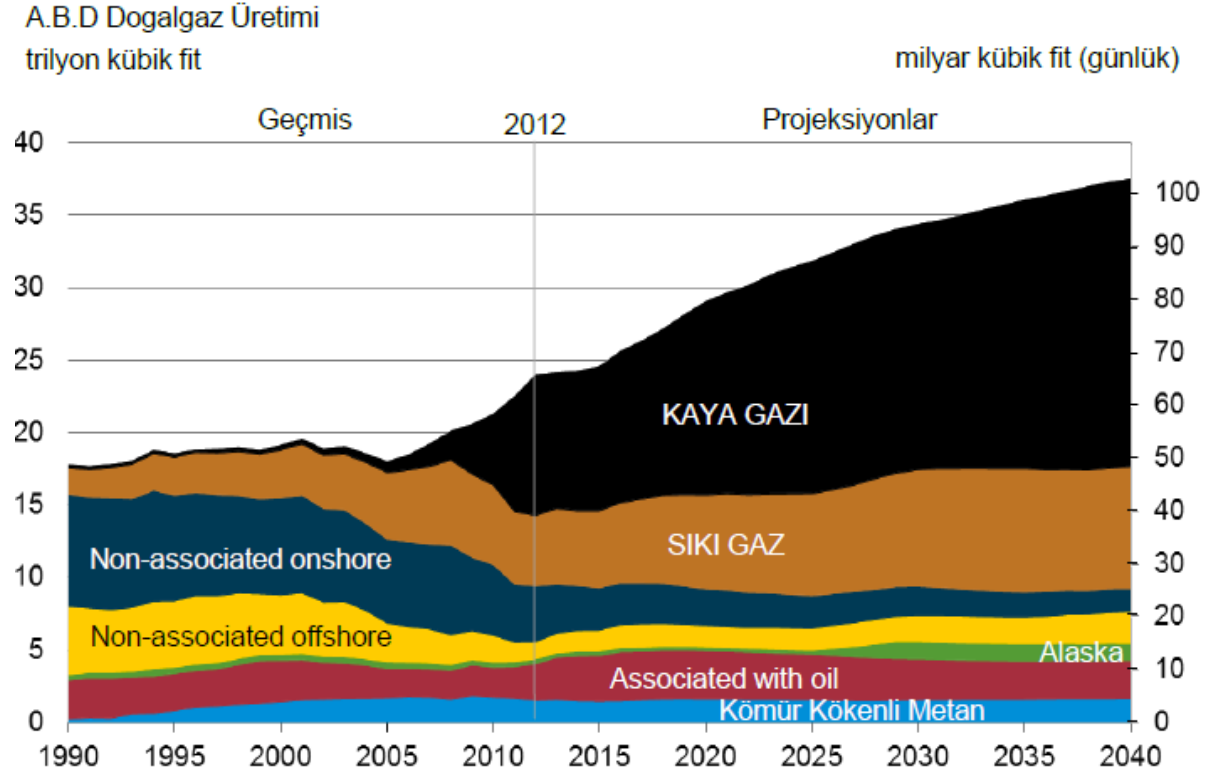
Bu gelişmeler ışığında 2005 yılından itibaren Amerika'da doğal gaz üretimi diğer enerji kaynaklarının üretiminden çok daha hızlı büyümekte ve artmakta olduğu görülmektedir. "Shale Gas Boom" olarak nitelendirilen "kaya gazı patlaması" ABD'de başta doğalgaz fiyatlarını aşağıya çekerek birçok ekonomik etki meydana getirmiştir. Bu etkiler 2.7. bölümde geniş bir şekilde değerlendirilecektir.

## **2.2. KAYA GAZI PİYASASI GELİŞİMİ**

Bu bölümde kaya gazı piyasasının gelişiminden bahsedilecektir. Küresel ölçekte kaya gazı piyasasından bahsetmek henüz mümkün görülmemektedir. Bunun sebebi kaya gazı üretim faaliyetlerinin dünyanın diğer ülkelerinde henüz ciddi boyutlara ulaşmamasıdır. Dolayısıyla bu bölümde kaya gazı piyasasından bahsedilirken ABD'deki kaya gazı gelişimi ele alınacaktır. ABD doğalgaz tüketiminin yıllara göre nasıl değiştiği, doğalgaz tüketiminde kullandığı kaynakların yıllara göre nasıl değiştiği

ve kaya gazının ABD doğalgaz tüketiminin içerisindeki payının yıllara göre nasıl değiştiğini gösteren grafikten yola çıkarak yorumlarda bulunulacaktır.

**Şekil 2. 1:** Yıllara ve Kaynaklara Göre ABD'nin Doğalgaz Üretimi



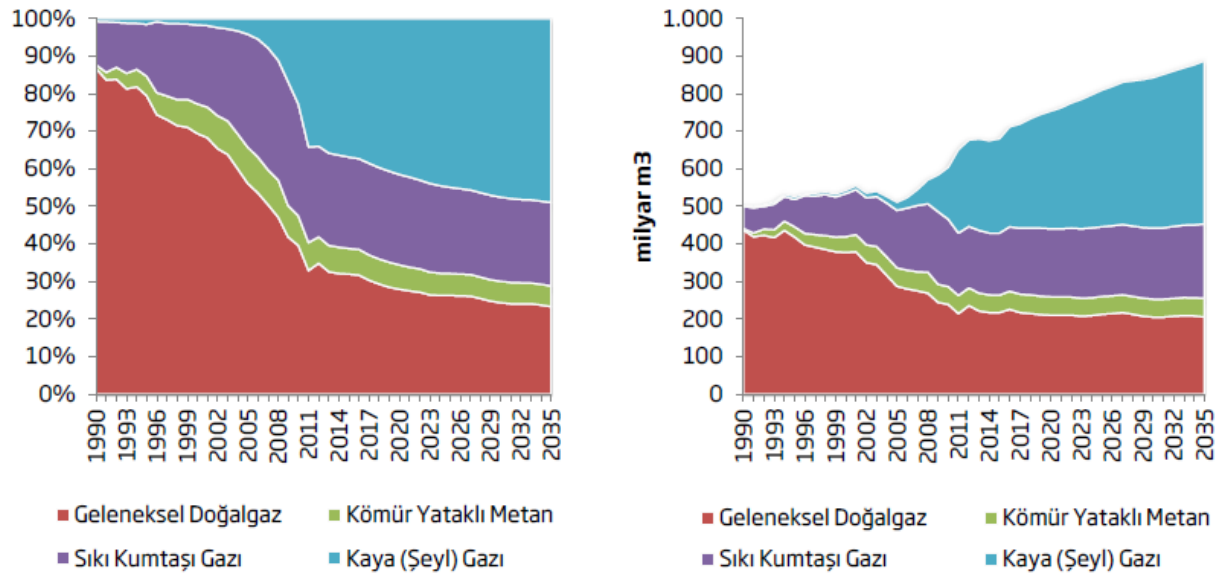
Kaynak: EIA , Yıllık Enerji Görünümü (Erken Basım), 2013

EIA'nın yayınlamış olduğu raporda kaya gazının yıllara göre gelişimi açık bir şekilde görülmektedir. Yukarıdaki şekilde Amerika'nın doğalgaz üretiminde kaynaklarının payı gösterilmiştir. Bu kaynaklar içerisinde kaya gazı değerlendirildiğinde yıllara göre ciddi değişimler göze çarpmaktadır. 1990 ve 2005 yılları arasında Amerika'da doğal gaz üretiminde kaya gazının payı yüzde 5'e dahi ulaşamamıştır. 2005 yılından itibaren teknolojideki gelişmeler sayesinde Amerika kaya gazından ciddi bir şekilde yararlanmaya başlamıştır ve kaya gazından elde edilen doğalgazın toplam doğal gaz üretimi içerisindeki payı artmıştır. Özellikle 2008 yılından itibaren kaya gazı üretiminde büyük artışlar meydana gelmiştir. 2012 yılına gelindiğinde üretilen kaya gazının toplam doğalgaz üretimi içerisinde yaklaşık yüzde 40 ile en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. EIA yayınlamış olduğu raporda aynı zamanda Amerika'nın doğal gaz üretimi ile ilgili gelecek senaryolarına da yer vermiştir. Bu

senaryolara göre kaya gazı toplam doğal gaz üretimi içerisinde en yüksek paya sahip olmaya devam edecektir. Şekilde dikkat çeken diğer nokta sıkılaştırılmış gaz üretimindeki artışlardır. Sıkılaştırılmış gaz üretimi 1990 yılından itibaren artma eğilimindedir. 2012 yılına gelindiğinde Amerika'nın sıkılaştırılmış gaz üretimi kaya gazından sonra 2.sırada yer almaktadır. 2040 yılına dair yapılan projeksiyonlarda da sıkılaştırılmış gazın kaya gazından sonra en büyük paya sahip olacağı öngörülmektedir. 2040 yılında kaya gazının toplam doğalgaz üretiminin yüzde 50'sinden fazlasını tek başına karşılayacağı öngörülmektedir. Sıkılaştırılmış gazın ise toplam üretimin yaklaşık yüzde 25 ila yüzde 30'unu karşılayacağı tahmin edilmektedir. Grafikten yapılacak en genel yorum ise özellikle kaya gazı ve sıkılaştırılmış gazın Amerika'nın mevcut doğalgaz üretimini arttırdığı ve gelecekte de ciddi oranda arttıracaktır. Buna göre kaya gazı 2012 yılında mevcut doğal gaz üretimini yaklaşık yüzde 40 arttırmıştır. 2040 yılına gelindiğinde kaya gazının toplam doğalgaz üretimini yüzde 50'nin üzerinde arttıracığı tahmin edilmektedir.

Kaya gazı devriminin başlangıcı sayılabilecek 2006 yılına bakıldığında kaya gazının Amerika'nın toplam doğalgaz üretimi içerisinde düşük bir paya sahip olduğu görülmektedir. EIA'nın 2040 projeksiyonları göz önüne alındığında önümüzdeki 25 yıl boyunca kaya gazı çıkarma faaliyetleri artarak devam edecektir.

**Şekil 2. 2:** ABD'de Doğalgaz Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı



Kaynak: EIA, 2013



### 2.3. DÜNYADA KAYA GAZI REZERVLERİ

Enerji dünyanın her yerinde, teknolojinin olduğu her yerde doğal bir ihtiyaçtır ve insanoğlunun günlük yaşantısında vazgeçilmez hale gelmiştir. Enerjiden yararlanmadan geçecek bir gün hayal edilirse enerjinin insanoğlunun hayatındaki yeri daha da belirginleşecektir. Dolayısıyla enerji kaynaklara sahip olan ülkeler bunun avantajını da ellerinde bulundurmaktadır. Fakat dünyada son zamanlarda meydana gelen küresel olaylar incelendiğinde özellikle refah seviyesi düşük, askeri gücü zayıf, teknolojik gelişimi yavaş olan ülkelerin enerji kaynaklarına sahip olması bu ülkeler için bazen sorun teşkil edebilmektedir.

2005'ten itibaren dünya enerji politikalarında “oyun değiştirici” olarak nitelenen “kaya gazı” rezervlerine bakıldığında bu rezervlerin petrol, doğalgaz ve kömüre göre daha geniş bir coğrafyaya dağıldığı görülebilmektedir. Bu açıdan kaya gazı Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı ülkeler için, dışa bağımlılığı azaltma bağlamında bir çözüm sunabilmektedir. Kaya gazı özellikle Amerika'da meydana getirdiği pozitif etkilerle beraber dikkatleri üzerine çekmiştir.

Dünyada fosil yakıtlar rezerv bakımından çok geniş bir sahaya dağılmamıştır. Petrol, doğalgaz ve kömür genelde bazı bölgelerde yoğun olarak bulunmasına rağmen bazı bölgelerde bu rezervlere çok az rastlanılmaktadır. Her ülke yenilenebilir enerji potansiyeline sahipken mevcut maliyetler hükümetlerin teşvik primleri olmaksızın yatırımcı için sorun teşkil etmektedir.

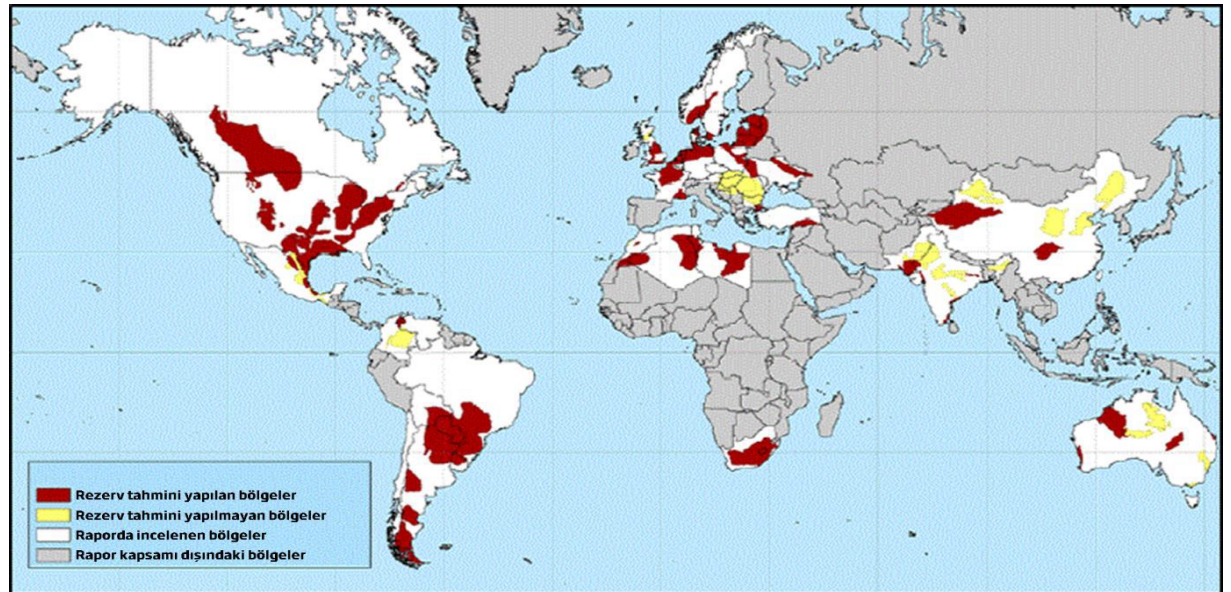
EIA 2013 yılında yayımladığı rapor ile dünyadaki teknik olarak çıkarılabilir, ispatlanmış ve ispatlanmamış kaya gazı ve kaya petrolü rezervlerini tahmin etmiştir. Ancak araştırmalara bağlı olarak rezerv tahminleri değişebilmektedir. Bu husus ile ilgili aşağıda ARI (Advanced Resources International)'nın 2011 yılında ve 2013 yılında yapmış olduğu tahminler karşılaştırılmaktadır.

**Tablo 2. 2:** Kaya Gazı ve Petrolü Rezervleri 2011 ve 2013 Raporları Karşılaştırması

<b>ARI Rapor Kapsamı</b>	<b>2011 Raporu</b>	<b>2013 Raporu</b>
<b>Ülke Sayısı</b>	32	41
<b>Havza Sayısı</b>	48	95
<b>Formasyon Sayısı</b>	69	137
<b>Kaya gazı (trilyon cubic)</b>	6,622	7,299
<b>Shale/Tight Oil (milyar varil)</b>	32	345

Kaynak: EIA, 2013

EIA, ARI (Advanced Resources International) ile yapmış olduğu çalışmayla dünyadaki kaya gazı rezervlerini hesaplamıştır. Haziran 2013’de yayınlanan raporda Amerika’nın dışında, içerisinde Türkiye’nin de bulunduğu 41 ülkede 137 adet kaya gazı formasyonuna yer verilmiş, bu formasyonların ülkelerin hangi bölgelerinde bulunduğu belirtilmiş ve formasyonlardaki kaya gazı rezerv miktarları değerlendirilmiştir.

**Şekil 2. 3:** Dünyada Kaya Gazı ve Kaya Petrolü Rezervleri

Kaynak:EIA, ARI, 2013

EIA ve ARI’nın ortak çalışmasıyla dünyadaki kaya gazı ve kaya gazı rezervlerinin buldukları bölgeler tahmin edilmiştir. Yukarıdaki dünya haritası üzerinde de görüldüğü gibi dünyanın hemen hemen her bölgesinde kaya gazı ve kaya petrolü rezervlerine rastlanılabilmektedir. Harita üzerinde kırmızı renkli bölgeler ispatlanmış ve teknik olarak çıkarılabilir kaya gazı ve kaya petrolü rezervlerini turuncu renkli bölgeler ise veri eksikliği nedeniyle ispatlanmamış kaya gazı ve kaya petrolü rezervlerini temsil etmektedir. Harita incelendiğinde dünyada kaya gazı ve kaya petrolü

rezervlerinin yoğunluklu olarak Çin, Amerika, Rusya'da bulunduğu görülmektedir. Türkiye'de ise Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve Trakya Bölgesi'nde ispatlanmış ve teknik olarak çıkarılabilir rezervlere rastlanılmaktadır. Aynı şekilde Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde de ispatlanmamış kaya gazı ve kaya petrolü rezervleri görülmektedir.

**Tablo 2. 3:** EIA/ARI Dünya Kaya Petrolü ve Kaya Gazı Kaynakları Değerlendirmesi

Kıta	Bölge	Ülke Sayısı	Havza Sayısı	Kaya Formasyonu Sayısı
Kuzey Amerika	Kanada	1	12	13
	Meksika	1	5	8
	<b>Ara Toplam</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>21</b>
Avustralya		1	6	11
	Güney Amerika'nın Kuzeyi	2	3	3
Güney Amerika	Arjantin	1	4	6
	Brezilya	1	3	3
	Diğer Güney Amerika	4	3	4
	<b>Ara Toplam</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>16</b>
Doğu Avrupa	Polonya	3	5	5
	Rusya	1	1	2
	Diğer Doğu Avrupa	3	3	4
	<b>Ara Toplam</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
Batı Avrupa	İngiltere	1	2	2
	İspanya	1	1	1
	Diğer Batı Avrupa	5	5	10
	<b>Ara Toplam</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>13</b>
Avrupa	<b>TOPLAM</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>24</b>
	Fas	3	2	2
Afrika	Cezayir	1	7	11
	Tunus	1	1	2
	Libya	1	3	5
	Mısır	1	4	4
	Güney Afrika	1	1	3
	<b>Ara Toplam</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>27</b>
Asya	Çin	1	7	18
	Moğolistan	1	2	2
	Tayland	1	1	1
	Endonezya	1	5	7
	Hindistan/Pakistan	2	5	6
	Ürdün	1	2	2
	<b>Türkiye</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
	<b>Ara Toplam</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>38</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>41</b>	<b>95</b>	<b>137</b>	

Kaynak: EIA, 2013

Yukarıdaki tablo dünyada hangi kıtada, hangi ülkede kaç tane kaya gazı ve kaya petrolü havzasının ve formasyonunun bulunduğu, bu havza ve formasyonların hangi bölgelerde yer aldığına dair bilgiler içermektedir. Buna göre Kuzey ve Güney Amerika'da toplam 10 ülkede 30 havza ve 37 kaya formasyonu, Avrupa'da toplam 14 ülkede 17 havza ve 24 kaya formasyonu, Afrika'da toplam 8 ülkede 18 havza ve 27 kaya formasyonu ve son olarak Asya'da toplam 8 ülkede 24 havza ve 38 kaya formasyonu bulunmaktadır. Dünyada toplam 41 ülkede 95 kaya gazı havzası, 137 kaya gazı formasyonu bulunmaktadır. Türkiye'ye bakıldığında 2 kaya gazı havzası (Güneydoğu Anadolu ve Trakya Havzası) ve 2 kaya gazı formasyonu (Dadaş ve Hamitabat Formasyonları) bulunmaktadır.

**Tablo 2. 4:** Teknik Olarak Çıkarılabilir Kaya Gazı Rezervine Sahip İlk 10 Ülke

Sıra	Ülke	Kaya Gazı (trilyon cubic feet)
1	Çin	1,115
2	Arjantin	802
3	Cezayir	707
4	Amerika	665
5	Kanada	573
6	Meksika	545
7	Avustralya	437
8	Güney Afrika	390
9	Rusya	285
10	Brezilya	245
Toplam		4,650,115
Dünya Toplamı		7,299

Kaynak: EIA, 2013

Teknik olarak çıkarılabilir yani ekonomik bağlamda yararlanılabilir kaya gazı rezervleri 1,115 trilyon cubic feet ile en çok Çin'de yer almaktadır. Çin'i 802 trilyon cubic feet ile Arjantin takip etmektedir. Cezayir 707 trilyon cubic feet rezerv ile 3.sırada yer almaktadır. En çok çıkarılabilir kaya gazına sahip 10 ülke toplam da 4,650 trilyon cubic feet rezerve sahipken bu rakam dünya genelinde 7,299 trilyon cubic feet'e tekabül etmektedir.

Küresel enerji talebi, enerji tüketimi ve enerji arzı ele alındığında yukarıdaki kaya gazı rezervlerinin miktar bakımından oldukça ilgi çekici olduğu gözlenmektedir.

Her ne kadar kaya gazı üretimi ABD’de zirvede olsa da özellikle Çin hükümeti de kaya gazı ile yakından ilgilenmektedir. Bilindiği gibi doğalgaz kömüre oranla atmosfere daha az karbondioksit salmaktadır. Çin’in enerji ihtiyacının büyük bir kısmını kömürden karşılaması ve bu durumun günlük hayatta meydana getirdiği hava kirlilikleri ciddi bir şekilde eleştirilmektedir. Çin’in hem yerli doğalgaz kaynağını kullanması hem de kömüre göre daha temiz doğalgaz türü olan kaya gazını üretmesi ve böylece enerjide çeşitliliğe gitmesinin ehine bir sonuç doğuracağı tahmin edilmektedir. Enerji talebi gittikçe artan, dünya enerji tüketimi içerisindeki en büyük sahip bir ülke olarak Çin rezerv bağlamında kaya gazının en çok bulunduğu ülkedir. Dolayısıyla eğer ABD’nin 2005 yılından itibaren kaya gazın üretiminde elde ettiği ivmeyi yakaladığı takdirde Çin’in dünya enerji piyasasını ciddi bir şekilde etkileyeceği söylenebilir.

## **2.4. TÜRKİYE’DE KAYA GAZI REZERVLERİ**

Bu bölümde öncelikle Türkiye’nin enerji görünümünden, kaynaklara göre kullandığı enerji miktarından bahsedilerek geniş perspektiften Türkiye’nin enerji görünümü değerlendirilecektir. Sonrasında da Türkiye’deki kaya gazı rezervlerinden ve bu rezervlerin hangi bölgelerde bulduklarından detaylı bir şekilde bahsedilecektir.

### **2.4.1 Türkiye’nin Enerji Görünümü**

Türkiye jeopolitik konumu gereği dünyanın en zengin petrol ve doğalgaz bölgelerinin yakınında yer almaktadır. Bu durumun Türkiye’ye getirdiği bazı avantajlar vardır. Ortadoğu enerji talebinin merkezinde yer almaktadır. Ortadoğu, dünyada toplam doğalgaz rezervlerinin yüzde 38’ine petrol rezervlerinin ise yüzde 48’ine sahiptir (BP Statistical Review of World Energy, 2012). Yukarıdaki veriye bakıldığında dünya enerji talebinin büyük kısmının Türkiye’ye yakın bölgelerde karşılandığı görülmektedir. Etrafında bu kadar fazla doğalgaz ve petrol rezervlerine sahip bir ülke olmasına rağmen Türkiye’de aynı durum söz konusu değildir. Kaynaklar bazında belli rezervler mevcuttur fakat bu rezervlerin çıkarılmasındaki maliyet özellikle Türkiye için şu anda sorun teşkil etmektedir. Örneğin Irak’ta 600 metre derinliğinde petrol rezervlerine rastlanabilirken Türkiye’de bu derinlik 1800 metrelere kadar çıkmaktadır. Türkiye’de rezervlerin bulunduğu derinlik diğer ülkelere göre 2-3 misli daha fazla olabilmektedir. Bu durum dolayısıyla Türkiye’de petrol çıkarma maliyetini de diğer ülkelere göre daha

yüksek hale getirmektedir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı yaklaşık yüzde 70'ler seviyesindedir (Türkyılmaz, 2012). Enerji ithalatındaki bu dışa bağımlılık sorunu Türkiye'de cari açık sorunun en önemli tetikleyicisidir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelleri enerjide dışa bağımlılık çerçevesinde bir çözüm aracı olarak düşünülmektedir. Fakat Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yapmış olduğu açıklamaya göre Türkiye mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarının bütün potansiyelini kullandığı takdir de dahi enerji talebinin ancak yüzde 30'unu karşılayabilmektedir. Türkiye'de enerji kaynaklarına olan talebinin artış hızı, yenilenebilir enerji kaynaklarının büyüme hızından daha fazladır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynakları hem Türkiye'nin cari açığını kapatma da hem de enerji talebini karşılamada ciddi bir potansiyel oluşturmaktadır ancak tek başına çözüm sürecinde yeterli değildir.

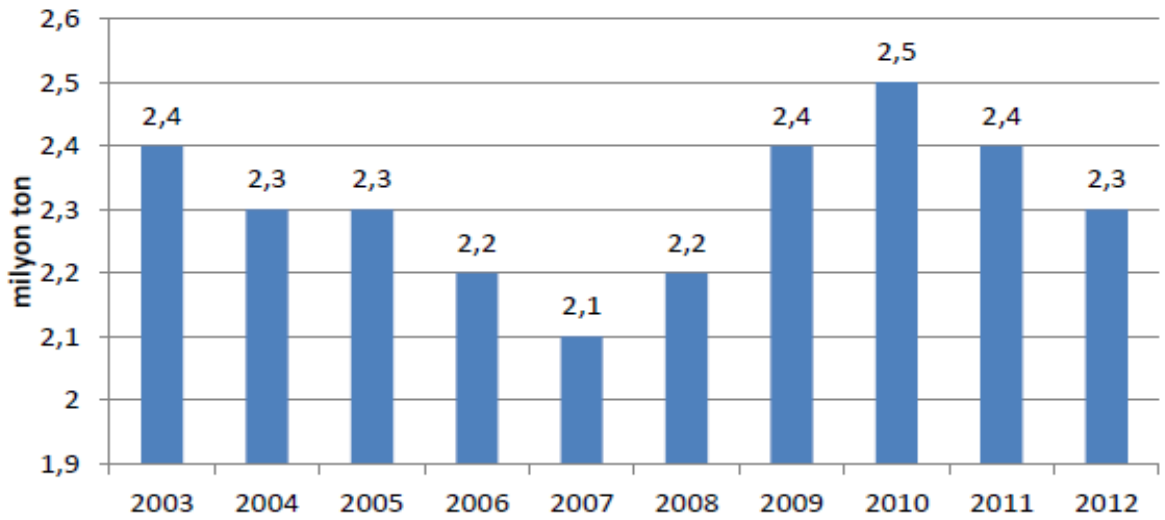
**Tablo 2. 5:** Türkiye'nin Petrol, Doğalgaz, Kömür Rezervleri ve Üretim Miktarları

		ÜRETİM	ÜRETİLEBİLİR REZERV	TOPLAM REZERV
PETROL		2,4 milyon ton	45,4 milyon ton	1,03 milyar ton
DOĞALGAZ		793 milyon m <sup>3</sup>	7,2 milyar m <sup>3</sup>	25,5 milyar m <sup>3</sup>
KÖMÜR	TAŞ KÖMÜRÜ	2,6 milyon ton	515 milyon ton	1,3 milyar ton
	LİNYİT	70 milyon ton	10,8 milyar ton	11,8 milyar ton

Kaynak: TPAO, TTK, TKİ, 2011

Tablo'da görüldüğü gibi Türkiye'de 1,03 milyar ton ham petrol rezervi bulunmaktadır ve 2011 yılı toplam üretim miktarı 2,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye doğalgazda 25,5 milyar m<sup>3</sup> toplam rezerve sahipken bunun 7,2 milyar m<sup>3</sup>'ü üretilebilir haldedir. Üretilen doğalgaz miktarı ise 2011 yılı sonu itibarıyla 793 milyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir ve potansiyelin altındadır. Türkiye'nin kömür rezerv miktarı toplam 13 milyar ton'dur. Türkiye'nin 2011 yılındaki doğalgaz üretimi mevcut doğal gaz tüketiminin yalnızca yüzde 2-3'ünü karşılayabilmektedir.

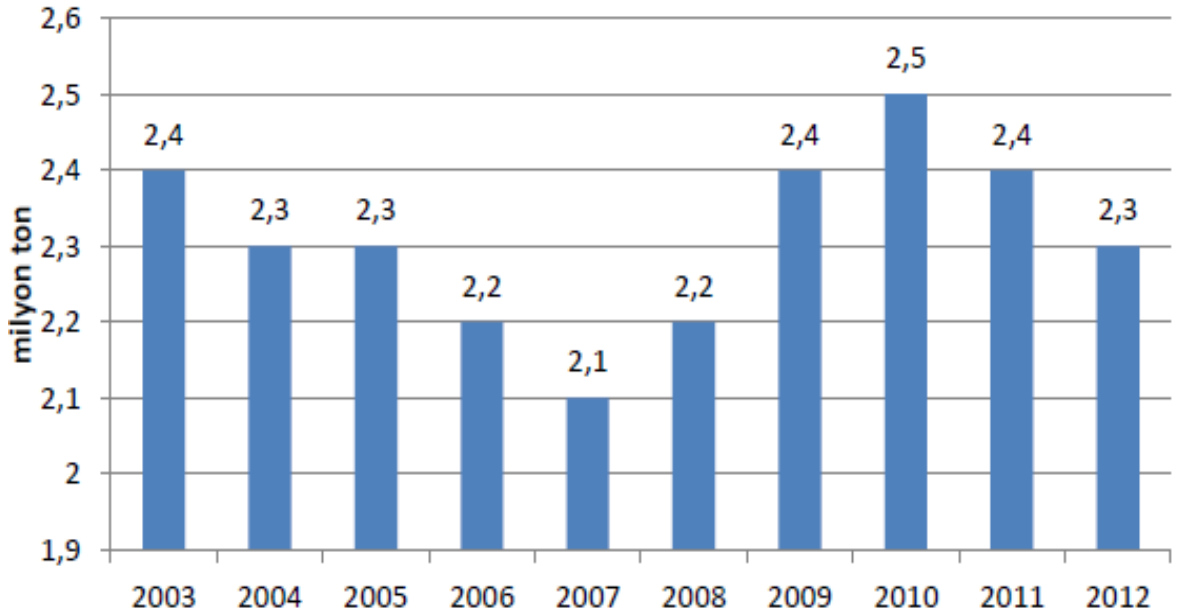
**Şekil 2. 4:** Türkiye'nin Yıllara Göre Ham Petrol Üretimi



Kaynak: TPAO

Türkiye'nin 2003- 2012 yılları arasındaki ham petrol üretimi incelendiğinde 2003 yılında 2,4 milyon ton olan ham petrol üretiminin 2012 yılında 2,3 milyon ton olarak gerçekleştiği görülmektedir. 2003 yılından 2007 yılına kadar petrol üretimi kademeli olarak düşmüştür. 2007 yılından sonra 2010 yılına kadar ham petrol üretimi artmaya başlamış 2,1 milyon tondan 2,5 milyon tona kadar çıkmıştır. 2011 yılı ham petrol tüketimi 2,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir ve 2012 yılında yüzde %4'lük bir düşüşle 2,3 milyon tona gerilemiştir.

Şekil 2. 5: Türkiye'nin Yıllara Göre Doğalgaz Üretimi



Kaynak : TPAO, 2012)

2002 yılından itibaren TPAO tarafından kurulan ortaklıklarla Trakya'da gerçekleştirilen yeni doğal gaz keşifleri ve eski sahalarda açılan yeni üretim kuyularının devreye girmesi ile 2001 yılında düşen doğal gaz üretimi tekrar yükselişe geçmiş ve 2008 yılında 1.014 milyon m<sup>3</sup> üretim ile tarihin en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2012 yılı üretimi ise bir önceki yıla oranla %16 düşerek 664 milyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir (TPAO, 2012 Faaliyet Raporu).

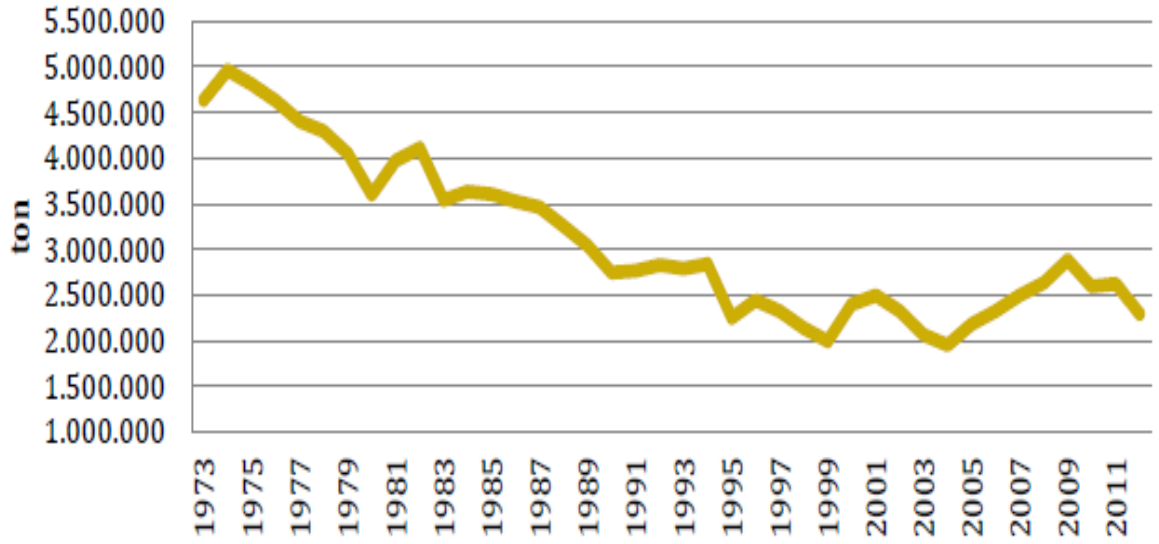
TPAO'nun 2012 Yılı Faaliyet Raporu'na göre 2012 yılında toplam 2,3 milyon ton petrol ve 664 milyon m<sup>3</sup> doğal gaz üretilmiş olup, günümüze kadar toplam 140,2 milyon ton petrol ve 13,5 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz üretimi gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'nin üretilebilir doğalgaz ve petrol rezervleri dikkate alındığında doğalgaz ve petrol üretiminin düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu enerji kaynaklarının üretimindeki artış devam etmeli ve büyüme oranları arttırılmalıdır. Özellikle AR-GE çalışmaları teşvik edilmelidir. Çünkü teknolojiye meydana gelen her yeni gelişme bu kaynakların maliyetini teknolojiye sahip olan taraf lehine düşürmektedir. Buna en güzel örnek ABD'de meydana gelen kaya gazı devrimidir. ABD'nin doğalgaz maliyetini 3-5 kat arasında azaltmasının en önemli sebebi teknolojinin de kendisinde bulunmasıdır. ABD'nin 2-4 dolar arasında ürettiği doğalgazı



dış piyasaya sürmesinde meydana gelecek LNG depolama maliyetleri ve lojistik maliyetleri kaya gazının diğer ülkeler açısından maliyetini ABD'ye göre arttıracaktır.

Şekil 2. 6: Türkiye'nin Yıllara Göre Taş Kömürü Üretimi



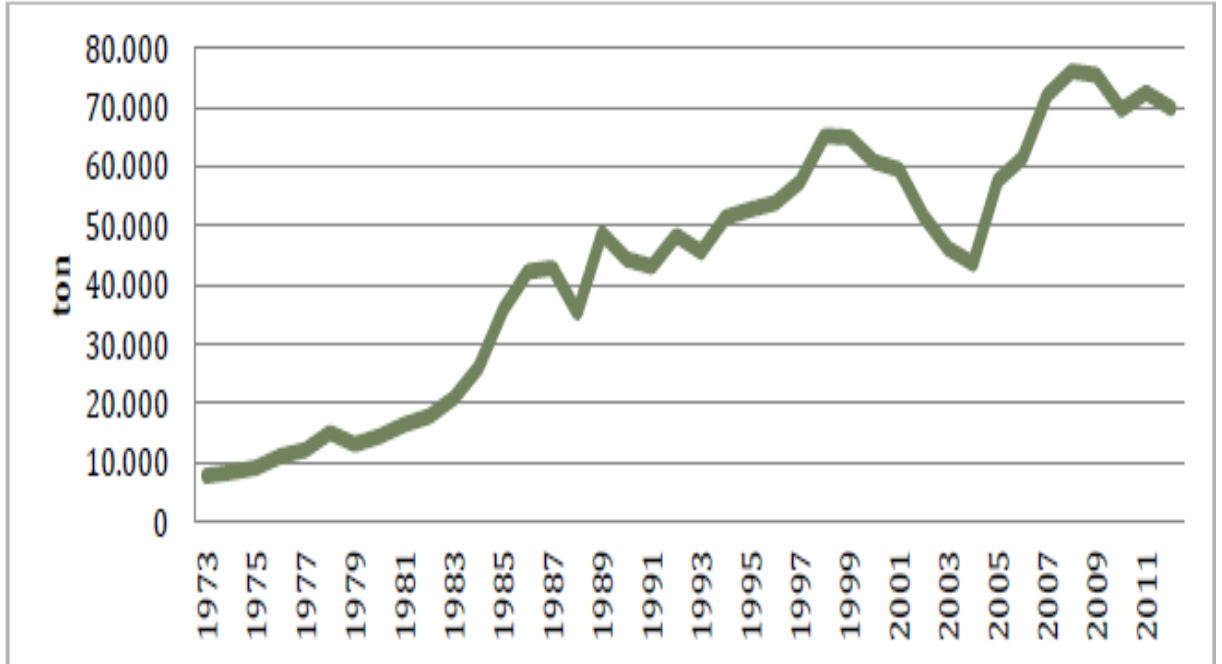
Kaynak: TTK, 2011

1980'li yıllardan itibaren sürekli bir düşme eğilimine giren taşkömürü üretimleri 2004 yılında 1,9 milyon tona kadar gerilemiştir. Bu tarihten sonra tekrar hareketlenen satılabilir taşkömürü üretimi 2011 yılında 2,6 milyon ton düzeyindedir. 2012 yılında ise bir önceki yıla göre %14,3 oranında gerileyerek 2,3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TTK 2013, s.27). Zonguldak Havzası'nda 2004 yılından itibaren TTK tarafından rodövans karşılığı özel firmalara kömür üretimi uygulaması başlatılmıştır. 2012 yılında özel sektör tarafından üretilen taşkömürü toplam üretimin yaklaşık %36,4'ü oranındadır (TTK 2013, s.27). Türkiye 2011 yılı satılabilir kömür üretimi; 72,5 milyon ton linyit, 2,6 milyon ton taşkömürü ve 0,9 milyon ton asfaltit olmak üzere bir önceki yıla göre %3,4 artarak toplam 76 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (ETKB 2013b).

Kömür fosil yakıtlar içerisinde doğaya en fazla zarar veren enerji kaynağıdır. Atmosferdeki karbondioksit emisyonlarının büyük bir kısmı kömürün enerji kaynağı olarak kullanılmasından ileri gelmektedir. Bazı ülkeler hem ucuz bir enerji kaynağı olması hem de doğalgaz ve petrole göre rezervlerinin daha geniş bir coğrafyaya dağılması sebebiyle kömürden vazgeçmekten kaçınmaktadırlar. Bunlardan en çok bilineni ABD ve Çin'dir. ABD son dönemlerde kaya gazı sayesinde kömürü bu

doğalgaz kaynağı ile ikame ederek sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine indirmiştir. Ancak ABD elindeki kömürden vazgeçmemiştir. ABD kömürü ihraç etmesiyle beraber ülkeler ucuz kömüre yönelmişlerdir ve kömür fiyatları düşmüştür. Dolayısıyla sera gazları ABD’de düşmüş olsa da ABD’nin bu enerji kaynağını ihraç etmesiyle aslında başka coğrafyalarda artmaktadır.

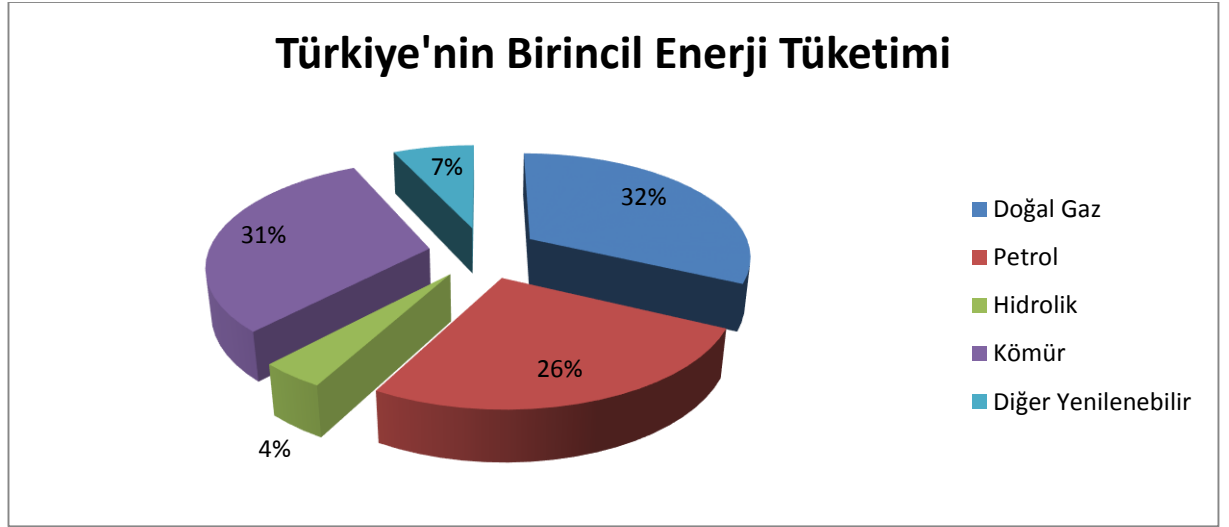
**Şekil 2. 7:** Türkiye'nin Yıllara Göre Linyit Üretimi



Kaynak: TTK, 2011

Linyit üretimleri ise, özellikle 1970’li yılların başlarından itibaren, petrol krizlerine bağlı olarak elektrik üretimine yönelik linyit işletmeleri yatırımlarının başlaması ile hızlanmıştır. 1970 yılında 5,8 milyon ton olan linyit üretimi 1998 yılında yaklaşık 65 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ancak, bu tarihten itibaren, özellikle doğal gaz alım anlaşmaları nedeniyle linyit üretimi sürekli azalmış, 2004 yılında 43,7 milyon ton ile en düşük seviyesini görmüştür. Bu tarihten sonra tekrar yükselen linyit üretimleri 2011 yılında 72,5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (ETKB 2013b) .

Şekil 2. 8: Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketimi



Kaynak: TMMOB, 2012

Yukarıdaki grafiğe göre 2012 yılında Türkiye’de enerji tüketimin yüzde 89’u fosil yakıtlardır. Toplam enerji tüketiminin yüzde 32’si doğalgaz, yüzde 31’i kömür, yüzde 26’sı petrol, yüzde 4’ü yenilenebilir enerji kaynağı olan hidrolik ve yüzde 7’si de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Türkiye’de birincil enerji tüketimi 2011 yılı sonu itibarıyla yaklaşık 119 milyon tpe gerçekleşmiştir, bu miktar ile Türkiye dünya enerji tüketiminde 23. Sırada yer almaktadır (BP Statistical Review of World Energy, 2012). 2012 yılı Türkiye toplam birincil enerji tüketimi 119,5 MTEP’tir (TMMOB, 2012).

**Tablo 2. 6:** Türkiye'nin Enerji Girdileri İthalatı (2009-2012)

(Milyar USD)	2009	2010	2011	2012
Ham Petrol ve Petrol Ürünleri	14,9	20,6	29,2	31,5
Doğalgaz	11,6	14,1	20,2	23,2
Taş Kömürü	3,1	3,3	4,1	4,6
Toplam Enerji Girdileri İthalatı	29,9	38,5	54,1	60,1
Türkiye Toplam İthalatı	140,9	185,5	240,8	236,5
Petrol ve Gaz İthalatının Toplam İthalat İçerisindeki Payı	% 18,8	% 18,7	% 20,5	% 23,1

Kaynak: PETFORM, 2012

Türkiye'nin enerji girdileri olarak ham petrol ve petrol ürünleri, doğalgaz ve taş kömürü ithalatı rakamları incelendiğinde bu kaynaklardan yapılan ithalatın kademeli olarak arttığı görülmektedir. Petrol ve doğalgaz ithalatının toplam ithalatın payı 2009'da yüzde 18,8 iken bu oran 2012 yılında yüzde 23,1'dir.

**Tablo 2. 7:** 2013 Yılı Sonu İtibariyle Seçilmiş Ülkelerde Kişi Başına Elektrik Tüketimi

Ülke / Ülke Grupları	Kişi Başına Yıllık Enerji Tüketimi
Norveç	27451 kWh
Kanada	16020 kWh
İsveç	14798 kWh
ABD	12364 kWh
G7 Ülkeleri Ortalaması	8900 kWh
OECD Ülkeleri Ortalaması	8100 kWh
Fransa	7023 kWh
Avrupa Birliği Ortalaması	6750 kWh
Almanya	6717 kWh
Türkiye	3210 kWh

Kaynak: TMMOB, 2014

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi Türkiye'de kişi başına elektrik tüketimi gelişmiş ülkelere nazaran düşüktür. Bu bağlamda ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile kişi başına düşen elektrik tüketimi miktarı arasında bir bağıntı bulunduğu söylenebilir. Türkiye'nin uzun zamandan beridir ferdi olmaya çalıştığı Avrupa Birliği'nde kişi başına düşen elektrik miktarı 6717 kWh iken bu miktar Türkiye'de 3210 kWh'dir. OECD ülkelerinin ortalaması 8100 kWh, G7 ülkelerinin ortalaması 2900 kWh, ABD'nin ortalaması 12364 kWh ve Norveç'in ortalaması 27451 kWh'dir.

Kişi başına düşen elektrik tüketimi ile İnsani Gelişmişlik Endeksi (İGE) arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Bir ülkede kişi başına düşen elektrik miktarı arttıkça ülkedeki insani gelişim düzeyi de artmaktadır. Kanagawa ve Nakata (2008), 120 ülke için elektrik tüketiminin GSYH yanında İGE ile kayda değer bir bağıntısının olduğunu ve kişi başına düşen elektrik tüketiminin yüksek olduğu ülkelerin ekonomik faaliyetlerde üst sıralara yükseldiğini bulmuştur. Ghali ve El-Sakka (2009), kişi başına düşen enerji ve elektrik tüketiminin ekonomik kalkınmayla ve modern hayat tarzının

diğer göstergeleri ile yüksek derecede bağıntılı olduğunu bulmuşlardır. Çalışmanın çıkarımına göre ne kadar yüksek enerji ve elektrik kullanımı –özellikle elektrik kullanımı- olursa hayat o kadar iyi olur. Mazur (2011), az gelişmiş ülkelerde özellikle kalabalık Çin ve Hindistan’da refahı arttırmak için elektrik tüketiminin gerekli olduğunu ifade etmiştir.

#### **2.4.2. Türkiye’nin Kaya Gazı Rezervleri**

Dünyada fosil yakıtlardan özellikle doğalgaz ve petrol rezervleri belirli bölgelerde yoğunluklu olarak bulunmaktadır ( Ortadoğu ülkeleri, Rusya, Suudi Arabistan, ABD, İran vs). Kömür rezervleri doğalgaz ve kömüre göre daha geniş bir alanda bulunabilmektedir. Kaya gazı rezervlerine dünyada farklı coğrafyalarda rastlanılabilmektedir (Çin, ABD, Polonya, Arjantin, Meksika, Güney Afrika, Libya gibi).

Türkiye’de de kaya gazı rezervlerine rastlanılmaktadır ve son dönemlerde bu rezervler yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Ekonomik ölçüde yararlanılabilecek rezervler bağlamında Türkiye özel şirketler bazı anlaşmalar yaparak kaya gazı rezervlerinden yararlanmayı hedeflemektedir (bu konuya ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak değinilecektir).

Advanced Resources International’ın (ARI) , 2011 yılında yayınladığı rapor ile dünyada kaya gazı rezervlerini tahmin etmiştir. Raporda Türkiye’nin kaya gazı rezervleri de yer almaktadır.

Şekil 2. 9: Türkiye'de Kaya Gazı Rezervleri

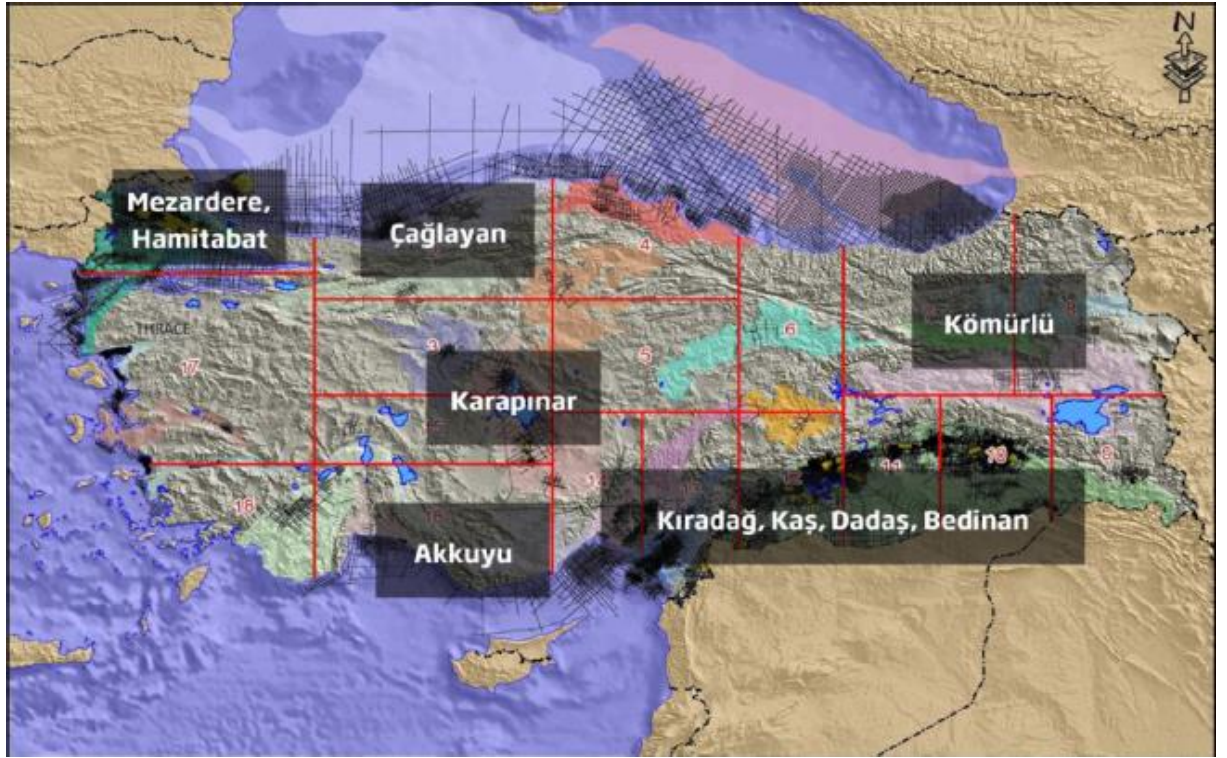


Kaynak: TMMOB, 2013

Rapora göre Türkiye’de 2 bölgede kaya gazı rezervlerine rastlanmaktadır. Bunlardan birincisi Güneydoğu Anadolu havzasında diğeri de Trakya havzasında yer almaktadır. Bu iki bölgede toplam üç kaya oluşumu vardır. Güneydoğu havzasında yer alan kaya oluşumunun adı “Dadaş Kayası”dır. Trakya bölgesinde yer alan kaya oluşumlarının adı ise sırasıyla “Hamitabat Kayası” ve “Mezardere Kayası”dır. Bu oluşumlarda toplamda 1,8 trilyon m<sup>3</sup> muhtemel gaz rezervi bulunmaktadır. Teknik olarak çıkarılabilir ve ekonomik olarak değerlendirilebilir kaya gazı rezervinin ise 425 milyar m<sup>3</sup> olduğu belirtilmektedir. TAPO-Transatlantic arasında imzalanan Mutabakat Zaptı ile Trakya Baseni ve Güneydoğu Anadolu’da geleneksel olmayan rezervuarlardan üretim yapabilme potansiyelini belirlemek amacıyla öncelikle Trakya baseninde Kaynarca-1 Kuyusuna re-entry, Kepirtepe-1 Kuyusuna ise re-entry devamında Mezardere Formasyonu içerisinde 3 seviye hydrofractur yapılmıştır (TPAO).



**Şekil 2. 10:** Türkiye'de Kaya Gazı Üretilebilecek Bölgeler



Kaynak: TPAO, Yurdal Öztaş, 2014

İş Bankası İktisadi Araştırmalar Bölümü'nün Haziraz 2013'te yapmış olduğu araştırmaya göre Türkiye'de en ciddi rezerv bulunan bölgeler yani Güneydoğu ve Trakya havzasındaki Dadaş, Mezardere ve Hamitabat formasyonlarının yanında Çağlayan, Karapınar, Akkuyu, Kömürlü, Kıradağ, Kaş ve Bedinan formasyonları da bulunmaktadır.

**Tablo 2. 8:** Türkiye'nin Kaya Gazı Rezervlerinin Buldukları Bölgeler

Kaynak: TPAO, 2014

TPAO'nun yapmış olduğu araştırmaya göre Türkiye'deki kaya gazı potansiyeli olan bölgeler şunlardır: Güneydoğu Bölgesi, Trakya Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi'ndedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Dadaş, Kıradağ, Kaş, Bedinan formasyonları, Trakya Bölgesi'nde Mezardere ve Hamitabat formasyonları, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Kömürlü formasyonu, Karadeniz'de Çağlayan formasyonu, İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz Gölü çevresinde Kara Pınar Yaylası ve son olarak Akdeniz Bölgesi'nde Akkuyu, karbonifer ve Silüriyen formasyonları bulunmaktadır. TPAO bu bölgelerde gerek kendi inisiyatifiyle gerekse Shell Exxonmobil ve Trans Atlantic gibi uluslararası petrol şirketleri ile faaliyet göstermektedir.

#### 2.4.2.1. Güneydoğu Havzası

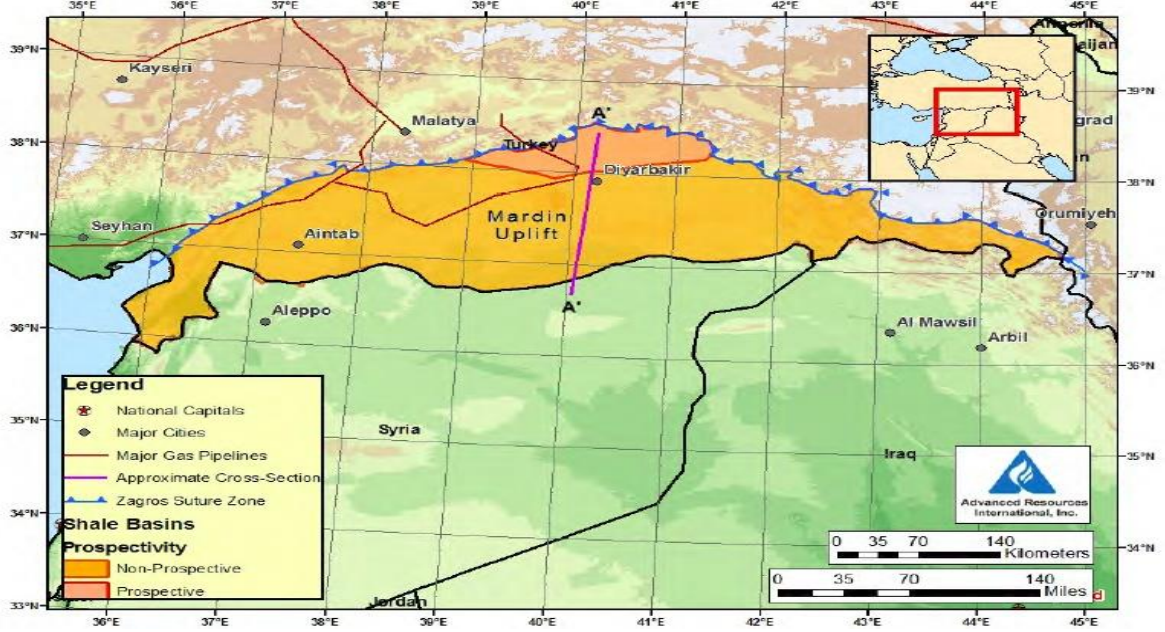
Aktif petrol üretimi ve keşif alanı olarak, Güneydoğu Anadolu Havzası'nın geniş bölümü geleneksel ham petrol keşifleri için kiralanmıştır. Kiralamaların en büyük kısmı TPAO'ya aittir fakat Alaaddin, Perenco gibi küçük uluslararası petrol keşif şirketleri de faaliyet göstermektedir. Şu anda TPAO'nun kendi ankonvansiyonel potansiyelinin keşifi, Türkiye'de yatay sondajlama ve kırılma ekipmanlarının eksikliği ve tecrübe eksikliği nedeniyle sınırlıdır.



TPAO, Dadaş Kayası'ndaki muhtemel rezerv bulunan araziler için yer tutmaktadır ve Türkiye çapında kaya oluşumlarını değerlendirmektedir.

#### 2.4.2.2. Dadaş Kayası

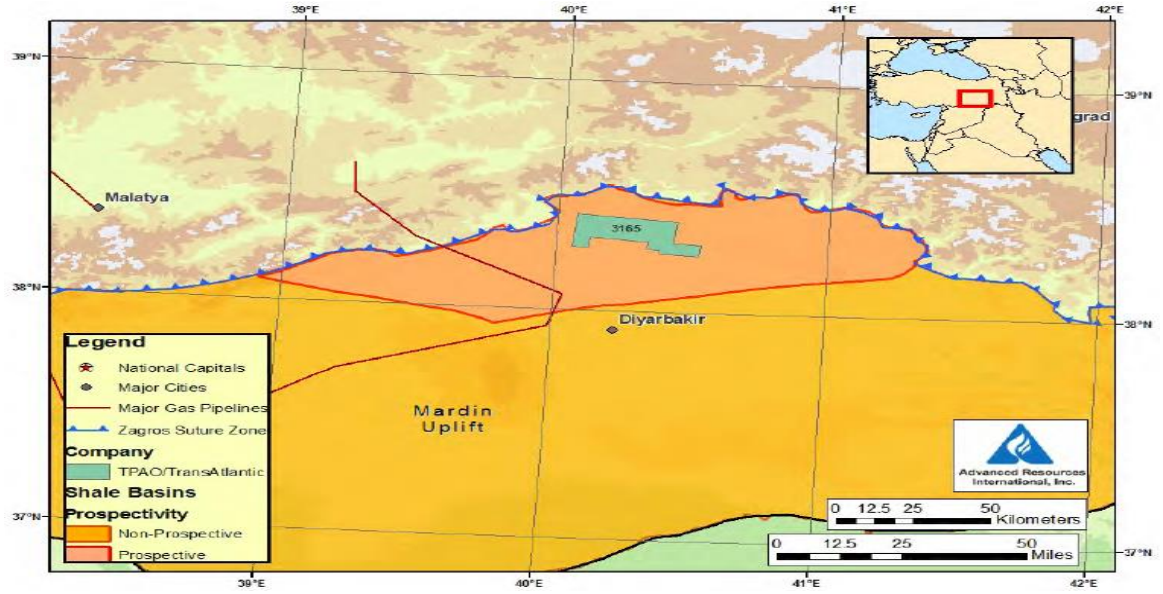
Şekil 2. 11: Güneydoğu Anadolu Havzası Dadaş Kayası



Kaynak: ARI, 2011

Dadaş Kayası, kaya gazı rezervi açısından Güneydoğu Anadolu bölgesinin en önemli formasyonudur. Dadaş Kayasının bulunduğu havza ABD'de bulunan Barnett Shale boyutunda bir alan ile eşdeğerdir. Dadaş Kayası'nın derinliği 2.000 ila 3.000 metre arasında değişmekte olup, ortalama derinliği 2.500 metre'dir. Kaya, toplam brüt kalınlığı 400 metre'ye kadar değişen üç ayrı parçadan oluşmaktadır. Organik zenginlik açısından en önemli parça net 46 metre kalınlığa sahip Dadas 1'dir. Dadas 1, yakın zamana kadar petrol kaynak kayası olarak kabul edilmiştir. Ancak, bu formasyonun kuzey bölgelerinin gaz eğilimli kaynaklar olduğu ortaya çıkmıştır. Dadaş Kayası'nın 1,2 trilyon m<sup>3</sup> muhtemel gaz rezervi içerdiği, bunun da teknik olarak ekonomik anlamda üretilebilir 254 milyar m<sup>3</sup> kaya gazı rezervine tekabül ettiği hesaplanmıştır.

Şekil 2. 12: Dadaş Kayası için Keşif Kiralamaları

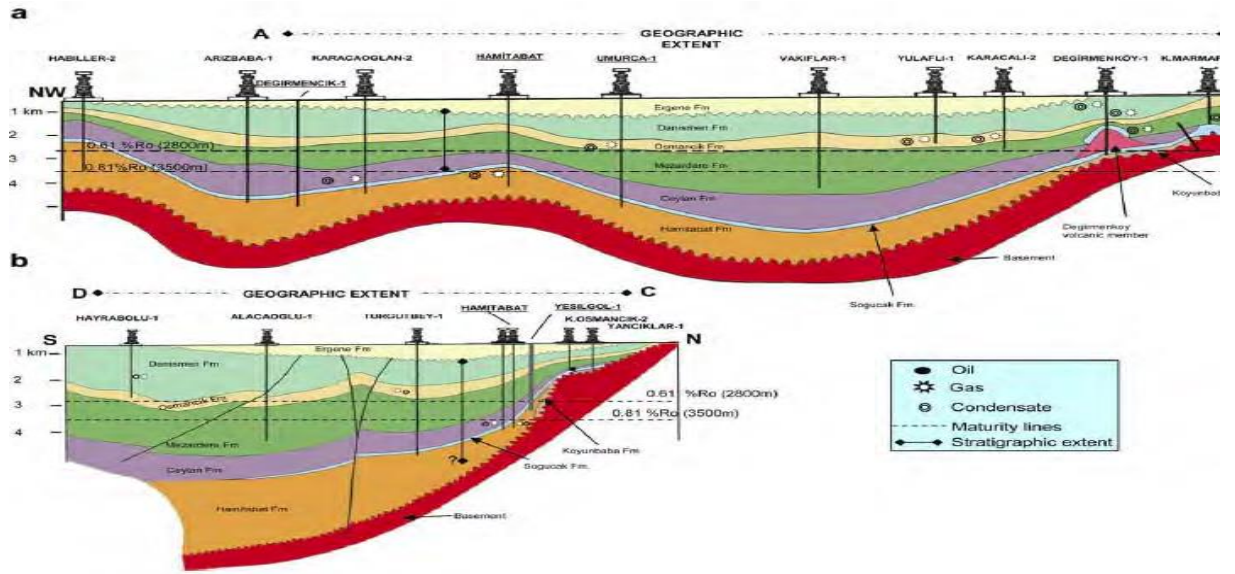


Kaynak: ARI, 2011

### 2.4.2.3. Trakya Havzası

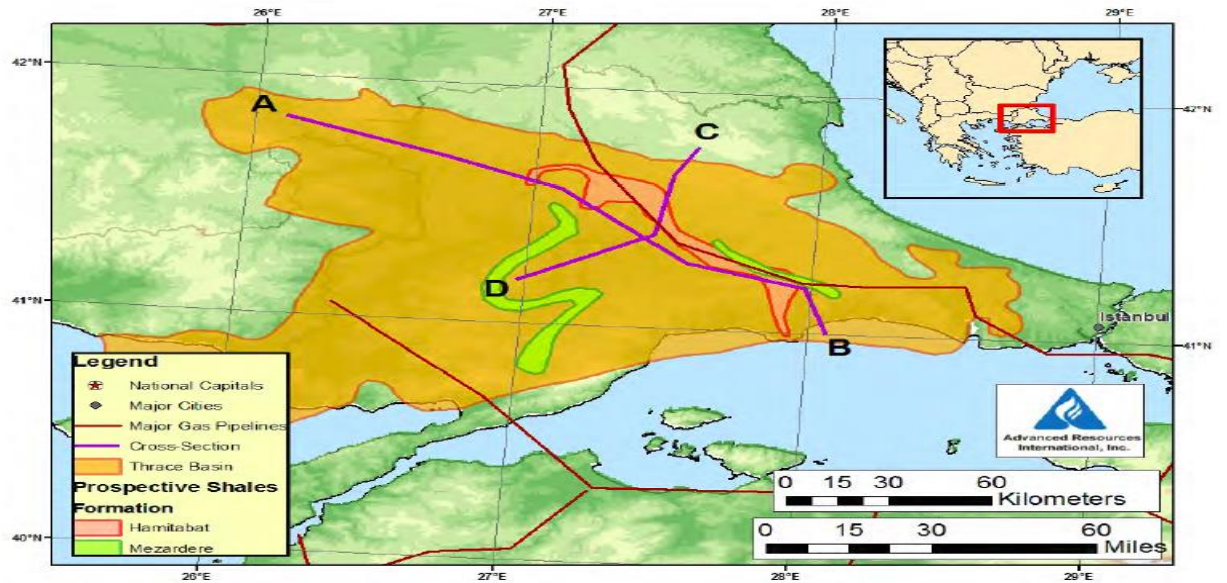
Türkiye'nin diğer yoğunluklu kaya gazı rezervleri Trakya bölgesinde Hamitabat ve Mezardere formasyonlarında bulunmaktadır. Trakya havzasında Hamitabat ve Mezardere formasyonlarında teknik olarak çıkarılabilir kaya gazının yaklaşık olarak 170 milyar m<sup>3</sup> rezerve tekabül etmektedir. Trans Atlantic TPAO ile 8 Kasım 2010'da yapmış olduğu anlaşmadan itibaren Trans Atlantic firması Trakya havzasında TPAO ile beraber faaliyet göstermektedir.

Şekil 2. 13: Trakya Havzası Kesiti



Kaynak: ARI, 2011

Şekil 2. 14: Trakya Havzasında Muhtemel Kaya Formasyonları



Kaynak: ARI, 2011

#### 2.4.2.4. Hamitabat Kayası

Trakya havzasındaki en derin ve en yaşlı kaya oluşumudur. Hamitabat Kayası aynı zamanda termal açıdan olgunlaşmıştır. Kaya, havzanın 3688 - 4988 metre derinliğindeki merkezinde bulunmaktadır. Kaya oluşumu çapında kayanın organik içeriği oldukça değişkendir. Kayanın brüt kalınlığı 1.000 ile 2500 metre arasında

değişmektedir. Hamitabat formasyonundaki teknik olarak çıkarılabilir kaya gazının yaklaşık olarak 113 milyar m<sup>3</sup> rezerv miktarına tekabül ettiği hesaplanmıştır.

#### **2.4.2.5. Mezardere Kayası**

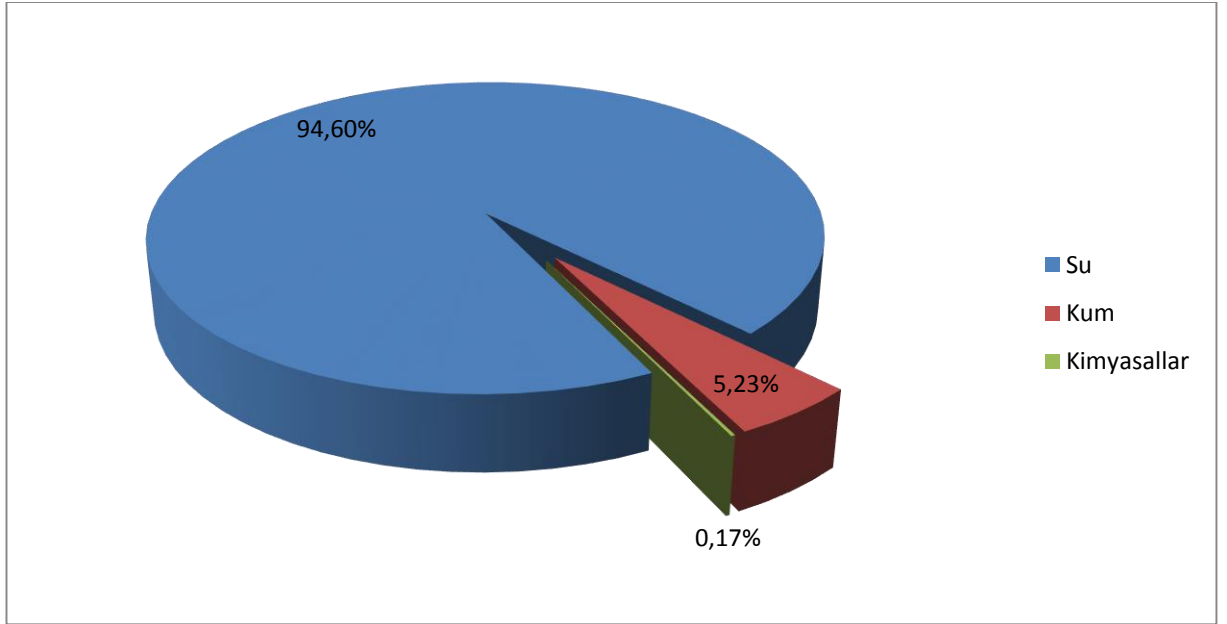
Trakya havzasındaki diğer kaya oluşumudur. Mezardere Kayası oluşum olarak kalındır ve bölgesel olarak yoğundur. Ancak düşük organik içeriği ve termal olgunluğu nedeniyle Mezardere Kayası'nın potansiyeli sınırlıdır. Kayanın 2500 ila 3100 metre aralığında muhtemel rezerve rastlanılabilmektedir. Kayanın brüt kalınlığı 500 ile 2500 metre arasında değişmektedir. Mezardere formasyonundaki teknik olarak çıkarılabilir kaya gazının yaklaşık olarak 57 milyar m<sup>3</sup> rezerv miktarına tekabül ettiği hesaplanmıştır. ARI'nın 2011 yılında yayımladığı raporda sonuç olarak Türkiye'nin doğalgaz kaynakları bağlamında sınırlı rezervlere sahip olduğu, Türkiye'nin ürettiği doğalgaz ile toplam doğal enerji ihtiyacını karşılayamadığı dolayısıyla da doğalgazda dışa bağımlı olduğu belirtilmektedir. Son olarak da teknik olarak üretilebilir 425 milyar m<sup>3</sup>'lük kaya gazı rezervlerinin enerjide dışa bağımlılık bağlamında Türkiye'ye ciddi katkılar sağlayacağı belirtilmiştir.

### **2.5. ÇEVRESEL SORUNLAR VE ELEŞTİRİLER**

Bilim adamları, kaya gazının fosil yakıt ve karbondioksit kaynağı olduğu konusunda uyarılarda bulunmaktadır. Bununla beraber birçok çevreci örgüt de kaya gazının çevre kirlenmesine sebebiyet verdiğini ileri sürerek kaya gazı çıkarma faaliyetlerine tepki göstermektedir. Kaya gazı sondajının çevre sorunlarına ve depremlere yol açması üzerine Fransa, Bulgaristan ve Çek Cumhuriyeti kaya gazı çalışmalarını yasaklamıştır. İngiltere, İspanya ve Güney Afrika da çalışmalarını durdurmuştur. Ancak İngiltere sonradan bu durdurma kararını iptal ederek tekrar kaya gazı çıkarma faaliyetlerine başlamıştır. Kaya gazı çıkarımında kullanılan çatlatma sıvısı içerisindeki karışımların yeraltı suyuna karıştığını savunan çevreciler bu durumu dile getirerek birçok bölgede kaya gazı arama faaliyetlerinin sona ermesini istemektedirler. Çatlatma sıvısı %98 su ve %2 kum ve kimyasalların karışımından oluşur (King, 2012). İnce taneli kum veya kil açılan çatlakların içine girer. Hidrolik çatlatma işleminin sonunda basınç kaldırıldığında bu madde ince çatlakları açık tutarak kaya gazının toplanmasını ve kuyuya doğru akışını sağlar. Bu sıvı içindeki bazı kimyasallar ise bu

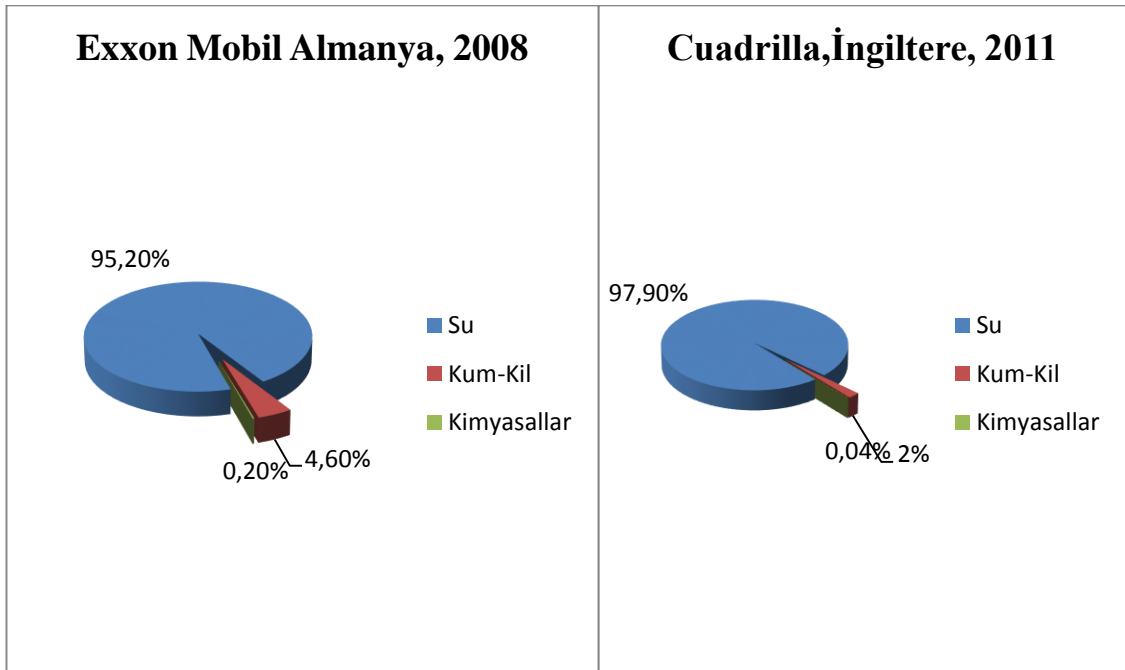
çatlatma işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olur. Bu işlemde bir kuyu için yaklaşık 10 000 m<sup>3</sup> ile 25000 m<sup>3</sup> arasında suya ihtiyaç duyulur (Broomfield, 2012).

**Şekil 2. 15:** Çatlatma Sıvısı İçerisinde Kullanılan Su, Kimyasal ve Kum Oranı



Kaynak: TSE Raporu, 2013

**Şekil 2. 16:** Uygulamada Kullanılan Bazı Çatlatma Sıvısı Karışımları



Kaynak: TSE Raporu, 2013

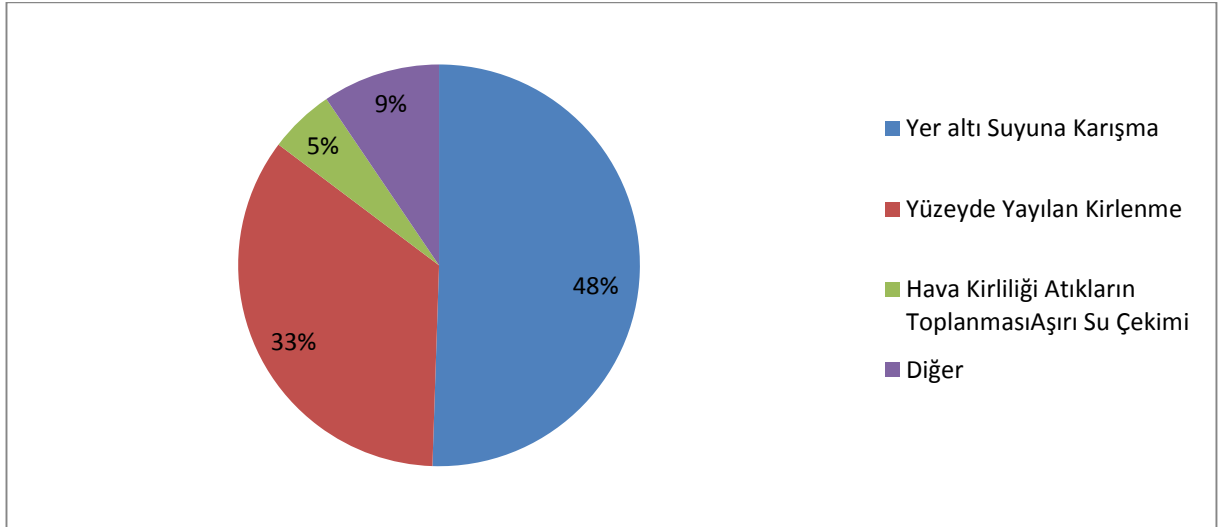


Çatlatma sıvısında genellikle akışkanlaştırıcı ve biocide kullanılır. Diğer kimyasallar ise jeolojik formasyona bağlı olarak nadiren kullanılmaktadır (King, 2012). Kaya Gazı gibi klasik olmayan yöntemle yapılan gaz üretimi klasik olandan çok daha fazla kuyuya ihtiyaç duyar. Alanın kısıtlı olmasından dolayı her kilometrekare de bir kuyu açılır. Bu kuyuların üretim ömrü ile ilgili araştırmalar sürmektedir. Ancak formasyona göre değişerek 5- 15 sene arasında olacağı ileri sürülmektedir. Bu kuyulardaki üretimin çok büyük bir bölümü ilk iki yıl içinde gerçekleştirir. Daha sonra üretim çok düşer. Her bir kuyu işletmesi için 1-2 hektarlık alana ve bağlantı yollarına ihtiyaç duyulur UNEP (2011a).

Kaya gazı üretiminde hidrolik çatlatma işleminden sonra geri dönen su miktarı formasyona bağlı olarak basılan suyun % 10'u ile % 40'ı arasında değişir (Katie, 2011). Genellikle ilk günlerdeki geri dönen sular tekrar kullanılmamaktadır. Geri dönen suların kalitesi de kuyu yerlerine ve derinliğe göre değişken olup bunlar ancak çeşitli seviyelerde arıtmaya tabi tutularak kullanılabilir. Örneğin bazı kuyulardaki geri dönüş sularında ortalama çözünmüş katı madde miktarı 120 000 ppm'e kadar çıkmaktadır ( Accenture 2012).

Kaya Gazı üretiminde yeraltı suyunun kirlenmesi bir iddia olarak gündemdedir. ABD Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından 2011 yılında yayınlanan raporda son 10 yılda hidrolik çatlatma uygulanan 20 000 kuyuda tespit edilen sorunlar incelenmiştir. Bu araştırmada sadece 43 ciddi su kirliliği olayı tespit edilmiştir. Bu 43 vakanın 21'inde yeraltı suyunun gaz ve hidrolik çatlatma sıvısı ile kirlendiği , 15 inde şantiye çevresinde yüzeyde kirlilik oluştuğu ,4 ünde su çekimi ve hava kirliliği sorunlarının ortaya çıktığı diğer 3 ünde ise atık toplama sorunlarının bulunduğu görülmüştür.

**Şekil 2. 17:** Kaya Gazı Çıkarma Faaliyetlerinde Meydana Gelen Çevresel Kirlilikler



Kaynak: Massachusetts Institute of Technology , 2011

MIT'in 2011 yılında yayımladığı rapora göre kaya gazı çıkarma faaliyetlerinde meydana gelen çevresel kirliliğin yüzde 48'i kaya gazı çıkarımı esnasında kullanılan suyun yeraltı suyuna karışmasından – insanların su ihtiyacını yeraltındaki kaynaklardan karşıladığını düşününce bu oran çok çarpıcıdır, ve tehlikelidir- , yüzde 33'ü yüzeyle yayılan kirlenmeden, yüzde 10'u aşırı su çekimi ve hava kirliliğinden ve yüzde 9'u da diğer sebeplerden meydana gelmektedir.

MIT hazırladığı bu raporda 20 000 kuyu içerisinde sorun yaşanan kuyu oranının çok düşük olmasını olumlu bir sonuç olarak değerlendirmiştir. Ancak aynı raporda kaya gazı çıkarma faaliyetlerinin çevresel açıdan barındırdığı riskin büyük olduğu ve sadece birkaç kuyuda bile meydana gelebilecek hataların çok ciddi çevresel sorunlar yaratabileceği riskinin göz önünde bulundurulması gerektiği ifade edilmiştir.

Çünkü Kuzeydoğu Pensilvanya ve New York'da yer alan Marcellus ve Utica kaya gazı formasyonlarındaki akiferlerde yapılan araştırmalarda sistematik olarak içme suyunda kaya gazı çekimi ile ilgili metan karışımı bulunmuştur (Osborn, S., Vengosh, A., Warner, N. and Jackson, R., 2011). İncelenen 316 000 kuyunun %4,5'ünde sızıntı saptanmıştır. Yeraltısuyunu kirleten karışımın ana kaynağının yüzeyle kazayla yayılan sıvı ve katı malzemeler olduğu belirlenmiştir (Nygaard, R. (2010).

Kaya gazı çıkartma faaliyetleri sırasında en yaygın biçimde kullanılan hidrolik kırılma yöntemi üzerine çeşitli eleştiriler söz konusudur. Bu eleştiriler genel olarak,

hidrolik kırılma yönteminin temeli olan büyük çapta basınçlı kullanımı üzerindedir. Basınçlı suyun içerisindeki kimyasalların yeraltı suyuna karışma ihtimali başta çevreciler olmak üzere yerel halkı endişelendirmektedir.

Hidrolik kırılma teknolojisi konusunda oluşan endişelerden bir diğeri ve belki de en önemlisi de içme sularıyla ilgili yaşanmaktadır. Hidrolik kırılma işleminin çalışması anlatılırken de belirtildiği gibi, yerin binlerce metre altındaki kayalardan doğal gazın yüzeye çıkarılması için birçoğu özel, tonlarca kimyasal içeren bir karışım ve kırılma başına milyonlarca litre su kullanılmaktadır. Bu işlemde kullanılan su daha sonra kirlenmektedir ve bu suyun çevreye zarar vermemesi için temizlenmesi veya imha edilmesi gerekmektedir. İnsanların çoğu, fracking işlemlerinde ne çeşit kimyasallar kullanıldığı ve bu kimyasalların yer altı içme sularını kirletebilme ihtimali ile ilgili endişe duymaktadır. Bununla birlikte kamuoyunda, hidrolik kırılma işleminde kullanılan sıvıların ne olduğu ve bu sıvıların kaya gazının çıkarılması için yer altına pompalandıktan sonra nasıl toplanıp imha edildiği hususunda birçok yanlış kanı bulunmaktadır (M. A. Ahışhalı, 2013.)

Dünyadaki kaya gazı çıkarma faaliyetleri genel olarak incelendiğinde firmaların hidrolik kırılma işleminde yeraltı suyuna zarar gelmemesi için ciddi önlemler aldığı, içme suyunun aynı şekilde temiz kalması üzerinde hassas davrandıkları ve birtakım çalışmalar yaptıkları görülmektedir. Kaya gazı çıkarma faaliyetleri sırasında meydana gelme ihtimali olan riskler teknoloji geliştikçe doğal olarak azalacaktır. Bu açıdan bakıldığında riskleri minimize etme adına alınan önlemlerden birisi olan “kuyu kasası” önem arz etmektedir. Kuyu kasası, genellikle çimento ve çelikten oluşan katmanlı bir duvardır. Bu yapı kuyuya destek sağlamakta ve kuyuyu çevresindeki jeolojik yapıdan ayırmaktadır. Böylece, hidrolik kırılma sıvılarının içme sularına karışması önlenmektedir. Yasal düzenlemeler ile yer altı kaynak sularının ne kadar derinde olduğu ölçülerek kuyu kasasının ne kadar genişlemesi gerektiği belirlenmektedir (Glass, 2011).

Kaya gazı üretiminde oluşan atık su iki sınıfa ayrılır. Hidrolik çatlatma işleminden sonra yaklaşık 30 gün içinde kuyulardan toplanan su "geri dönüş suyu" olarak adlandırılır. Diğeri ise gaz üretimine başladıktan sonra gazla birlikte yüzeyde toplanan sulardır. Eleştiri konularından bir diğeri sondajlama çalışmaları esnasında çok



büyük miktarlarda su kullanılmasıdır. Bu sebeple insanlar birçok alanda ihtiyaç duydukları suya erişmekte zorluk çekilebileceği ve yine bu çalışmalar sırasında su ekosisteminin çalışmalardan negatif yönde etkilenebileceği şüphesini taşımaktadırlar. Hidrolik kırılma, çok miktarda su sarfiyatıyla beraber ciddi ölçüde atık su da meydana getirmektedir ve söz konusu atık su içinde çözünmemiş kimyasallar barındırabileceği için yeniden kullanılmadan önce işlem görmesi gerekmektedir (Yıldız, 2013)..

Hidrolik çatlatma işleminden sonra oluşan atık suların genellikle kamunun arıtma tesislerinde arıtılması ve bu tesislerin Radyoaktif madde arıtımı için yeterli olmaması konusu ABD'de tartışma yaratmıştır (Caruso, 2011).

ABD deneyimlerine göre akışkanın yüzde 0,75'inin yeryüzüne geri çıktığı belirtilirken, geri gelen su uygulamada kullanılan kimyasalları, ağır metalleri, tuz ve jeolojik formasyonlarda doğal olarak bulunan radyoaktif maddeleri içermektedir. Bu arada kullanılan su miktarı derinliğe, yatay kuyuların uzunluğuna bağlı olarak değişmekle birlikte dikey bir kuyu için 2500 m<sup>3</sup> su gerekirken yatay kuyu için bu miktarın 10 bin -25 bin m<sup>3</sup> düzeyine çıktığını dikkate almak gerekmektedir. Bu durumda bir yandan yüksek hacimli hidrolik kırılma uygulaması için ihtiyaç duyulan suyun taze su kaynakları üzerinde yarattığı baskıyı unutmamak, diğer yandan sondaj işlemleri sonucunda yeraltı formasyonlarında bulunan suyun da yeryüzüne çıktığını, hatta atık suyun büyük bölümünü bu "üretile suyun" oluşturduğunu dikkate almak gerekmektedir. Tüm bunlar hidrolik kırılma uygulamalarında su yönetiminin önemini arttırmaktadır (Stephen G. Osborn, Avner Vengosh, Nathaniel R. Warner , Robert B. Jacksona, 2011).

Hidrolik çatlatmada kullanılan sıvılarla ilgili eleştiriler, 2000'li yılların başında kaya gazı üreticilerinin kendi teknolojilerini ticari açıdan korumak amacıyla sıvı formülünü açıklamaktan kaçınması nedeniyle yoğunlaşmıştır. Kamusal otoritelerin baskısı ve düzenlemeler sonucu bu durum ortadan kaldırılmış olup üreticiler, kullanılan kimyasal maddeler konusunda daha şeffaf davranmaya başlamıştır. Günümüzde hidrolik çatlatma için kullanılan sıvı yaklaşık %94 su, %5 kum ve %1'e yakın oranlarda sürtünme azaltıcı, antimikrobiyal ile artık birikmesini önleyici kimyasallar içermektedir. Kullanılan kimyasallar polikrilamid, bromin, metanol, naftalin, hidroklorik asit, etilen

glikol, bütanol vb. maddeler olup bu kimyasallar seyreltilmiş halde olduklarından içme sularına karışmaları halinde bile zararsız olacağı ifade edilmektedir. Öte yandan, hidrolik çatlatma sıvılarının doğrudan çatlaklar yoluyla yeraltı su akiferlerine karışma ihtimali çok düşüktür. Zira yeraltı su tablaları yerin en fazla 300 metre derininde bulunmakta olup hidrolik çatlatma yapılan şeyl formasyonları yerin en az 2.500 metre altında gerçekleştirilmektedir. Yatay sondaj boyunca oluşan çatlaklar yukarı doğru dikey olarak en fazla 200 metre uzanmakta olup en sığ derinlikteki hidrolik çatlatma operasyonlarında bile yeraltı su kaynakları ile çatlakların en üst noktası arasında 1-2 kilometre kalınlığında geçirimsiz kaya tabakaları bulunmaktadır (Demirtaş, 2013).

## **2.6. KAYA GAZI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ**

### **2.6.1. İklim Değişikliği**

İnsanlık, varoluşundan bu yana çevresini dolayısıyla da doğal kaynakları, kendi gereksinimleri doğrultusunda kullanmış, bu süreçle birlikte çevreyi etkilemiş ve çevreden de etkilenmiştir. İnsan-doğa ilişkilerine ve çevresel sorunlara bu açıdan bakıldığında, ortaya çıkan tüm ekolojik problemlerin tek ve en büyük kaynağının, sınırsız insan ihtiyaçlarının karşılanması için doğanın bilinçsizce kullanılması olduğu ortaya çıkmaktadır. Nitekim insan, bu ihtiyaçlarının karşılanması sürecinde, gerek duyduğu hammaddelerin sağlanması, mal ve hizmetlerin üretimi-tüketimi ve daha sonra doğaya atık olarak aktarılması aşamalarının her birinde doğaya önemli ve geri dönülemez zararlar vermektedir.

Küresel ısınma, dünya genelindeki sıcaklığın giderek artması anlamına gelmektedir. Ortaya çıkan bu sıcaklık artışı da birçok ekolojik dengeyi etkileyecek boyutlara ulaşmaktadır. Global düzeydeki sıcaklık artışının en büyük etkisi ise iklim sistemi üzerinde meydana gelmektedir.

Küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliği de, atmosfer içinde doğal olarak bulunan ve sera gazları olarak adlandırılan bazı gazların konsantrasyonlarının değişmesi, buna

bağlı olarak da yerkürenin aşırı olarak ısınmaya başlaması ve birtakım ekolojik dengesizliklerin ortaya çıkmasını ifade etmektedir (E Karakaya, M Özçağ, 2004).

IPCC 1. Çalışma Grubu 5. *Değerlendirme Raporu*'na göre, küresel iklimdeki ısınma *kesindir* ve 1950'li yıllardan beri iklimde gözlenen değişikliklerin çoğu on yıllardan bin yıllık bir zaman dönemine kadar daha önce hiç görülmemiş düzeydedir. Bu dönemde, atmosfer ve okyanuslar ısınmış, kar ve buz tutarları azalmış, ortalama deniz düzeyi yükselmiş ve sera gazlarının atmosferdeki birikimleri artmıştır. Geçen 30 yılın her 10 yılı, yeryüzünde 1850'den beri kaydedilen küresel sıcaklık verileri için hesaplanan tüm on yıllık dönemlerden ardışık bir biçimde daha sıcak olmuştur. Çözömlenen dolaylı eski iklim verileri, Kuzey Yarım Küre'de 1983-2012 döneminin olasılıkla son 1400 yılın en sıcak 30 yıllık dönemi olduğunu (*orta güvenilirlik*) göstermektedir. Küresel okyanuslardaki ısınma iklim sisteminde biriken enerjideki artışı denetlemektedir. Bu kapsamda, 1971-2010 döneminde okyanuslarda biriken enerjinin %90'dan fazlası (*yüksek güvenilirlik*) okyanuslardaki ısınmayla bağlantılıdır. Üst okyanus (0-700 m) 1971-2010 döneminde *kesin olarak* ısınmışken, 1870'ler ve 1971 arasında *olasılıkla* ısınmıştır. Grönland ve Antarktika buz kalkanları geçen 20 yıllık dönemde kütle kaybetmekte, buzullar (dağ vadi ve takke buzulları, vb.) neredeyse küresel ölçekte küçölmeyi sürdürmekte, Arktik deniz buzu ve Kuzey Yarımküre ilkbahar kar örtüsü alansal olarak azalmasını sürdürmektedir (*yüksek güvenilirlik*). 19. yüzyıl ortasından beri gözlenmiş olan deniz düzeyi yükselmesi oranı (hızı), önceki iki bin yıllık dönemdeki ortalama yükselme oranından daha büyüktür (*yüksek güvenilirlik*). Küresel ortalama deniz düzeyi 1901-2010 döneminde 19 cm (0,19 [0,17-0,21] m) yükselmiştir. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) gazlarının atmosferik birikimleri (konsantrasyonları), en az son 800.000 yıllık dönemde hiç olmadığı kadar yüksek bir düzeye ulaşmıştır. CO<sub>2</sub> birikimleri, temel olarak fosil yakıt yanması ve ikincil olarak net arazi kullanımı değişikliğinden kaynaklanan salımlar nedeniyle, sanayi öncesi döneme göre %40 oranında artmıştır. Okyanuslar atmosfere salınan insan kaynaklı karbonun yaklaşık %30'unu emerek asitlenmiştir.

Bütün yeni gelişmeler ve politikalar dikkate alındığında küresel enerji sistemi hala sürdürülebilir bir patikaya oturmamıştır. World Energy Outlook'un (WEO) ana senaryosu olan Yeni Politikalar senaryosuna göre enerji piyasalarında birkaç temel eğilim devam etmektedir. Enerji talebi ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının artışı yükselerek devam etmekte; enerji piyasasının dinamikleri gittikçe artan bir şekilde yükselen ekonomiler tarafından belirlenmekte; fosil yakıtlar ana enerji kaynağı olarak kullanılmaya devam

edilmekte ve dünyanın yoksul kesiminin enerji kaynaklarına erişiminin sağlanması hala zor bir hedef olarak karşımıza çıkmaktadır (World Energy Outlook, 2012).

Enerji talebi ve CO2 emisyonları 2011 yılında tahmini 31,2 Gt'dan, 2035 yılında 37,0 Gt'a çıkararak dünya sıcaklığının uzun vadede ortalama 3,6°C artacağına işaret etmektedir. Kısa vadede küresel ekonomide daha düşük bir büyüme kaydedilmesinin ise uzun vadeli enerji ve iklim değişikliği eğilimlerine sınırlı bir etkisi olacaktır (World Energy Outlook, 2012).

### **2.6.2. Kaya Gazının İklim Değişikliği Üzerine Etkileri**

Belli dönemlerde yapılan Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nde sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar genelde başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Avrupa bu konuda ciddi tedbirler almıştır ve emisyonlarını da ciddi derece düşürmüştür. Bu başarıyı enerji politikalarındaki değişiklikler ve yenilenebilir enerjiye verdikleri teşvikler sayesinde elde etmişlerdir. Fakat son zamanlarda Avrupa'da yenilenebilir enerjiye verilen bu teşvikler bütçeye getirdikleri yük bakımından tartışılmaktadır. Avrupa'daki bu değişimlere karşı iklim değişikliği uzlaşmalarında ve seragazı emisyonlarının azaltımı konusunda anlaşmaya varmayan ülkeler özellikle Çin ve Amerika'ydı. Çünkü bu ülkeler fosil yakıtları enerji yoğun sektörlerinde ciddi bir oranda kullanmaktadırlar. Ancak son zamanlarda özellikle Amerika yaşanan kaya gazı devrimi sonrasında görece daha az sera gazı yayan kaya gazı sayesinde emisyonlarını ciddi bir oranda azaltmıştır.

WEO tahminlerine göre 2012 yılında sübvansiyonlar tüm dünyada 101 milyara tekabül etmiştir ve bu rakamın 60 milyar doları sadece Avrupa'da verilen sübvansiyonlardan oluşmaktadır. Ancak son zamanlarda Avrupa'da İtalya, İspanya, Almanya dahil genel olarak yenilenebilir enerjiye verilen bu sübvansiyonları azaltma tartışmaları ciddi bir tartışma mevcuttur. Bu bakımdan 2014 yılında bu sübvansiyonlarda bir azalma gözlenebilir.

Amerika'da doğalgaz bolluğu ve gaz zenginliği ülkede bazı önemli değişimlere de sahne olmaktadır. Örneğin, Amerika sera gazı emisyonları 450 milyon ton azalmak suretiyle son beş yılın en düşük seviyesine kadar inme rekorunu kırmıştır. Küresel sera

gazı salımları açısından bu düzeyde bir azalma dünyada ilk defa yaşanmaktadır (Ahmet Cangüzel Taner, 2012)

Amerika'nın mevcut emisyon miktarı 1990 düzeylerindedir ki bu son derece olumlu bir tablodur. Bu duruma Amerika'nın özellikle kaya gazı ile kömürü ikame etmesinde sonra ulaşılmıştır (Fatih Birol, WEO 2014).

Dolayısıyla kaya gazı iklim değişikliği bağlamında önemli bir faktördür. Küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasında yardımcı olacak kaynaklardan birisi de kaya gazıdır. Çünkü bu enerji kaynağı kömür ile ikame edildiği takdirde sera gazlarının ciddi bir şekilde azalmasına yardımcı olacaktır.

2015'te Paris'te düzenlenecek olan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nden iklim değişikliği bağlamında ümit verici kararların çıkacağı beklenmektedir. Bu beklentilerin temel dayanağı olarak birincisi Amerika'nın kaya gazı sayesinde emisyonlarını çok büyük oranda aşağı çekmesi ve Çin'de kömüre dayalı sanayinin ülkedeki çevre sorunlarını gözle görülecek düzeyde ortaya çıkarması. Çin'de meydana gelen bu çevresel sonucu enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji bağlamında ciddi adımlar atılmaktadır. Bu adımlar artık zorunlu hale gelmiştir. Dolayısıyla hem Amerika'daki bu gelişmeler hem de Çin'deki bu değişimler 2015 Paris toplantısında bir umut ışığı niteliğindedir.

Her ne kadar bazı karbon azaltım mekanizmaları baskı altında olsa da , ABD Başkanı'nın İklim Değişikliği Eylem Planı, Çin'in yerel enerji tedarik sepeti içerisinde kömürü azaltmaya yönelik planı, Avrupa'da 2030 yılına yönelik stratejik enerji ve iklim hedeflerine yönelik tartışmalar ve Japonya'nın yeni enerji planına yönelik tartışmaları v.b girişimler enerji kaynaklarında CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki artışların sınırlandırılmasına imkan sağlayabilecek niteliktedir. Ana senaryo kapsamında, hükümetler tarafından enerji verimliliğini arttırmaya, yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemeye, fosil yakıtlarla sağlanan sübvansiyonları sınırlamaya ve bazı durumlarda karbon emisyonlarını fiyatlandırmaya yönelik olarak açıklanan tüm önlemlerin yaratacağı etkilere rağmen, 2035 yılında enerji kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının yüzde 20 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu durum, yeryüzünün uzun vadede 3,6°C seviyesinde bir

ortalama sıcaklık artışı ile karşı karşıya kalabileceğini göstermektedir. Bu seviye, uluslararası düzeyde uzlaşılan 2°C hedefinin oldukça üzerindedir (Biol, 2013).

Doğalgaz, kömür için önemli bir yakın dönem dönüşümüdür ve seragazi emisyonlarını önemli ölçüde azaltacaktır. Ancak CO<sub>2</sub> emisyonları gelecekteki kayda değer bir ölçüde düşmeliyse, doğal gazın düşük karbonlu bir geleceğe doğru kesin çözüm olarak değil sadece bir geçiş aşaması olarak görülmesi gerekir. Uzun vadede, doğalgazın yaygın (ve yoğun) kullanımının iklim değişikliği açısından negatif sonuçlar doğuracağı muhtemeldir. Sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) ihracatı, hem yenilenebilir teknolojinin ekonomik kapasitesini arttırarak hem de yurtdışında kömürü ikame ederek iklim değişikliğinde kesin bir çözümde destekçi olabilir (Cohen, 2013).

## 2.7. KAYA GAZININ EKONOMİK ETKİLERİ

Kaya gazı özellikle ABD ekonomisinde ciddi etkiler meydana getirmiştir. Daha önce en büyük enerji ithalatçısı olan ABD kaya gazı ve kaya petrolü sayesinde enerji talebinde kendine yetebilen bir ülke konumuna geçmiştir. ABD'nin bu konuma geçmesinin ekonomik sonuçlarından en önemlisi doğalgaz fiyatlarının yurtiçinde düşüş göstermesidir. Yurtiçinde düşen doğalgaz fiyatları enerjiyi yoğun kullanılan sektörler, istihdam üzerinde etkileri bulunmaktadır.

Bu bölümde kaya gazının öncelikle ABD ekonomisinde meydana getirdiği etkiler daha sonra küresel piyasada meydana getirdiği etkiler tartışılacaktır. Dolayısıyla kaya gazı çıkarma faaliyetleri süresince ve sonrasında meydana gelen doğrudan, dolaylı ve uyarılmış etkiler göz önüne alınarak makroekonomik etkilerden bahsedilecektir

### 2.7.1 Makroekonomik Etkiler

Kaya gazının ekonomik etkilerine bakıldığında bunları üç ayrı kategoride incelemek mümkündür

- **Doğrudan etkiler**, çekirdek endüstrinin çıktı, istihdam ve gelir etkileridir. Örneğin kaya gazı endüstrisinin doğrudan etkileri arama, üretim, taşıma ve kaya gazı tesliminin alt unsurları veya yerinde hizmet sunmadan oluşmaktadır. Bu faaliyetler üzerine yapılan yatırımlar üretim düzeyleri (çıkıtı) üzerinde doğrudan

katkılarına sahiptir (endüstri tarafından istihdam edilen çalışanların sayısı, bu işçilere ödenen ücretler, vb).

- Kaya gazı endüstrisinin doğrudan alım faaliyetlerinde oluşan herhangi bir değişiklik kaya gazı üretim faaliyetlerini destekleyen tüm tedarikçi endüstrilere **dolaylı etkiler** sağlamaktadır. Talepte meydana gelen değişimler (doğrudan endüstrilerde), arz zincirinde çıktı, istihdam ve gelirden karşılıklı değişimlere sebep olur. Etkilenmiş tedarikçi faaliyetleri ABD ekonomisinde sanayinin çoğunluğunu kapsamaktadır.
- Son olarak hem doğrudan hem de dolaylı sektörlerde çalışanlar ve aileleri gelirlerini gıda, konut, eğlence, otomobil, ev aletleri, mobilya, giyim ve diğer tüketim öğeleri üzerine harcamaktadır. Bu tüketici harcamaları faaliyetlerinden kaynaklanan ek çıktı, istihdam ve gelir etkileri **uyarılmış ekonomik etkiler** olarak kategorize edilmektedir.

Sanayi sektöründe meydana gelen doğrudan ekonomik gelişmelerin yanı sıra, pozitif etkisi olan düşük ve istikrarlı gaz fiyatları teşvik edilmiştir. IHS Global Insight'ın ABD Ekonomisinin Makroekonomik Model simülasyonu kısa vadede mevcut düşük ve istikrarlı doğalgaz fiyatlarının; elektrik maliyetlerinde %10 azalma, 2013 GSYH'nda %1.1 artış, 2014 yılında istihdam edilen kişi sayısında 1 milyon artış ve 2015'de istihdam edilen kişi sayısının 809.000 kişilik daha artacağını göstermiştir. Uzun dönemde (15 yıldan daha fazla) ekonominin denkleştirici eğilimleri GSYİH'yi ve düşük gaz fiyatlarına karşı yüksek gaz fiyatlarının istihdam etkilerini daha düşük seviyelere çeker, fakat gaz fiyatları yine de önemli faydalar sağlayabilirler. Örneğin düşük doğalgaz fiyatları ve elektrik maliyetleri sebebiyle yerli üreticilerin rekabet edebilirliğinde iyileşmeler olacaktır. Bu durumun ilk etkisi 2017'ye kadar %2.9'luk ve 2035'e kadar %4.7'lik daha yüksek bir endüstri üretimidir. Buna ek olarak, kısa dönem istihdam etkisi ABD ekonomisinin düşük büyüme ve yüksek işsizlik ile anıldığı bir döneme denk gelmektedir.

### 2.7.2. İstihdam Yaratma

Amerika'da ekonomik büyüme ve istihdam yaratmada etkili olan kaya gazı üretimindeki hızlı artış derin ekonomik etkilere sahiptir (Weber, 2012). Geleneksel gaz aktivitelerinin ekonomik etkilerinden birisi kaya gazı sayesinde 600.000'den fazla

istihdam alanı yaratılmış olmasıdır. 2015 yılına gelindiğinde bu rakamın toplamda 870.000'den ve 2035 yılına gelindiğinde de aynı rakamın 1,6 milyondan fazla olacağı tahmin edilmektedir. Kaya gazından meydana gelen derin ekonomik etkilerin temel sebebi endüstriyel faaliyetleri desteklemek için doğrudan ve dolaylı olarak yaratılan istihdam sayesinde oluşan yüksek "istihdam çarpanı"dır. Amerikan kaya gazının GSYH'sına katkısı 2010 yılında 76.9 milyar dolardan daha fazlaydı; 2015'de bu rakamın 118.2 milyar dolar ve 2035 yılına gelindiğinde 2010'a göre üçe katlayarak 231.1 milyar dolar olacaktır. Önümüzdeki 25 yıl boyunca kaya gazı endüstrisi yerel, eyalet ve federal yönetimler için 933 milyar dolardan fazla vergi geliri meydana getirecektir. Daha düşük gaz fiyatlarından ve diğer tüketicilerin daha düşük fiyatla gaz alımından ortaya çıkan tasarruflar 2012 ve 2015 yılları arasında hane başına harcanabilir gelirden yıllık ortalama 926 dolar ek artış meydana getirmiştir (IHS, 2011).



**Tablo 2. 9:** Kaya Gazının Yerli Ekonomi Üzerindeki Etkisi Hakkında Beş Çalışmanın Özeti

Araştırmacılar	Kaya Yatağı	Ana Sonuç
CBER	Marcellus Kayası (Arkansas)	2007 yılında kaya gazı çıkarma faaliyetlerinin Arkansas eyaletinin toplam gelirlerini 2.6 milyar dolar arttırdığı ve 9533 adet istihdam yarattığı tahmin edilmiştir.
Considine vd.	Batı ve Kuzey Pensilvanya'daki Marcellus Kayası	2008 yılında kaya gazı çıkarmada endüstri faaliyetleri 2.263 milyar dolarlık bir iktisadi faaliyet ve 29.284 yeni istihdam oluşturmuştur ve Pensilvanya'da eyalet ve yerel vergilere 238.5 milyon dolarlık ödeme yapılmıştır.
Considine vd.	Batı ve Kuzey Pensilvanya'daki Marcellus Kayası	i) 2009 yılında kaya gazı endüstrisinin Pensilvanya ekonomisine 44.098 yeni istihdam yarattığı ve 389 milyon dolarlık eyalet ve yerel vergisinin ödendiği tahmin edilmiştir. ii) Kaya gazı endüstrisinin 2020 yılına kadar 18.85 milyar dolarlık katma değer, 1.87 milyar dolarlık eyalet ve yerel vergisi ve 212.000 kişilik istihdam alanı yaratması gibi ekonomik etkiler doğuracağı tahmin edilmektedir.
Permanent Grup	Barret Kayası (Dallas)	i) 2006 yılında Barnett Kayası'ndaki iktisadi faaliyetler 6.1 milyar dolarlık bir hasılaya tekabül etti ve 60.820 kişilik istihdam yarattı. ii) 2007 yılında Barnett Kayası'ndaki iktisadi faaliyetler 8,3 milyar dolarlık bir hasılaya ve 83,823 kişilik istihdama denk geldi. iii) 2008 yılında Barnett Kayası'ndaki ekonomik faaliyetler 11 milyar dolarlık hasıla ve 111.131 kişilik istihdam ile tüm geçmiş yılların en yüksek seviyesindeydi.
Scott	Haynesville (Loisiana)	Louisiana'daki yedi firmanın 2008 yılında kaya gazı çıkarımı faaliyetleri aracılığıyla yaklaşık olarak 2,4 milyar dolarlık bir ticari satış gerçekleştirdiği tahmin edilmiştir.

Wang v.d., 2014

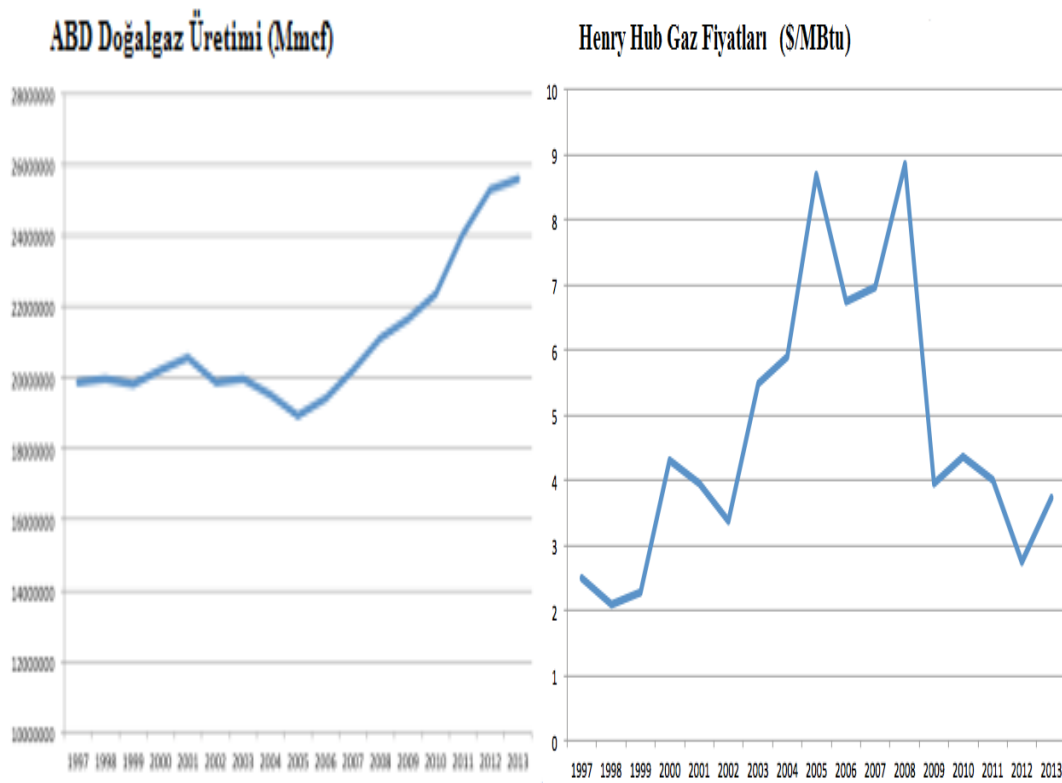
### 2.7.3 Doğalgaz Fiyatlarının Ucuzlaması ve Petrol Fiyatları

Bu bölümde ABD'de meydana gelen kaya gazı devrimi sayesinde doğalgaz fiyatlarının nasıl ucuzladığı ve sonraki devrim olarak nitelendirilen kaya petrolü üretiminin de petrol fiyatlarını neden düşürmediği tartışılacaktır.

ABD'de devrim olarak nitelendirilen kaya gazı ve kaya petrolünün iki önemli sonucu vardır. Bunlardan birincisi geçmişte yükselen doğalgaz fiyatlarının kaya gazı üretimindeki artış ile beraber düşmesi ikincisi de artan petrol üretimidir. Doğalgaz fiyatlarının düşmesinin sebebi ABD'nin ürettiği kaya gazını yurtiçinde tüketmesidir.

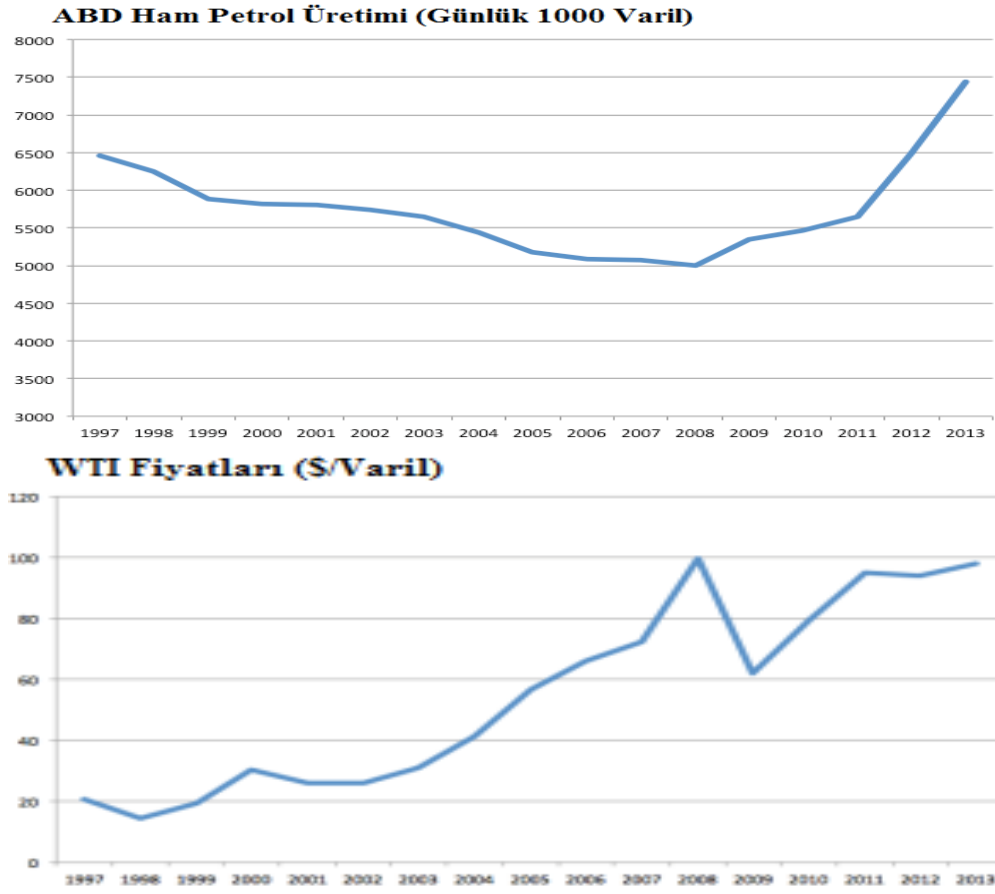
ABD kaya gazından ürettiği doğalgaz ile yurtiçi talebini karşıladığı için doğalgazın sıvılaştırılması (LNG) ve ulaştırılmasındaki maliyetlerden kurtulmaktadır. Bu sayede ABD enerji piyasasında doğalgaz fiyatları düşmüştür. ABD aynı zamanda kaya petrolü rezervlerine de ciddi yatırımlar yapmakta ve bu sayede petrol üretimi arttırmaktadır. Fakat kaya petrolü sayesinde petrol arzında meydana gelen bu artış petrol fiyatlarını düşürmemiştir. Bunun nedeni ise petrolün ulaştırılmasındaki maliyetin doğalgaza göre çok yüksek olmamasıdır. Dolayısıyla ABD’de kaya petrolü üretilen eyaletlerdeki gelir artışı kaya gazı üretilen eyaletlerden daha fazladır. Çünkü üreticiler için doğalgaz fiyatlarının düşmesi kazançlarını da düşürürken petrol fiyatlarının sabit kalması petrol üretilen eyaletlerde gelirin doğalgaza göre daha fazla artmasına sebep olmuştur (Coleman, 2014).

Şekil 2. 18 :ABD’de Doğalgaz Üretimi ve Doğalgaz Fiyatları



Kaynak: The Energy Collective, 2014

**Şekil 2. 19: ABD’de Ham Petrol Üretimi ve Petrol Fiyatları**



Kaynak: The Energy Collective, 2013

Yukarıdaki grafiklere bakıldığında da görüldüğü üzere ABD’de doğalgaz üretimi artarken doğalgaz fiyatları düşmüş, ham petrol üretimi artarken ise petrol fiyatlarında herhangi bir düşüş gerçekleşmemiştir.

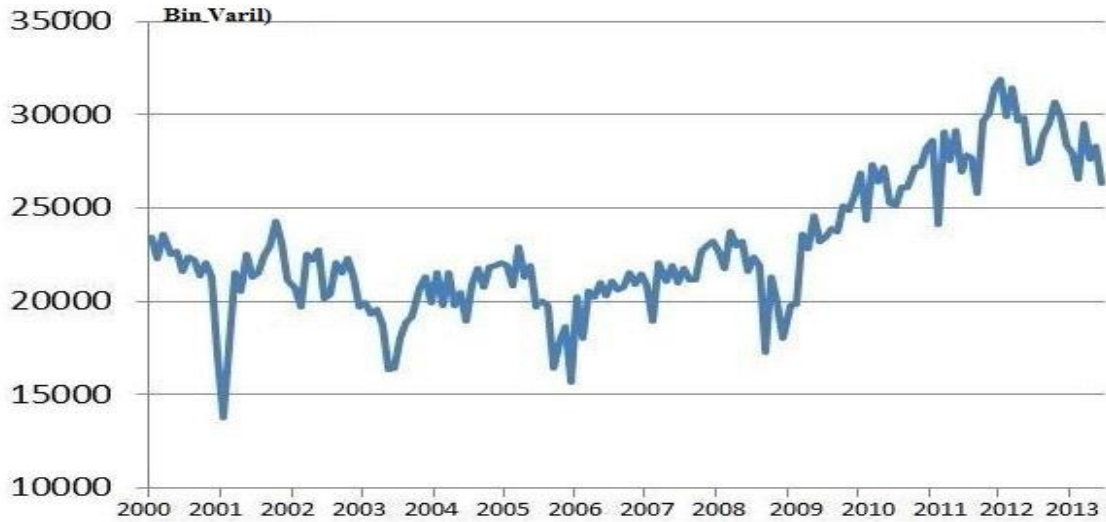
PWC’nin (Price Waterhouse and Coopers & Lybrand ) yayınlamış olduğu “Bir Sonraki Enerji Devrimi: Kaya Petrolü” raporunda küresel kaya petrolü üretiminin dünya enerji dengelerini değiştireceğinden bahsedilmiştir. Rapora göre kaya petrolü üretimi küresel petrol üretimi içerisindeki payın yüzde 12’sine kadar ulaşma potansiyeline sahip olduğu, bu oranın da günde yaklaşık 14 milyon varile takabül ettiği belirtilmiştir. Ayrıca Bu gerçekleşen fazlalık petrol üretiminin küresel petrol fiyatlarını 2035’te yüzde 25-40 oranlarına kadar aşağı çekebileceği, küresel GSYİH’yi ise yüzde 2,3 ile 3,7 oranlarında (2012 yılı GSYİH değerleri üzerinden 1,7 ile 2,7 trilyon dolar) arttırabileceğinden söz edilmiştir.

#### 2.7.4. Sektörel Etkiler: Kimya Sektörü

ABD’de kaya gazı çıkarma faaliyetlerinin ardından meydana gelen etkilere bakıldığında sadece doğalgaz fiyatlarının ucuzladığını söylemek yetersiz olacaktır. Doğalgaz üretiminin bolluğu sayesinde düşen doğalgaz fiyatlarından sanayi kesimi – özellikle kimya sektörü- de ciddi derecede pozitif anlamda etkilenmektedir. Doğalgazı girdi olarak kullanan sanayiler için doğalgaz fiyatı ucuzladıkça bu sanayilerin hasılası artmakta ve rekabet edebilirliği yükselmektedir. Bu bölümde kimya sektörü, demir-çelik sektörü, çimento sektörü gibi imalat sanayinin önde gelen sanayilerinin kaya gazı sayesinde elde ettiği pozitif dışsallıklara değinilecek, özellikle de kimya sektörü üzerinde durulacaktır.

Düşen doğalgaz fiyatları üreticileri metandan daha iyi getiri sunan etan gibi doğalgaz sıvılarının (NGL) bol olduğu yataklara yatırım yapmaya yöneltmiştir (Gandolphe, 2013). Doğalgaz sıvıları; doğalgaz olarak üretilip sıvılaştırılan gaz türleridir (Şengüller,). Etan üretimi yaş gaz üretimindeki hızlı artış sayesinde 2008 yılına göre %38 artarak 2012 yılında 355 milyon varile ulaşmıştır. ABD’de gaz damıtma tesislerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu tesisler metanı diğer sıvılaştırılmış gazlardan ayırma işini yapmaktadırlar. Metan petrokimya, sanayi ve inşaat sektöründe kullanılan önemli bir girdi olarak kullanılmaktadır. Etan (C2) özellikle petrokimya sanayii tarafından kullanılan bir girdidir. Propan (C3) da petrokimya sektöründe propolin ve etilen üretmek için ham madde olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda yaygın olarak konut sektöründe ve ulaşımda ısıtma ihtiyacını kullanılmak için kullanılmaktadır. Bütan (C4) petrokimya sektöründe kullanılan başka bir hammaddedir aynı zamanda doğal benzin ile karıştırıldığı rafinelerde kullanılmaktadır. Propan ve bütan sıvılaştırılmış petrolerdir. Pentan + (C5+) da petrokimya sektöründe kullanılmaktadır fakat başka işlevleri de vardır; örneğin Kanada’da ağır petrolerin çıkarımı ve ulaşımda seyreltici madde olarak kullanılmaktadır (EIA, 2013a).

Şekil 2. 20: ABD'de Gaz Damıtma Tesislerindeki Etan Üretimi



Kaynak:EIA, 2013

Yukarıdaki şekil değerlendirildiğinde ABD’de üretilen etan miktarının yıllara göre ciddi oranda arttığı görülmektedir. Özellikle kaya gazı devriminin başladığı 2006 yılından itibaren miktarda kayda değer bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Doğalgaz sınırlarının kullanışlı ve elverişli olması ABD’nin petrokimya sanayisinde devrim yaratmıştır. Etan asıl olarak plastik yapımında en önemli ara girdilerden birisi olan etileni elde etmede kullanılmaktadır. Artan kullanışlılığı ucuz ve bol etana dayalı ABD petrokimya sektörünün canlanmasını sağlamaktadır.

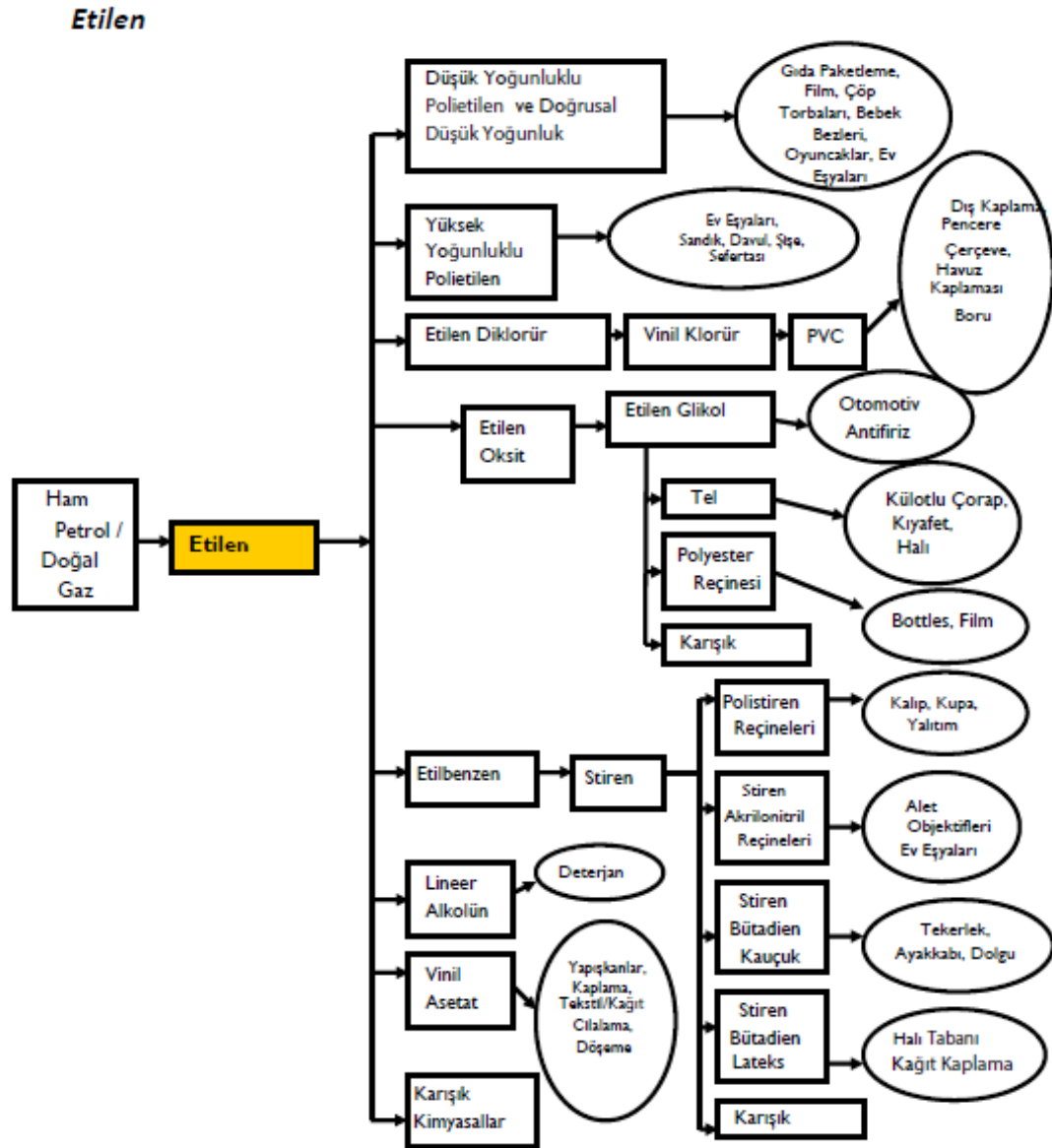
Ucuz doğalgaz ABD kimya endüstrisine doğalgaz yerine petrol bazlı hammaddeye dayalı üretim yapan yabancı rakipleri karşısında bir avantaj sağlamaktadır. Kaya gazı patlaması (shale gas boom) doğalgaz fiyatlarını yanında doğalgaz sınırlarının da fiyatlarını azaltmıştır. Bu doğalgaz sınırlarından birisi etandır. Etan, etilen üretmek için kullanılmaktadır ve kimya sektöründe yaygın olarak kullanılan organik bir karışımdır (Wang v.d, 2014). ABD kimya sektörü, daha pahalı olan petrol bazlı hammadde üreten uluslararası rakiplerinin aksine doğalgaz sınırlarından elde edilen etan kullanılmaktadır. Dolayısıyla ABD’nin kimya sektöründe rekabet edebilirliğinin en önemli faktörü yerli doğalgaz ile küresel ham petrol arasındaki fiyat farkıdır. Örneğin, uluslararası piyasa da petrolün varil başı fiyatı 80 dolardan yüksek ve ABD’de doğalgaz fiyatlarının 2 dolar civarında olduğu sürece, Amerikan kimya endüstrileri küresel ölçekte diğer ülkelere göre 1’e 7 oranında fiyat avantajına sahiptirler. Kimya şirketleri

tesislerini genişleterek ve yeni tesisler kurarak ucuz doğalgazdan faydalanmaktadırlar.(Achilladelis v.d., 1990). Mayıs 2012’de, yeni tesisler kurmak ve mevcut tesislerin genişletilmesi için toplam 25 milyar dolar sermaye yatırımı gerçekleşmiştir. En büyük yatırımlardan birisi Dow Kimya Şirketi (DOW) tarafından Freeport, Texas’ta etilen cracker ve propilen üretim tesisi kurmak için yapılmıştır. Texas’ta yapılan 1,7 milyar dolarlık tesis genişletme yatırımı planlanan 4 milyar dolarlık yatırımın sadece bir parçasıdır. Freeport’taki yeni tesis 2017’ye kadar faaliyete geçmeyecektir. Bu durum Texas’ın geleceğinde ucuz ve bol kaya gazının mevcut olduğunu göstermektedir. Böyle bir proje doğalgaz fiyatlarının daha yüksek olduğu ve gaz temininin daha sıkı olduğu 5 -10 yıl kadar öncesinde düşünülemezdi (Medlock v.d., 2011). DOW’un genişleme yatırımı ABD ekonomisine istihdam sağlamaktadır ki ABD ekonomisinin de bu istihdama ihtiyacı vardır. DOW proje inşa faaliyetleri sırasında 4800 kişilik bir istihdam sağlayacağını tahmin etmektedir. Bu kimya projelerinin temelinde ucuz doğalgazın temininin istikrarlı olması yatmaktadır. Kimya sektörünün Freeport projesine yapmış olduğu yatırımın problem yaşaması için doğalgaz fiyatlarının 10 doların üzerine çıkması gerekmektedir ki böyle bir durum söz konusu değildir Tabi ki Dow şu anda Amerika’da milyon BTU başına 2 ile 2.50 dolar arasında seyreden doğalgaz fiyatlarının uzun yıllar bu zirvelere ulaşmasını beklemiyor. Kaya gazı patlaması etanı daha uygun maliyetli hale getirmektedir. Dolayısıyla bu durum ABD’nin kimyasal şirketlerine sürdürülebilir bir uluslararası rekabet avantajı sağlamaktadır (Gilbert, 2012).

Aşağıdaki şekilde etilenin hangi malları üretirken hammadde olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu ürünler genel perspektifte ele alındığında etilen maddesinin kimya sektöründe çok önemli bir girdi olduğu görülmektedir. Birçok ürünün elde edilmesinde gerekli hammadde olan etilenin sanayiye bir girdi bağlamında düşünüldüğünde ekonomik olarak geniş bir yelpaze sunduğu görülmektedir.

Dış kaplamadan oyuncağa, külotlu çoraptan tekerleğe, ayakkabıdan sandığa, halıdan şişeye, ev eşyalarından otomotive, borudan dolguya, PVC den gıda paketlenmesine kadar çok geniş bir ürün yelpazesinin girdisi olan etilen ekonomik anlamda da değerlidir. Dolayısıyla etilenin maliyetinde meydana gelecek değişimler onu girdi olarak kullanan sektörlerin maliyetlerinde de değişikliklere sebep olacaktır.

Şekil 2. 21: Etilen Maddesi Kullanılarak Üretilen Mallar



Kaynak: ACC, 2013 yayınlarından tarafımızca derlenmiştir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### KAYA GAZI BAĞLAMINDA ABD'DE DOĞALGAZ ÜRETİMİ VE TALEBİ ÜZERİNE EKONOMETRİK ANALİZLER

Çalışmanın bu bölümünde ABD'de meydana gelen kaya gazı devriminin etkilerini göstermek amacıyla iki farklı ekonometrik model kurulmuştur. Bu modellerden birincisi ABD'de doğalgaz talebi ile gelir ve doğalgaz fiyatları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. İkinci modelde ise ABD'de doğalgaz arzı ile doğalgaz fiyatları arasındaki ilişki ortaya konularak geniş perspektifte ABD'de doğalgaz arz ve talebi ele alınmış olacaktır.

Bu bölümde ilk olarak ABD'de doğalgaz talebi ve doğalgaz arzı ile ilgili yapılmış çalışmalardan oluşan literatür verilecektir. Ardından yapılan uygulamaların metodolojileri hakkında bilgi verilecektir. Gerekli bilgiler verildikten sonra Model 1 ve Model 2 olarak iki ayrı başlık altında bu modellerin yöntemleri, kapsadığı yıllar ve elde edilen bulgulardan bahsedilecektir. Son olarak modelde elde edilen bulguların değerlendirmesi sonuç kısmında yapılacaktır.

#### 3.1 ABD'DE DOĞALGAZ TALEBİ VE DOĞALGAZ FİYATLARINA YÖNELİK LİTERATÜR

Doğalgaz tüketimi (talebi) ile gelir ve doğalgaz fiyatları arasında ve doğalgaz (üretimi) arzı ile doğalgaz fiyatları üzerine yapılan çalışmalar üzerine literatür taraması yapıldığında pek çok farklı sonuca ulaşan çalışmalara rastlanılmıştır. Çalışmaların büyük çoğunluğunda bu değişkenler arasında bir ilişkinin var olduğuna rastlanılmıştır.

Apergis ve Payne (2010), 1992-2005 yılları arasında 67 ülkenin verisetlerini kullanarak doğalgaz tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri metodunu kullanarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre uzun dönemde reel GSYİH, doğalgaz tüketimi, işgücü ve reel gayri safi sabit sermaye oluşumu arasında ilişki tespit etmiştir. Panel vektör hata düzeltme modelinin sonucunda kısa ve uzun dönemde ekonomik büyüme ve doğalgaz tüketimi arasında tek yönlü nedensellik ortaya çıkmıştır.



Brown, Gabriel ve Egging (2010), Amerika’da artan geri dönüştürülebilir enerji kaynaklarını değerlendirmektedir. Amerika’da enerji tüketimindeki doğal gaz doğru muhtemel bir geçişin varlığından söz etmektedirler. Belirgin şekilde olan doğalgaz bolluğunun, 2030’a kadar Amerikan enerji piyasalarını ve iklim politikasında doğalgazın rolünü nasıl etkileyebileceğini araştırmak için, doğal gaz kullanılabilirliği üzerine farklı perspektifleri, rekabetçi kaynakların durumunu ve iklim politikasını yansıtan, beş senaryo modellemiştir. Modellerinden, daha bol doğalgaz kaynağının ekonomideki çoğu sektörde doğalgaz kullanımına neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Dahası gerekli düşük karbon politikaları mevcut olursa, doğalgazın düşük karbon seviyelerinin olduğu bir gelecek için köprü görevi görebileceğini belirtmişlerdir.

Shahbaz v.d. (2011), yaptıkları çalışmada 1972-2009 yılları arasında Pakistan’da sermayeyi ve işgücünü kontrol değişken olarak almışlar ve çok değişkenli modelde doğalgaz tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. ARDL sınır testinin sonuçları değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir. Ekonomik büyüme üzerinde tahmin edilen gaz tüketimi etkisinin (0.49) diğer faktör girdilerinin ortaya koyduğu enerjiden daha büyük olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ek olarak nedensellik testinin sonuçları ve varyans ayrışma analizi doğalgaz tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Adamson, Parker (2011), Törnqvist indeksinin sonuçları ile Haynesville’deki kaya gazı üretimindeki üretkenlik artışının önemli olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar ile Haynesville’de son üç yıldaki doğalgaz üretimindeki hızlı büyümeye tutarlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sonuçlar ayrıca fiyatlardaki değişmelere üreticilerin üretim uygulamalarını değiştirerek cevap verdiğini göstermektedir. Zaman serisi analizleri şok boyutlarının zamanla azaldığının ve bu azaltılmış şoklar ilk üretim seviyelerindeki etkisini önemli ölçüde azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Ramberg, Parsons (2012), ham petrol ve doğal gaz fiyatlarının eş-bütünleşik ve ayrıştırılmış olduğu yönündeki farklı görüşleri çalışmalarında incelemiştir. Eş-bütünleşme gerçeğinin istatistiksel olarak tanınmasının ilave iki anlam ile değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Öncelikle kısa dönemde doğal gaz fiyatlarında açıklamayan pek çok dalgalanmanın olduğunu, bu yüzden fiyatlar arasında

herhangi basit bir formüsel ilişkinin doğal gaz fiyatlarının büyük bir bölümünü açıklayamayacağını belirtmişlerdir. Daha sonra eş-bütünleşme ilişkisinin zaman içinde durağan olmayacağını ifade etmişlerdir. Fiyatların bağlı olabileceğini fakat ilişkinin zamanla önemli ölçüde değişebileceğini eklemişlerdir. Bu yüzden iki fiyat serisinin eş-bütün olabilmesine rağmen kısa ve uzun dönem zaman tercihlerinin güven aralıklarının geniş olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kum v.d (2012), G-7 ülkelerinin 1970-2008 dönemine ait verileri kullanarak doğalgaz tüketimi, ekonomik büyüme ve sermaye arasındaki ilişkiyi bootstrap ile düzeltilmiş nedensellik testini kullanarak test etmişlerdir. Test sonuçlarına göre sekiz adet anlamlı Granger nedensellik ilişkisi bulunmuştur. İtalya için Granger nedensellik doğalgaz tüketiminden büyümeye doğru iken Birleşik Krallık'ta tam tersinedir. Fransa, Almanya ve ABD için ise doğalgaz tüketimi ve büyüme arasında çift yönlü bir ilişki söz konusudur.

Asche, Oglend ve Osmundsen (2012), yaptıkları çalışmada Amerika'daki kaya gazı üretimindeki gelişmeleri incelemişlerdir. Amerika'daki kaya gazı üretiminin Avrupa gaz fiyatları üzerindeki olası etkiler değerlendirilmiştir. Avrupa'da petrol ve gaz arasında uzun dönemde istikrarlı bir denge olduğu gözlenmiştir. Avrupa petrol boru hattının rekabetçi kalacağı yönünde sonuçlar elde etmişlerdir.

Aruga(2013), kaya gazı devriminin Amerika gaz piyasası üzerinde hala yerel bir olgu mu yoksa devrimin küresel gaz piyasalarını mı etkilediğini araştırmıştır. Bai-Peron testini kaya gazı devriminin başlangıç tarihini tanımlamak için kullanmış ve Amerika, Avrupa ve Japon gaz piyasaları arasındaki fiyat bağlantılarını incelemiştir. Sonuçlar Amerika gaz piyasasının kaya gazı devriminden önce uluslararası piyasalarla fiyat bağlantısı olduğu yönündedir fakat bu fiyat bağlantısı kaya gazı devriminin ardından kaybolmuştur. Bu sonuç Amerika gaz piyasasının kaya gazı devriminden sonra bağımsız olduğunu ve Amerika ile uluslararası gaz piyasaları arasındaki fiyat bağlantısının kaya gazı devriminden sonra daha zayıfladığını göstermektedir.

Wakamatsu ve Aruga (2013), 2002:5-2012:5 yılları arasında ABD'de kaya gazı üretimindeki artışın, ABD'nin ve Japonya'nın doğalgaz piyasalarını değiştirip değiştirmediğini incelemişlerdir. Çalışmada Bai ve Peron yapısal kırılma testleri ile

2005 yılında doğalgaz fiyatları ve tüketiminin yanı sıra diğer kaya gazı gelişimi ile alakalı olmayan dışsal şokların kırılma noktası da tespit edilmiştir. VAR modeline göre ABD piyasalarının Japon piyasaları üzerinde kırılma noktasından önce ve sonra etkileri bulunmaktadır. Buna göre 2005'den önce tek yönlü bir ilişkinin söz konusuken 2005'den sonra bu etkinin yok olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar 2005 yılında kaya gazı üretiminin tetiklediği kaya gazı devriminin Amerika ve Japonya doğalgaz piyasaları arasında değişikliğe neden olduğunun göstergesidir.

Bilgili (2014), sekiz adet Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkesi 1979-2006 yılları arasında kişi başına doğalgaz tüketimi, kişi başına gelir ve doğalgaz fiyatı verilerini kullanarak bu parametreler arasındaki ilişkiyi panel data yöntemiyle test etmiştir. Çalışmada yapılan birçok tahmin sonucuna göre doğalgaz tüketiminin talep kanununu negatif eğimli birim esnek veya birim esnekten nispeten daha esnek olan talep biçiminde takip ettiği ve doğalgazın gelir esnekliğinin nispeten daha büyük birim esneklik değeriyle normal mal olduğu ortaya çıkmıştır.

Farhani v.d., (2014), 1980-2010 döneminde doğalgaz tüketimi, sabit sermaye birikimi ve ticaretin GSYH üzerine etkilerini araştırmışlardır. Değişkenler arasında eşbütünleşme olup olmadığını test etmek için ARDL sınır testi yaklaşımını kullanmışlardır. Ardından nedenselliği test etmek için Toda-Yamamoto yaklaşımını kullanmışlardır. Elde edilen bulgular değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Doğalgaz tüketimi, sabit sermaye birikimi ve reel ticaret ticaret Tunus'ta GSYH'ya sebebiyet vermektedir.

Kani v.d (2014), yumuşak geçiş regresyon modelini (STR) kullanarak İran'ın doğalgaz talep fonksiyonu üzerine çalışmışlardır. Bu amaçla 1971-2009 yıllarına ait doğalgaz talebini açıklayan değişkenler olarak GSYH, reel doğalgaz fiyatı ve sıcaklık verilerini kullanmışlardır. Çalışmada, İran'da doğalgaz talebi son yıllarda GSYH'yı takip etmekten, sıcaklığın doğalgaz üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yu v.d.(2014), 2006-2009 yılları arasında Çin'deki şehirler için dengelenmemiş panel verilerini kullanarak konutların talep ettiği doğalgazın fiyat ve gelir esnekliklerini tahmin etmişlerdir. Varyansı sabit olmayan panel ve panel korelasyonunu kontrol eden

en küçük kareler yöntemini kullanarak diğer değişkenler kontrol edildiğinde doğalgaz tüketiminde fiyatın esnek gelirin ise esnek olmadığı sonucuna ulaşmışlardır

Ponce, Micaela; Neumann, Anne(2014), doğal gaz üreticilerinin, piyasa fiyatlarındaki değişikliklere verdiği reaksiyonlarını incelemişlerdir. Doğal gaz için en rekabetçi olan ülke Amerika'daki toplam arzın fiyat esnekliklerini tahmin etmişlerdir. 1987-2012 yılları arasındaki veriler yardımıyla aylık zaman serilerini kullanarak doğal gaz arzının kısa ve uzun dönemde esnekliklerini elde etmek için analizlerini ARDL eş-bütünleşme yaklaşımına dayandırmışlardır. Elde edilen bulgular sadece politika yapıcılar için değil gaz piyasası modelleyicileri içinde büyük önem teşkil etmektedir.

Böker, Michler(2014), Amerika'da doğal gazın piyasa bütünleşmesinin derecesini araştırmışlardır. Şehir gaz fiyatlarının ve Amerika'daki gaz fiyatlarının ortalamasının eş-bütünleşme tahminini uygulanmışlardır. 1989'dan 2013'e kadar bütün eyaletlerin uzun dönem düzeltme katsayıları 60 aylık aralıklarla raporlanmıştır. Çalışmada 8 farklı küme tespit edilebilmektedir. Doğalgaz piyasalarını serbestleştirmek için bazı düzenleyici işlemlerin ilişki seviyesi açısından etkisi mevcuttur. Elde edilen bu etkiler sınırlıdır. Fakat bütün eyaletlerde bu yapısal kırımlar görülememiştir.

Yukarıdaki çalışmalardan da görüldüğü gibi doğal gaz kullanımı hem ekonomik büyümeyi etkilemekte hem de ekonomik büyümeden etkilenmektedir. Doğalgaz talebinin fiyat esnekliğinin birim esnek ya da daha yüksek olması fiyat değişimleri özellikle fiyatlardaki düşüşün neticesinde doğal gaz talebinin artış gösterdiği sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Gelir esnekliğinin esnek ve normal mal olması ise ülkelerin zenginleştiğinde doğal gaza talebin artacağına işaret etmektedir.

### **3.2 METODOLOJİ**

Bu bölümde durağanlık kavramının neyi ifade ettiğinden bahsedilecek ardından ADF ve Philips Perron birim kök testlerine, Eşbütünleşme analizine ve Vektör Hata Düzeltme Modeline Dayalı Granger Nedensellik modellerine ait metodoloji verilecektir.

### 3.2.1. Durağanlık Testleri

Zaman serisi ekonometrisi yaklaşımında ele alınan modellerde değişkenlerin durağan olduğu, yani, ortalama ve varyanslarının zamanla değişmediği varsayılır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2005). Serilerin durağan olmaması durumunda sahte regresyon sorunu ile karşılaşılmaktadır. Değişkenlerin önce logaritmaları alınmıştır. Serilerin durağan olup olmadığını anlamak için durağanlık testleri yapılmaktadır. Durağanlık testleri içinde en yaygın olan ADF testi uygulanmaktadır (Akaike, 1973) uygulanmaktadır. Diğer durağanlık testleri de Philips-Perron testi (1988) ve Kwiatkowski-Philips-Schmidt-Shin testi de (1992) yapılmaktadır (Sarı, 2010). Bu çalışmada durağanlık testlerinden ADF ve Philips-Perron testlerinden faydalanılacaktır.

#### 3.2.1.1. Genelleştirilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF) Testi

DF (1979) testinde bütün zaman serileri birinci dereceden otoregresif süreçlerle ifade edilmiştir; ancak daha yüksek dereceden otoregresif süreçlerin test edilmesinde de DF testlerinin kullanılması mümkündür (Enders, 1995).

$Y_t$  gibi bir zaman serisi AR(p) süreci izlerken, AR(I) süreci olarak ele alındığında,  $Y_t$ 'nin dinamik yapısının yanlış tamamlanmasından dolayı hata terimi otokorelasyonlu olacaktır. Otokorelasyonlu hata terimi, hata teriminin saf rastsal olduğu varsayımına dayanan DF dağılımının kullanımını geçersiz kılar (Harris, 1995).

Dickey ve Fuller (1981), bu sorunu aşmak için bağımlı değişkenin hata terimlerinin eşitliğini sağ tarafında yer alacağı bir test önermişlerdir.

DF testinde dikkate alınan üç model kalıbı, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri modele dahil edilerek, genelleştirilmiş Dickey Fuller (ADF) regresyonları aşağıda verilen denklemlerdeki gibi yazılır.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{j=2}^k \delta_j \Delta Y_{t-j+1} + e_t \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = a + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=2}^k \delta_j \Delta Y_{t-j+1} + e_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = a + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=2}^k \delta_j \Delta Y_{t-j+1} + e_t \quad (3)$$

Ele alınan regresyonlarda  $\delta=0$  olup olmadığı sınıdır. ADF regresyonlarında birim kökün varlığı, DF testi için hesaplanan kritik değerlerle test edilir. Yine DF testinde olduğu gibi uygun test istatistiği, regresyon denkleminin içerdiği deterministik bileşenlere dayanır (Enders, 1995).

ADF testinin kullanımındaki temel sorun gecikme uzunluğunun seçimidir. ADF testinin gücü ve boyut özellikleri modele dahil edilen gecikme sayısına oldukça uyarlıdırç burada amaç otokorelasyonu ortadan kaldıracak kadar hata terimini modele dahil etmektir. Otoresif süreçlerde uygun gecikme sayısının belirlenmesinde kullanılan çok yöntem bulunmaktadır. Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwart Kriteri (SC), Hannan Quin (HQ) ve bu üç kriterin düzeltilmiş formları bu kriterlerden bazılarıdır. Uygulamada yaygın olarak, AIC ve SC bilgi kriterleri kullanılmaktadır. Uygun gecikmenin belirlenmesi için, AIC ve SC bilgi kriterlerinin minimum değere sahip olması gerekmektedir. Seçilen gecikmenin gereğinden büyük olması tahminlerin eğimli olmasına yol açacaktır. Uygun gecikmenin belirlenmesi oldukça önemlidir.

AIC ve SC yöntemleri genelde  $k$  gecikme sayısını çok küçük seçmeye meyillidirler bu da birim kök testlerinin iyi boyut özelliklerine sahip olmasını engellemektedir. Diğer bir ifade ile bu durum testlerde boyut çarpıklığına yol açmaktadır.

### 3.2.1.2. Philips Perron Testi

Dickey Fuller testlerinin dağılım teorisi hataların istatistiksel olarak bağımsız ve sabit varyansa sahip olduklarını varsaymaktadır. Bu nedenle bu testler kullanıldığında hataların korelasyonsuz ve sabit varyansa sahip olduğundan emin olunmalıdır. Ampirik ekonometrik çalışmaların çoğunda bağımsızlık ve sabit varyans varsayımları hatalarla ilgili oldukça güçlü varsayımlar olarak nitelenir. Nitekim rastsal yürüyüş süreci olarak karakterize edilebilen zaman serilerinde bu varsayımların yanlış olduğuna inanılması için iktisadi teoriden gelen oldukça iyi nedenler vardır (Philips, 1987).

Philips ve Perron (1988), birim kökün varlığını test etmek için, bu varsayımlara dayanmayan alternatif bir birim kök testi geliştirmişlerdir. Philips ve Perron geliştirdikleri bu testle oldukça genel, zayıf bağımlı ve benzer dağılmayan kalıntılara

(innovation) izin veren birleşik t istatistik regresyonu ve EKK tahmin edicileri için asimtotik bir teori sağlamışlardır (Philips, 1987).

Philips-Perron testi ADF testinin bir dönüşümüdür ve bu dönüşüm sorunlu parametrenin bağımlılığını asimtotik olarak ortadan kaldırır. Bunu yaparken parametrik olmayan bir yöntem kullanılır. Philips-Perron yaklaşımında Dickey-Fuller presedüründeki regresyon eşitliklerine değil, sadece test istatistiğine bir dönüşüm yapılmıştır (Çabuk, Balcılar, 1998).

Ut bazı koşullarda sağlandığında, geçici bağımlı ve otokorelasyonlu bir ut sürecine izin verecektir. Bu koşullar altında ut, sonlu dereceden ARIMA modelleri gibi olası veri yaratma mekanizmalarının çok geniş bir çeşidini içerir (Philips ve Perron, 1988).

Philips (1987a) ve Philips ve Perron (1988), Dickey-Fuller regresyon denklemlerini ele almışlardır;

$$y_t = \bar{\alpha}y_{t-1} + \bar{u}_t, \quad (1)$$

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{a}y_{t-1} + \hat{u}_t \quad (2)$$

$$y_t = \tilde{\mu} + \tilde{\beta}\left(t - \frac{1}{2}T\right) + \tilde{\alpha}y_{t-1} + \tilde{u}_t \quad (3)$$

Denklem (1) için veri yaratma süreci

$$y_t = \alpha y_{t-1} + u_t \quad (r=1,2,\dots) \quad (4)$$

$$\alpha = 1 . \quad (5)$$

Denklem (4) ile verilen veri yaratma sürecini dikkate alarak denklem (5) ile verilen boş hipotez altında, regresyon katsayılarının sınırlayıcı dağılımları ve bunların t istatistikleri ile ilgilenilmiştir. Denklem (2) ve (3)'de sıfır olmayan bir kayma terimi ( $u \neq 0$ ) modele dahil edildiğinde,  $\hat{a}$ ,  $\tilde{a}$  katsayıları ve t istatistiği değişmediğinden, (4) ile verilen veri yaratma süreci denklem (6) ile gösterilebilir (Philips ve Perron, 1988). Böylece denklem (2) ve denklem (3) için veri yaratma süreci aşağıdaki gibidir;

$$y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + u_t \quad (t = 1, 2, \dots) \quad (6)$$

Yenileşim süreci  $u_t$  bağımsız ve benzer dağıldığında  $\sigma^2 = \sigma_u^2$  sağlanır.  $u_t$  bu şekilde bir dağılıma sahip değilse, bu eşitlik sağlanamayacaktır. Yukarıda verilen regresyon katsayıları ve bunların birleşik t istatistiğinin dağılımı  $\sigma_u^2$  ve  $\sigma^2$  sorunlu parametrelerine dayanır. Bu parametreler genelde bilinmeyen parametrelerdir, ancak tutarlı bir şekilde tahmin edilebilirler. Bu tahminler, dağılımları  $\sigma_u^2$  ve  $\sigma^2$ 'den bağımsız olan dönüştürülmüş testlerin oluşturulmasında kullanılabilir.  $\sigma^2$ 'nin tutarlı tahmin edicisi  $\bar{\sigma}_1^2$  denklem (8)'de verilmiştir.

$$\bar{\sigma}_u^2 = T^{-1} \sum_{t=1}^T u_t^2 \quad (7)$$

$$\bar{\sigma}_\pi^2 = T^{-1} u_t^2 + 2T^{-1} \sum_{\tau=1}^I W_{\tau 1} \sum_{t=\tau+1}^T u_t u_{t-\tau} \quad ; \quad W_\tau = 1 - \frac{\tau}{I+1}, \quad (8)$$

Sorunlu parametrelerin bağımlılığını asimptotik olarak ortadan kaldıran dönüştürülmüş test istatistikleri model (1), (2), (3) için aşağıda verilmiştir.

$$Z_{\bar{a}} = T(\bar{a}-1) - \frac{1}{2}(\bar{\sigma}_\pi^2 - \bar{\sigma}^2) [T^{-2} \sum_2^T y_{t-1}^2]^{-1} \quad (1.a)$$

$$Z(t_{\bar{a}}) = (\bar{\sigma} / \bar{\sigma}_u) t_{\bar{a}} - (1/2)(\bar{\sigma}_\pi^2 - \bar{\sigma}^2) [ (T^{-2} \sum_{t=1}^T u_{t-1}^2)^{1/2} ]^{-1}$$

$$Z_{\hat{a}} = T(\hat{a}-1) - \frac{1}{2}(\hat{\sigma}_\pi^2 - \hat{\sigma}^2) [(T^{-2} \sum_2^T y_{t-1}^2)]^{-1} \quad \hat{\sigma}^2$$

$$Z(t_{\hat{a}}) = (\hat{\sigma} / \hat{\sigma}_u) t_{\hat{a}} - (1/2)(\hat{\sigma}_\pi^2 - \hat{\sigma}^2) [ (T^{-2} \sum_{t=1}^T \hat{u}_{t-1}^2)^{1/2} ]^{-1}, \quad (2b)$$

$$Z_{\tilde{a}} = T(\tilde{a}-1) - \frac{1}{2}(\tilde{\sigma}_\pi^2 - \tilde{\sigma}^2) [T^{-2} \sum_2^T y_{t-1}^2]^{-1} \quad (3c)$$

$$Z(t_{\tilde{a}}) = (\tilde{\sigma} / \tilde{\sigma}_u) t_{\tilde{a}} - (1/2)(\tilde{\sigma}_\pi^2 - \tilde{\sigma}^2) [ (T^{-2} \sum_{t=1}^T \tilde{u}_{t-1}^2)^{1/2} ]^{-1},$$

Philips ve Perron tarafından geliştirilen bu test istatistiğinin limit dağılımı, DF istatistiklerinin limit dağılımı ile aynıdır. Bu nedenle DF tabloları PP istatistikleri için de kullanılmaktadır.

Philips ve Perron'un önerdiği, Z testi olarak adlandırılan bu metot, pozitif hareketli ortalama bileşenleri içeren zaman serisi modellerinde daha avantajlıdır ve diğer testlere göre daha yüksek bir güce sahiptir. Bu bağlamda DF ve SD prosedürlerine bir alternatif sunmaktadır. Ancak negatif hareketli ortalama bileşenlerinin olduğu



modellerde testin kullanımı boyut çarpıklığına neden olmaktadır ve kullanımı önerilmemektedir (Philips ve Perron, 1988).

### 3.2.2. Eş-Bütünleşme Testi

Eşbütünleşme analizi, iktisadi değişkenlere ait seriler durağan olmasa bile, bu serilerin durağan bir doğrusal kombinasyonunun var olabileceğini ve eğer varsa bunun ekonometrik olarak belirlenebileceğini ileri sürmektedir (Tarı,2002;375). Yani bir Y serisi I(d), başka bir X serisi I(d) ise ve d aynı değerse iki seri bütünleşik olabilmektedir. Eğer durum böyleyse, iki değişkenin düzey değerleri ile bulunan regresyon anlamlı olacak ve bu değişkenlerin ilk farklarının kullanılması durumunda kaybedilecek olan değerli bir uzun dönem ilişkisi artık kaybedilmeyecektir (Gujarati, 2006;726).

Kısacası durağan olmayan iki zaman serisi aynı dereceden entegre ,se bu durumda iki seri arasında bir eşbütünleşme olabilir ve aralarındaki regresyon yanıltıcı olmaz (Tarı 2002,376). Seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini belirlemede yaygın olarak Engle ve Granger (1987), Johansen (1988), Johansen ve Juselius (1990) ve Johansen (1995) tarafından geliştirilen yöntemler kullanılmaktadır. Engle ve Granger yöntemi hata terimleri durağanlığına odaklanarak eşbütünleşme olup olmadığını inceleyen bir yöntem olup, ikiden fazla değişken olduğunda birden fazla eşbütünleşme ilişkisi olabileceği için tercih edilmemektedir (aslan, 2008:s.7). bu nedenle bu çalışmada Johansen-Juselius (JJ) yöntemine başvurulacak olup, bu amaçla Johansen tarafından geliştirilmiş olan maksimum özdeğer istatistiği ve trace istatistiği testleri kullanılacaktır.

$$\text{İz İstatistiği} = \lambda \text{trace} (r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \lambda_i)$$

$$\text{Maksimum Özdeğer İstatistiği} = \lambda \max (r, r+1) = -T \ln(1-\lambda_{r+1})$$

İz testi sıfır (null) hipotezini “en çok r kadar eşbütünleşik vektör vardır” sıfır hipotezine karşılık r+1 kadar vardır alternatif hipotezini test etmektedir. Denklemlerdeki T gözlem sayısını,  $\lambda'$ lar serilerin durağan olmadığı varsayımı altında tahmin edilen kökleri göstermektedir. Testler sonucunda elde edilen  $\lambda \text{trace}$  ve  $\lambda \max$  istatistik değerlerinin karşılaştırılacağı kritik değerler JJ tarafından oluşturulmuştur. JJ sınaması, modeldeki tüm değişkenleri endojen (içsel) kabul ettiğinden öncelikle VAR modeli

tahmin edilerek uygun gecikme sayısının belirlenmesi gerekmektedir (Sevüktekin; Nargeleçekenler 2010, 517).

Gecikme sayısı belirlenirken Akaike Information Criterion (AIC), Schwarz (SC), Final prediction Error (FPE) ve Likelihood Ratio (LR) ve HQ (Hannan-Quinn Bilgi Kriteri) gibi bilgi kriterleri göz önünde bulundurulmaktadır. Bu kriterleri minimum yapan gecikme uzunluğu optimal olarak kabul edilmektedir. Optimal uzunluk seçilirken önemli bir nokta ise seçilen gecikme değerinde oto korelasyon ve değişen varyans probleminin olmaması gerektiğidir.

### 3.2.3. Vektör Hata Düzeltme Modeline Dayalı Granger Nedensellik Testi

Seriler arasında uzun dönemli ilişkinin tespit edilmesi nedeniyle, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi ve ilişkinin yönü, “Granger Nedensellik Analizi” yardımıyla araştırılmıştır. 1980’lerin sonunda ortaya çıkan eş-bütünleşme literatürü, nedensellik testi ile ilgili teorik çalışmaların yeniden gözden geçirilmesine katkıda bulunmuştur. Bu yeni yaklaşımda Engle-Granger, iki değişken arasında eş-bütünleşme olduğunun belirlenmesi durumunda, kısa dönem dengesizliklerini gideren bir vektör hata düzeltme mekanizmasının (VECM) olduğunu göstermişlerdir (Engle ve Granger,1987: 251-276). Genel olarak nedensellik testlerinde bir uzun dönem denge modeli ile birlikte bir kısa dönem hata düzeltme modeli önerilmektedir. Bu modeller hemdeğişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkileri (denge ilişkilerini), hemde kısa dönem uyumlama davranışını(dengesizliği) bütünleştirme olanağı vermektedir.

Örneğin, hata düzeltme denklemlerinin açıklanmasını ifade etmek için Y ve E şeklinde tanımlanan iki değişkenin bulunduğu varsayalım. Buna göre iki değişkenin durağan ve eşbütünleşik olması durumunda, nedensellik testleri VECM’ye göre oluşturulabilir. İki değişken için oluşturulacak hata düzeltme modeli şu şekildedir:

$$\Delta Y_t = a_1 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta E_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_{1i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^r \delta_{1i} ECM_{r,t-1} + u_t \quad (1)$$

$$\Delta E_t = a_2 + \sum_{i=1}^m \beta_{2i} \Delta E_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_{2i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^r \delta_{2i} ECM_{r,t-1} + u_t \quad (2)$$

Hata düzeltme modelinde,  $ECM_{r,t-1}$  şeklindeki gecikmeli hata terimleri, hız ayarlama parametreleri olarak kabul edilmektedir. ECM, Y için  $\Delta E$ ’nin gecikmeli

terimleri ya da gecikmeli hata terimleri yoluyla nedenselliğin iki kaynağı olduğu anlamına gelmektedir. Bu kaynaklardan biri ya da daha fazlası Y'yi etkilerse, yani parametreler istatistiki olarak sıfırdan farklı ise bu durumda, “Y veri iken, E, Y'nin Granger nedeni değildir” şeklindeki boş hipotez reddedilmektedir. Bu hipotez, hata düzeltme terimleri için t-testi, açıklayıcı değişkenlerin gecikmeli değerleri için ise F-testi kullanılarak test edilmektedir. VECM sisteminin en az birinde hız ayarlayan parametrenin istatistiki olarak sıfırdan farklı olması gerekmektedir. Eğer denklem sisteminin tamamında hız ayarlama parametreleri sıfır ise, uzun dönem denge ilişkisi ortaya çıkmamakta ve model, hata düzeltme niteliği taşımamaktadır (Charemza ve Deadman, 1993: 51-55).

### 3.3. MODEL 1: MODEL VE VERİ SETİ

Bu çalışmada iki ayrı model kullanılmıştır. Birinci modelde bağımlı değişken olarak doğalgaz talebini temsilen doğal gaz tüketimi ele alınmış, doğal gaz fiyatlarının ve gelirin doğal gaz tüketimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İkinci modelde ise bağımlı değişken olarak doğal gaz fiyatları alınmış ve kaya gaz üretiminin doğal gaz fiyatları üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

Ampirik analizde kullanılan birinci model şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\ln q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln y_{it} + \beta_2 \ln p_{it} + e$$

Burada; i ele alınan ülke/ülkeleri, t zamanı,  $\ln q$  doğalgaz talebini temsilen doğalgaz tüketimini,  $\ln y$  geliri temsilen imalat sanayi endeksini,  $\ln p$  ise doğalgaz fiyatlarını temsil etmektedir.

Çalışmada ABD’de doğalgaz talebi ile gelir ve doğalgaz fiyatı arasındaki ilişki zaman serisi verileri ile ele alınmaktadır. Araştırma 2007:1-2012:12 dönemini kapsamakta olup, veriler aylık gözlemlerden oluşmaktadır. Modelde doğalgaz talebini temsilen doğalgaz tüketimi, geliri temsilen ABD’nin imalat sanayi endeksi verileri kullanılmıştır. Geliri temsilen imalat sanayii verilerinin kullanılmasının sebebi ABD’nin

aylık GSYH verilerinin elde edilememesidir. Dolayısıyla GSYH içerisinde en büyük paya sahip imalat sanayii verileri modelde geliri temsil etmektedir. Diğer değişkenler ise ABD’de doğalgaz tüketimi ve doğalgaz fiyatlarıdır. Çalışmada kullanılan doğal gaz tüketimi ve doğal gaz fiyatları EIA( ABD Enerji Enformasyon Daire Başkanlığı)’dan imalat sanayi endeksi verileri FED (ABD Merkez Bankası)’nın istatistiksel veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm veriler mevsimsellikten arındırılmış ve doğal logaritmaları kullanılmıştır.

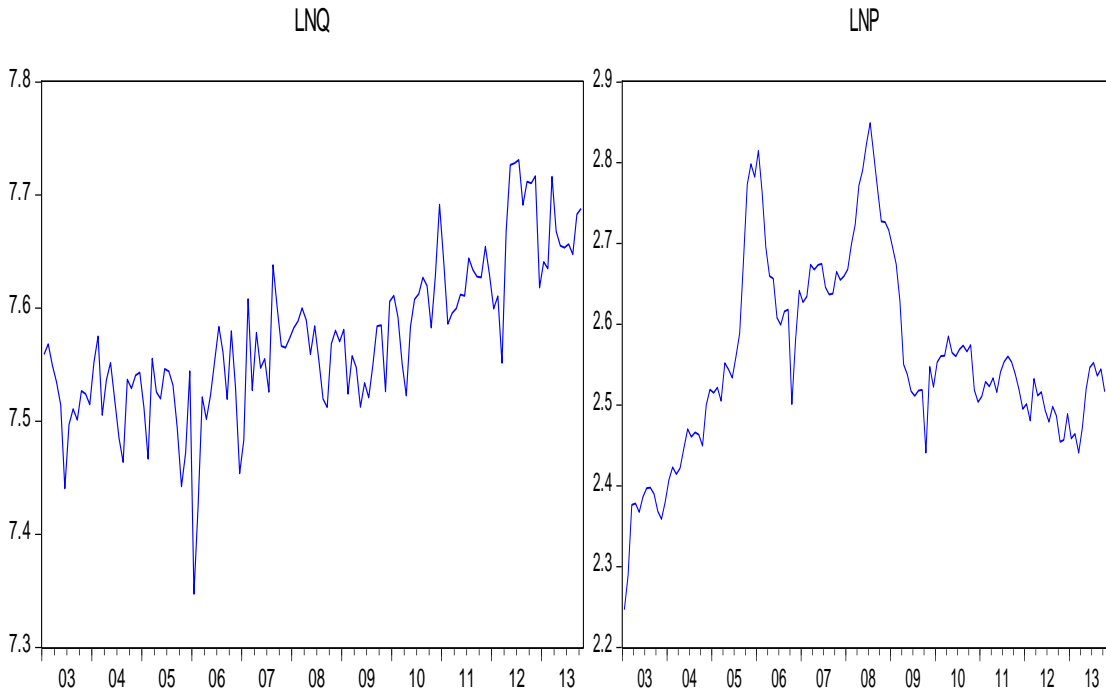
**Tablo 3. 1:** Analizde Kullanılan Değişkenler

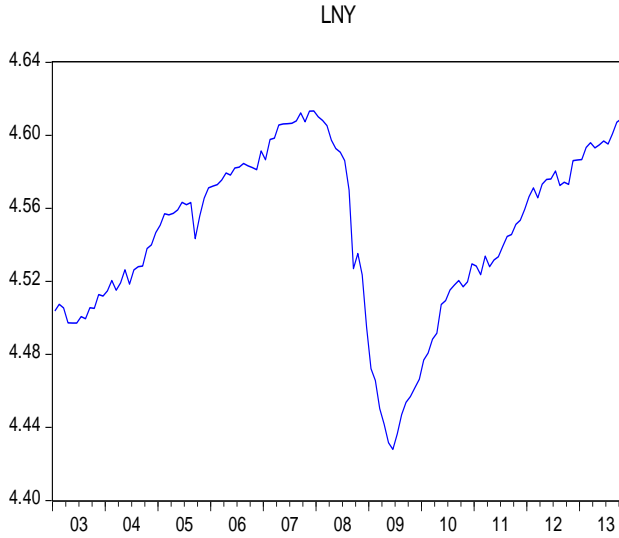
Değişkenler	Kısaltmalar	Açıklama	Veri Kaynağı	Dönem
Doğalgaz Talebi	lnq	Fit Küp*	EIA	2007-2012
Gelir	lny	Miktar	FED	2007-2012
Doğalgaz Fiyatı	lnp	Dolar	EIA	2007-2012

\*: Fit Küp: Doğalgaz miktarını belirtmektedir. 1000Fit küp’lük doğalgaz 28.317 metre küp doğalgaza tekabül etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan verilere ait grafikler aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.

**Şekil 3. 1:** Analizde Kullanılan Değişkenlerin Grafikselleştirilmesi





### 3.3.1. Durağanlık Testleri

Durağan olmayan zaman serileri ekonometrik analizde çoğunlukla sorunlu olarak nitelendirilmişlerdir. Granger ve Newbold (1974), durağan olmayan seriler kullanılarak yapılan tahminde ortaya sahte regresyonun çıkacağını belirtmişlerdir. Dolayısıyla, ekonometrik analizlerde değişkenler arasında anlamlı ilişkiler elde edilebilmesi için analizi yapılan serilerin durağan olması gerekmektedir (Tarı 2002). Durağanlık genel olarak; ortalamasıyla varyansı zaman içinde sabit olan ve iki dönem arasındaki ortak varyansı, bu ortak varyansın hesaplandığı döneme değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı olan olasılıklı bir süreç için durağandır şeklinde ifade edilmektedir (Gujarati, 2006).

$$\text{Ortalama} = E(Y_t) = \mu$$

$$\text{Varyans} = \text{var}(Y_t - \mu) = \delta^2$$

$$\text{Kovaryans} = \chi_k = E((Y_t - \mu)(Y_{t-k} - \mu))$$

Bütün t değerleri için k= gecikme mesafesi

Kısaca, eğer bir zaman serisi durağansa, ortalaması, varyansı ve çeşitli gecikmelerdeki ortak varyansı, bunlar ne zaman ölçülürse ölçülsün aynı kalmaktadır (Gujarati, 2006: 713). Karşılaşılan çoğu zaman serisi durağan değildir (Maddala, 1992). Durağanlığı araştırmak için uygulamada en çok kullanılan yöntemler; Dickey ve Fuller (DF) (1979), Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) (1981)

ve Philips ve Perron (PP) (1988) birim kök testleridir. Bu çalışmada serilerin durağan olup olmadığının belirlenmesinde ADF ve PP birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) için sıfır hipotezi birim kök varlığını yani serilerin durağan olmadığını, alternatif hipotez ise birim kök yoktur, yani serilerin durağan olduğunu ifade etmektedir. Test sonucunda  $H_0$  reddedilemiyorsa, serinin durağan olmadığına karar verilmekte ve serinin farkı alınarak birim kök incelemesine devam edilmektedir. Durağanlığı sağlamak için d kez fark alınması durumunda, değişkenin d sırasında bütünleşik (entegre) olduğu söylenmekte ve değişken I(d) şeklinde gösterilmekteyken; 0 sırasında bütünleşmiş bir değişken ise durağan olmakta ve bu değişken I(0) ile gösterilmektedir (Kennedy, 2006).

Tablo 3.3 'de çalışmada kullanılacak değişkenler için yapılan Genişletilmiş DickeyFuller (ADF) birim kök testi sonuçları verilmiştir.

**Tablo 3. 2:** Değişkenler İçin ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	ADF (Düzey)	ADF (Birinci Fark)	Sonuç
lnq	0.427849 (2)	-12.43905 (1)	I(1)
lnp	0.596772 (0)	-10.04602 (0)	I(1)
lny	0.573705 (4)	-2.571940 (3)	I(1)
Kritik Değer (%5)	-1.943364	-1.943364	

Not: ADF testi için parantez içindeki değer SIC kriterine göre seçilen gecikme sayısını göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu 12 olarak alınmıştır.

ADF testinde hataların birbirinden bağımsız ve sabit varyanslı olduğu varsayımı, hem otoregresif hem hareketli ortalama bileşenleri söz konusu olduğunda probleme neden olmaktadır. Philips (1987) ve Philips ve Perron (1988), hata terimleri arasında otokorelasyon ve değişen varyans olabileceği düşüncesiyle bir birim kök testi geliştirmişlerdir. Hem otokorelasyon ve değişen varyans

problemi hem de bu değişkenlerin durağanlığı hakkında daha sağlıklı bilgi edinebilmek için bu çalışmada ADF testine ek olarak değişkenlerin durağanlığının araştırılmasında Philips–Perron testi uygulanmıştır. Aşağıdaki tabloda Philips – Perron testlerinin sonuçları verilmiştir.

**Tablo 3. 3:** Değişkenler İçin Philips-Perron Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	PP (Düzey)	PP (Birinci Fark)	Sonuç
lnq	0.677742	-21.96185	I(1)
lnp	0.482699	-10.11658	I(1)
lny	0.650550	-9.891677	I(1)
Kritik Değer (%5)	-1.943344	-1.943344	

Tablodan da görüldüğü gibi analizde kullanılan değişkenlerin tümü düzeyde durağan değilken, ilk farklarda durağandır. Yani tüm değişkenler I(1)'dir.

### 3.3.2. Eş-Bütünleşme Testleri ve Bulgular

Johansen oklu eşbütünleşme analizine başlamadan önce, yapılması gerekenlerden birisi de uygun gecikme sayısının belirlenmesidir. Verilerin aylık olması dolayısıyla maksimum gecikme sayısı 12 olmak üzere, birinci gecikmeden başlayarak 12'ye kadar her bir gecikme için hesaplanmış bilgi kriteri değerleri tabloda verilmiştir.

**Tablo 3. 4:** Gecikme Uzunluğu Test Sonuçları

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	386.0573	NA	5.79e-08	-8.150156	-8.068987	-8.117369
1	704.8660	610.4847	7.95e-11	-14.74183	-14.41715*	-14.61068*
2	714.4877	17.81032	7.85e-11	-14.75506	-14.18687	-14.52555
3	722.3509	14.05346	8.06e-11	-14.73087	-13.91918	-14.40301
4	731.8207	16.32032	8.00e-11	-14.74087	-13.68567	-14.31464
5	744.8291	21.58840	7.38e-11*	-14.82615*	-13.52745	-14.30157
6	751.6233	10.84179	7.79e-11	-14.77922	-13.23701	-14.15628
7	755.1108	5.342476	8.84e-11	-14.66193	-12.87621	-13.94063
8	762.0486	10.18540	9.36e-11	-14.61806	-12.58883	-13.79840
9	769.9708	11.12476	9.73e-11	-14.59512	-12.32239	-13.67711
10	781.7569	15.79839	9.37e-11	-14.65440	-12.13816	-13.63803
11	795.3798	17.39096*	8.71e-11	-14.75276	-11.99302	-13.63803
12	801.8291	7.821476	9.50e-11	-14.69849	-11.69524	-13.48540

\*, kriter tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Var modeli için Akaike Bilgi Kriteri (AIC) 5 gecikme değerini vermekteyken Schwarz (SC) ve Hannan-Quinn Bilgi Kriteri testleri 1 gecikme değerini vermektedir. Bu çalışmada model için 1 gecikme uzunluğu tercih edilmiştir. Bu gecikme uzunluğunda değişen varyans ve otokorelasyon sorunlarına rastlanmamıştır. Eşbütünleşme sınavının yapılabilmesi için analizde kullanılacak değişkenlerin düzeyde birim kökünün olması ve farkı alındığında aynı dereceden durağan olması gerekir. Bu amaç için ADF testi yapılmış; söz konusu değişkenlerin Tabloda da görüldüğü üzere birinci dereceden durağan oldukları görülmüştür. Buna göre değişkenler arasında eşbütünleşme sınavının yapılması için gerekli koşul sağlanmıştır.

Johansen ve Juselius (JJ) eşbütünleşme testinde (SC) bilgi kriterindeki 1 gecikme uzunluğu kullanılmış olup elde edilen test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo 3. 5:** Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Değişkenler: lnq, lnp, lny				Gecikme Uzunluğu: 1			
İz (Trace) İstatistiği				Maksimum Özdeğer İstatistiği			
Sıfır Hipotezi (H <sub>0</sub> )	Alternatif Hipotez (H <sub>1</sub> )	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Sıfır Hipotezi (H <sub>0</sub> )	Alternatif Hipotez (H <sub>1</sub> )	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)
$r \leq 0^*$	$r > 0$	43.15039	29.79707	$r = 0^*$	$r = 1$	31.26928	21.13162
$r \leq 1$	$r > 1$	11.88111	15.49471	$r = 1$	$r = 2$	9.278725	14.26460
$r \leq 2$	$r > 2$	2.602387	3.841466	$r = 2$	$r = 3$	2.602387	3.841466

\*, hipotezin reddedildiğini göstermektedir.

Tablodaki değişkenler arasında iz istatistiği, VAR modelinde seçilen gecikme uzunluğu için 1 adet bütünleşik vektörün olduğunu göstermektedir. Çünkü birden fazla eşbütünleşme denklemi olması durumunda tüm denklemlerin ayrı ayrı yorumlanması gerekmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuç beklentiyle uyuşmaktadır. Bu durum, değişkenler (lnq, lny, lnp) arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu uzun dönemli ilişki, normalleştirilmiş eşbütünleştirici vektör tahminleri ile daha kolay yorumlanabilir. Tahmin edilen vektör, ilgili endojen değişkenin katsayısının ters işaretiyle (-1 ile) çarpılması sonucu normalleşmektedir (Sevüktekin, Nargeleçekenler, 2010). Normalleştirilmiş eşbütünleşme vektörü sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.



**Tablo 3. 6:** Normalleştirilmiş Eşbütünleşme Vektörü

Normalleştirilmiş Katsayılar	Katsayı	t istatistiği
lnq	1	
lnp	0.871797*	7.74347
lny	-0.549789*	-2.57045
c (sabit)	-7.341123	
lnq= f(lnp, lny)		
<b>lnq= 7.341- 0.871lnp + 0,549lny</b>		

\*%5 düzeyinde katsayıların anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo incelendiğinde, analizde kullanılan değişkenlerin doğalgaz talebi üzerinde etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu değişkenlerden gelirin doğalgaz talebi üzerinde pozitif, doğalgaz fiyatlarının ise doğalgaz talebi üzerinde negatif bir etkisi olduğu görülmektedir.

$$\ln q = 7.341 - 0.871 \ln p + 0,549 \ln y$$

Yukarıda tahmin edilmiş normalleştirilmiş eşbütünleşik denklem gösterilmektedir. Buna göre diğer değişkenler sabit tutulduğunda açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri şu şekilde açıklanabilir:

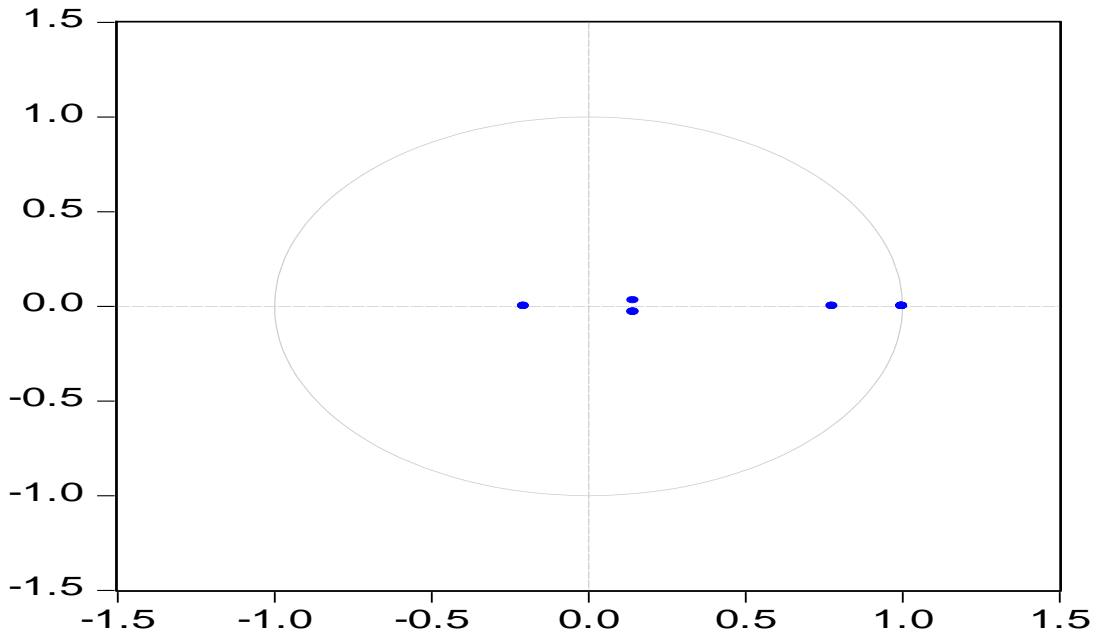
- Doğalgaz fiyatlarının 1 birim (dolar) artması, doğalgaz talebini 0,87 birim azaltmaktadır.
- Gelirde meydana gelen 1 birimlik artış, doğalgaz talebinde 0,54 birimlik bir artış meydana getirmektedir.

Bu sonuçlar, doğalgaz talebi üzerinde gelirin ve doğalgaz fiyatlarının önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen bulguların iktisadi beklentilerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki grafikte tahmin edilen model için AR karakteristik polinomunun ters kökleri gösterilmektedir. Köklerin tamamının çember içinde olması ve simetrik izdüşümlere sahip olması, modelin durağanlık açısından herhangi bir sorun yaşamadığını ortaya koyup, eşbütünleşme ilişkisinin normal bir dağılım taşıdığını ve uygun bir matematik formu ile çalıştığını doğrulamaktadır. Sonuç olarak grafik eşbütünleşme ilişkisini desteklemektedir.

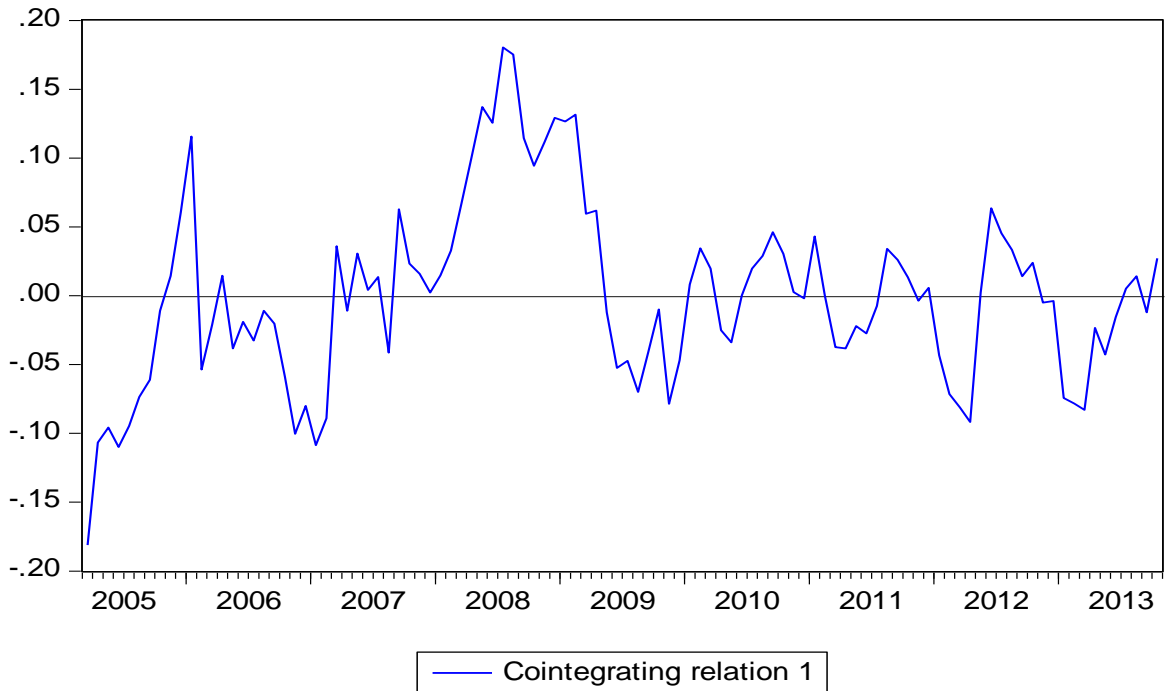
Şekil 3. 2: AR Karakteristik Polinomunun Ters Köklerinin Birim Çember İçerisindeki Konumu

### Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Aşağıdaki grafikte ise sistemin sahip olduğu eşbütünlük ilişkisine yer verilmiştir. Grafikte yer alan eşbütünlük ilişkisinin 0 etrafında dalgalanması (0.20 ile -0.20), modelde yer alan ve tek tek durağan olmayan değişkenlerin doğrusal bileşiminin durağan olduğunu göstermektedir.

Şekil 3. 3: Sistemin Eşbütünlük Grafiği



### 3.4. MODEL 2: MODEL VE VERİ SETİ

Birinci modelde doğalgaz talebi ile gelir ve doğalgaz fiyatı arasındaki ilişki ele alınmıştır. Bu bölümde ise ABD’de doğalgaz fiyatları ile kaya gazı üretimi arasındaki ilişki ele alınacaktır.

Bu bölümde kullanılan model şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\ln price_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln shale_{it} + e$$

Burada; i ele alınan ülke/ülkeleri, t zamanı, lnshale kaya gazı üretimini, lnprice ise doğalgaz fiyatlarını temsil etmektedir.

ABD’deki doğalgaz fiyatları ve kaya gazı üretimi arasındaki ilişki zaman serisi verileri ele alınarak incelenmektedir. Araştırma 2003:1-2013:10 dönemini kapsamakta olup, veriler aylık gözlemlere dayanmaktadır. Araştırmada kullanılan bağımlı değişken ABD’de kaya gazı üretimi iken bağımsız değişken ABD’de doğalgaz fiyatlarıdır. Çalışmada kaya gazı üretimi ile doğalgaz fiyatları arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla Johansen-Juselius (1990) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Verilerin tamamı EIA’nın istatistiksel veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler mevsimsellikten arındırılmış ve doğal logaritmaları alınmıştır.

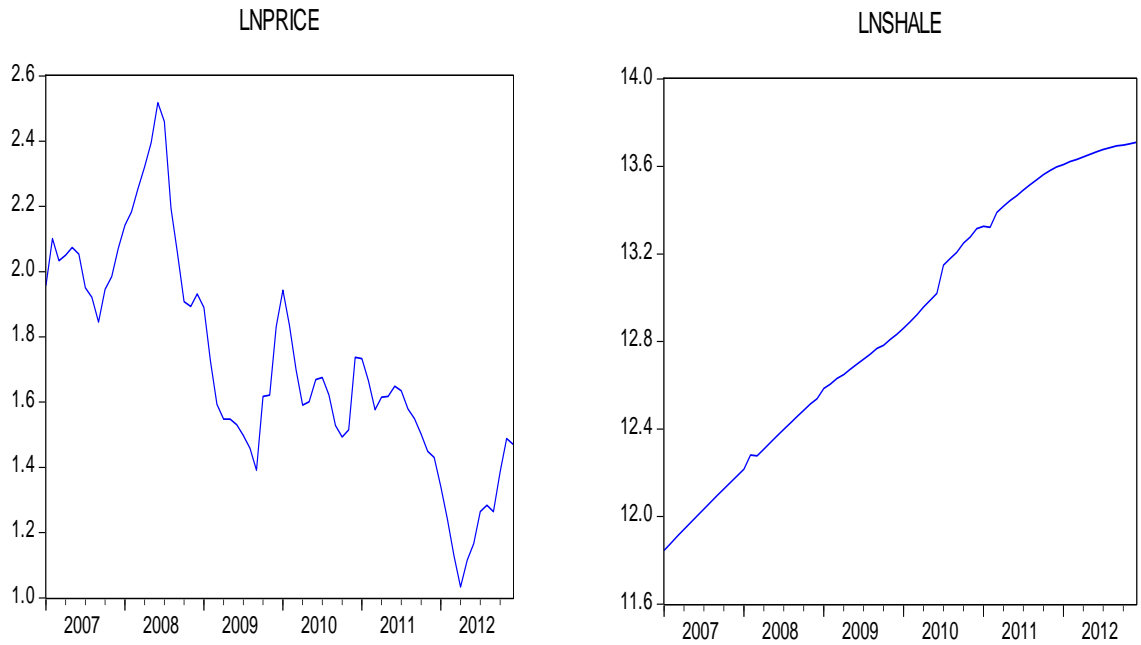
**Tablo 3. 7:** Analizde Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Kısaltmalar	Açıklama	Veri Kaynağı	Dönem
Doğalgaz Arzı	lnshale	Fit Küp*	EIA	2003:1-2013:10
Doğalgaz Fiyatı	lnprice	Dolar	EIA	2003:1-2013:10

\*: Fit Küp: Doğalgaz miktarını belirtmektedir. 1000Fit küp’lük doğalgaz 28.317 metre küp doğalgaza tekabül etmektedir.

Modelde kullanılan verilere ait grafikler aşağıda gösterilmektedir.

**Şekil 3. 4:** Analizde Kullanılan Değişkenlerin Grafiksnel Gösterimi



### 3.4.1. Durağanlık Testleri

ADF test değeri sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 3. 8:** Değişkenler İçin ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	ADF (Düzey)	ADF (Birinci Fark)	Sonuç
lnshale	0.903626 (0)	-7.818291 (0)	I(1)
lnprice	-3.006131 (1)	-5.696707 (0)	I(1)
Kritik Değer (%5)	-3.474363	-3.474363	

Not: ADF testi için parantez içindeki değer SIC kriterine göre seçilen gecikme sayısını göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu 11 olarak alınmıştır

Philips (1987) ve Philips ve Perron (1988), hata terimleri arasında otokorelasyon ve değişen varyans olabileceği düşüncesiyle bir birim kök testi geliştirmişlerdir. Hem otokorelasyon ve değişen varyans problemi hem de bu değişkenlerin durağanlığı hakkında daha sağlıklı bilgi edinebilmek için bu

çalışmada ADF testine ek olarak değişkenlerin durağanlığının araştırılmasında Philips–Perron testi uygulanmıştır.

**Tablo 3. 9:** Değişkenler İçin Philips-Perron Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	PP (Düzey)	PP (Birinci Fark)	Sonuç
lnshale	0.505313	-7.961911	I(1)
lnprice	-2.409343	-5.575414	I(1)
Kritik Değer (%5)	-3.474363	-3.474363	

Tablodan da görüldüğü gibi analizde kullanılan değişkenlerin tümü düzeyde durağan değilken, ilk farklarda durağandır. Yani tüm değişkenler I(1)'dir.

### 3.4.2. Eş-Bütünleşme Testleri ve Bulgular

Eş-bütünleşme sınavasının yapılabilmesi için analizde kullanılacak değişkenlerin düzeyde birim kökünün olması ve farkı alındığında aynı dereceden durağan olması gerekir. Bu amaç için ADF testi yapılmış; söz konusu değişkenlerin Tabloda da görüldüğü üzere birinci dereceden durağan oldukları görülmüştür. Buna göre değişkenler arasında eş-bütünleşme sınavasının yapılması için gerekli koşul sağlanmıştır.

Johansen çoklu eşbütünleşme analizine başlamadan önce, yapılması gerekenlerden birisi de uygun gecikme sayısının belirlenmesidir. Verilerin aylık olması dolayısıyla maksimum gecikme sayısı 12 olmak üzere, birinci gecikmeden başlayarak 12'e kadar her bir gecikme için hesaplanmış bilgi kriteri değerleri tabloda verilmiştir.

**Tablo 3. 10:** Gecikme Uzunluğu Test Sonuçları

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-29.74042	NA	0.009875	1.058014	1.127826	
1	215.4538	465.8690	3.18e-06	-6.981794	-6.772359	
2	224.1107	15.87096	2.73e-06	-7.137023	-6.787966*	
3	224.8646	1.331907	3.04e-06	-7.028820	-6.540140	
4	226.7051	3.128883	3.28e-06	-6.956837	-6.328534	
5	227.8797	1.918439	3.62e-06	-6.862656	-6.094730	
6	238.0102	15.87116	2.96e-06	-7.067007	-6.159458	
7	243.5193	8.263682	2.84e-06	-7.117311	-6.070139	
8	247.7656	6.086336	2.85e-06	-7.125520	-5.938725	
9	249.5405	2.425621	3.11e-06	-7.051349	-5.724930	
10	264.8385	19.88747*	2.17e-06	-7.427950	-5.961909	
11	269.8931	6.233947	2.14e-06*	-7.463102*	-5.857438	
12	272.4497	2.982692	2.30e-06	-7.414988	-5.669701	

\*, kriter tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Johansen ve Juselius (JJ) eşbütünleşme testinde bilgi kriterindeki 10 gecikme uzunluğu kullanılmış olup elde edilen test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo 3. 11:** Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Değişkenler: lnshale, lnprice				Gecikme Uzunluğu: 10			
İz (Trace) İstatistiği				Maksimum Özdeğer İstatistiği			
Sfır Hipotezi (H0)	Alternatif Hipotez (H1)	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Sfır Hipotezi (H0)	Alternatif Hipotez (H1)	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)
$r \leq 0^*$	$r > 0$	27.71287	15.49471	$r = 0^*$	$r = 1$	26.47612	14.26460
$r \leq 1$	$r > 1$	1.236741	3.841466	$r = 1$	$r = 2$	1.236741	3.841466

\*, hipotezin reddildiğini göstermektedir.

Tablodaki değişkenler arasında iz istatistiği, VAR modelinde seçilen gecikme uzunluğu için 1 adet bütünleşik vektörün olduğunu göstermektedir. Birden fazla eşbütünleşme denklemi olması durumunda tüm denklemlerin ayrı ayrı yorumlanması gerekmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuç iktisadi beklentilerle uyumaktadır. Bu durum, değişkenler (lnshale, lnprice) arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu uzun dönemli ilişki, normalleştirilmiş eşbütünleştirici vektör tahminleri ile daha kolay yorumlanabilir. Tahmin edilen vektör, ilgili endojen

değişkenin katsayısının ters işaretiyle ( -1 ile) çarpılması sonucu normalleşmektedir (Sevüktekin, Nargeleçekenler, 2010). Normalleştirilmiş eşbütünleşme vektörü sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 3. 12:** Normalleştirilmiş Eşbütünleşme Vektörü

Normalleştirilmiş Katsayılar	Katsayı	t istatistiği
lnprice	1	
lnshale	0.527056*	12.1852
c (sabit)	-8.539081	
lnprice= f(lnshale)		
<b>lnprice= 8.5390 – 0.5270lnshale</b>		

\*, %5 düzeyinde katsayıların anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo incelendiğinde, analizde kullanılan değişkenin doğalgaz arzı üzerinde bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu değişken yani doğalgaz fiyatının doğalgaz talebi üzerinde negatif bir etkisi olduğu görülmektedir.

#### **lnprice= 8.5390 – 0.5270lnshale**

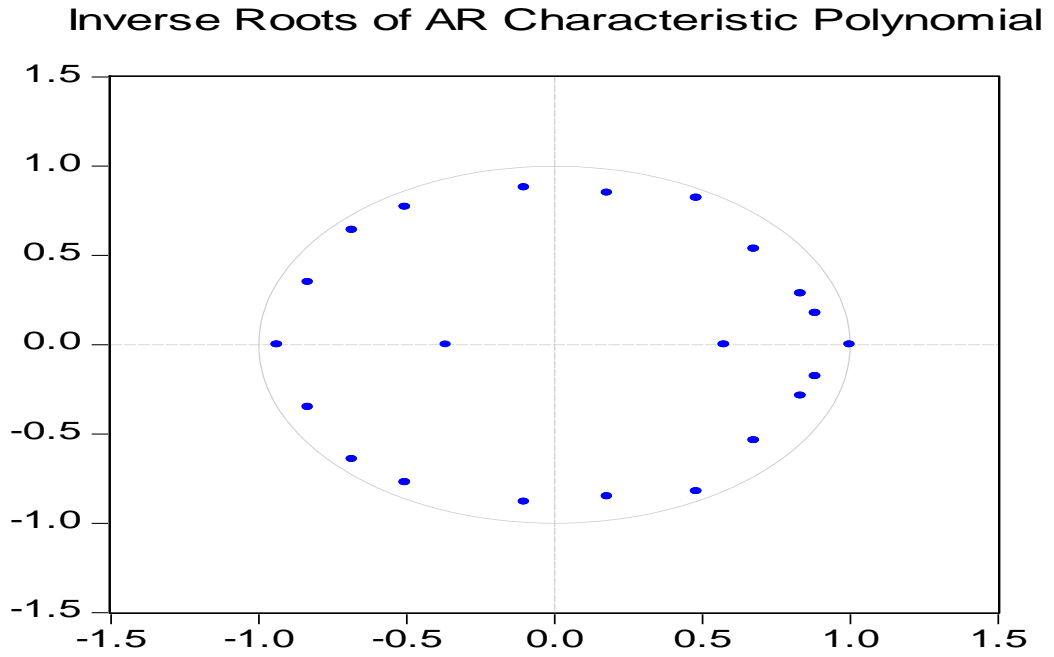
Yukarıda tahmin edilmiş normalleştirilmiş eşbütünleşik denklem gösterilmektedir. Buna göre bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi şu şekilde açıklanabilir:

- Kaya gazı üretiminin 1 birim (dolar) artması, doğalgaz fiyatlarını 0,52 birim azaltmaktadır.

Bu sonuç, kaya gazı üretiminin doğalgaz fiyatı üzerinde önemli ve azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen bulgulara göre ABD’de kaya gazı üretimi doğal gaz fiyatını azaltmaktadır

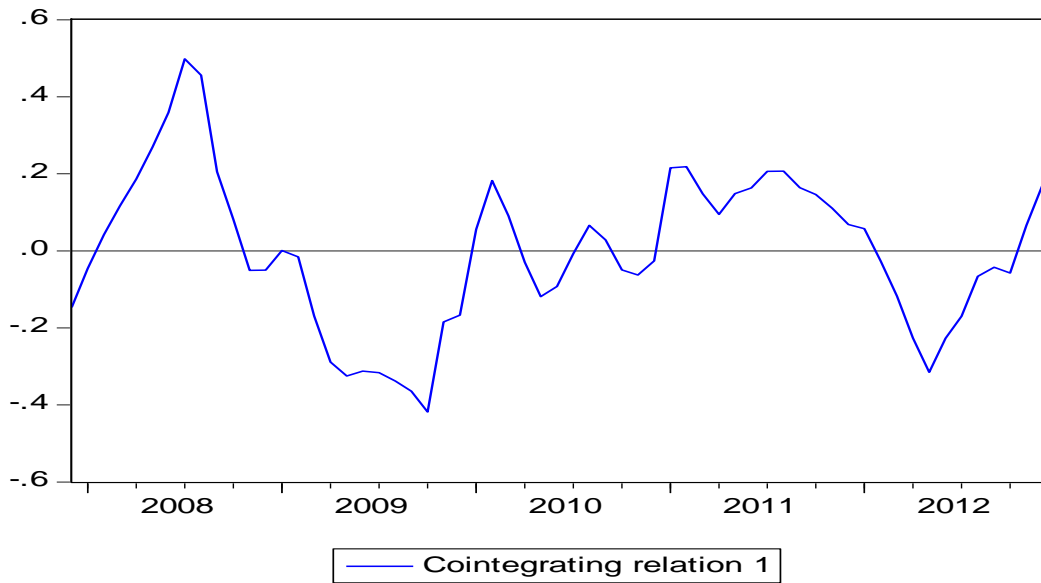
Aşağıdaki grafikte tahmin edilen model için AR karakteristik polinomunun ters kökleri gösterilmektedir. Köklerin tamamının çember içinde olması ve simetrik izdüşümlere sahip olması, modelin durağanlık açısından herhangi bir sorun yaşamadığını ortaya koyup, eşbütünleşme ilişkisinin normal bir dağılım taşıdığını ve uygun bir matematik formu ile çalıştığını doğrulamaktadır. Sonuç olarak grafik eşbütünleşme ilişkisini desteklemektedir.

Şekil 3. 5: AR Karakteristik Polinomunun Ters Köklerinin Birim Çember İçerisindeki Konumu



Aşağıdaki grafikte ise sistemin sahip olduğu eşbütünlük ilişkisine yer verilmiştir. Grafikte yer alan eşbütünlük ilişkisinin 0 etrafında dalgalanması (0.60 ile -0.60), modelde yer alan ve tek tek durağan olmayan değişkenlerin doğrusal bileşiminin durağan olduğunu göstermektedir.

Şekil 3. 6: Sistemin Eşbütünlük Grafiği





### 3.4.3. VECM'e (Vektör Hata Düzeltme Modeli) Dayalı Granger Nedensellik Test Sonuçları

Eşbütünlük analizi değişkenler arasında uzun dönemde ilişki olup olmadığını ortaya koymaktadır. Ancak elde edilen ilişkinin yönü hakkında bilgi vermemektedir. Bu nedenle bu çalışmada kaya gazı üretimi ile doğal gaz fiyatı arasındaki ilişkilerin yönü hakkında bilgi sahibi olmak için nedensellik analizini başvurulmuştur. Böylece uzun dönemde ilişkili olan değişkenler hakkında ilişkinin yönü de tespit edilecektir. Nedensellik analizinin diğer bir avantajı ise değişkenlerin kısa dönem dinamikleri hakkında da bilgi vermesidir.

Aşağıdaki tabloda nedensellik test sonuçları, kaya gazı üretimi ve doğalgaz fiyatları arasındaki ilişki bakımından incelendiğinde, hata düzeltme terimlerinin negatif işaretli olması ve istatistiki olarak anlamlılığı ve F istatistikleri doğalgaz arzından doğalgaz fiyatlarına doğru ve doğalgaz fiyatlarından doğalgaz arzına doğru hem uzun dönemde hem de kısa dönemde çift yönlü bir nedenselliğin bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara ilişkin parametre katsayıları %10 ve %1 önem düzeylerinde anlamlıdır. Granger nedensellik analizine göre ABD'de hem doğalgaz fiyatları kaya gazı üretimini etkilemekte hem de kaya gazı üretimi doğalgaz fiyatlarını etkilemektedir.

**Tablo 3. 13:** Vektör Hata Düzeltme Modeline Dayalı Granger Nedensellik Testi

Bağımsız Değişkenler	Bağımlı Değişkenler		Hata Düzeltme Katsayısı
	d(nprice) F istatistiği	d(lnshale) F istatistiği	
d(nprice)	-	34.95641 <sup>b</sup> (0,0000)	-0.2728 <sup>b</sup> [-2.65250]
d(lnshale)	17.5750 <sup>a</sup> (0.0626)	-	-0.064748 <sup>b</sup> [-3.07872]

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. a, %10 önem düzeyinde, b, %1 önem düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Köşeli parantez t istatistiğini göstermektedir.

Tabloda nedensellik test sonuçları, kaya gazı üretimi ve doğalgaz fiyatları arasındaki ilişki bakımından incelendiğinde, hata düzeltme terimlerinin ve açıklayıcı değişkenlerin gecikmeli değişkenlerinin istatistiki anlamlılığı doğalgaz arzından doğalgaz fiyatlarına doğru ve doğalgaz fiyatlarından doğalgaz arzına doğru çift yönlü

bir nedenselliğin bulunduğunu ve kısa dönemde bu iki değişkenin birbirini etkilediğini göstermektedir. Bu sonuçlara ilişkin parametre katsayıları %10 ve %1 önem düzeylerinde anlamlıdır. Granger nedensellik analizine göre ABD’de hem doğalgaz fiyatları doğalgaz arzını etkilemekte hem de doğalgaz arzı doğalgaz fiyatlarını etkilemektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular iktisadi beklentilerle uyumluluk göstermektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada ABD’de başlayan kaya gazı devriminin tarihsel süreci Amerikan ekonomisine doğrudan etkileri açıklanmış, küresel piyasaların ve Türkiye’nin bu devrimin neresinde yer alacağına dair projeksiyonlara yer verilmiştir.

Kaya gazı ABD ekonomisinde yarattığı etki itibariyle son dönemlerde dikkatleri üzerine çekmiştir. ABD’nin kaya gazı devrimiyle beraber doğalgaz ithal eden ülke konumundan çıkıp 2015 yılından itibaren doğalgaz ihraç eden ülkeler konumuna geçeceği öngörülmektedir. Küresel ölçekte doğalgaz ithal eden ülkelerin doğalgaza ödedikleri fiyatın birim başına 8-16 dolar arasında olduğu ve ABD’nin doğalgaz maliyetini 2-4 dolar seviyelerini indirdiği göz önüne alınırsa kaya gazının neden devrim kelimesi ile beraber kullanıldığı daha iyi anlaşılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde kaya gazının rezerv olarak hangi kıtalarda, hangi ülkelerde ve en çok nerelerde bulunduğu yer verilmiştir. Bu göstergelere bakıldığında kaya gazının diğer fosil yakıtlara göre daha geniş bir coğrafyaya yayıldığı görülmektedir. Dolayısıyla gelecek projeksiyonlarında dünyanın birçok yerinde kaya gazından ekonomik olarak faydalanılacağı görülmektedir. Türkiye’de özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Batı Trakya Bölgesi’nde yoğunlaşan kaya gazı rezervlerinin Türkiye’nin 40 yıllık enerji ihtiyacını karşılayabileceği iddia edilmektedir. Bu bağlamda özellikle cari açığı azaltma da kaya gazı ciddi bir enstrüman olarak görülmelidir.

İklim değişikliği ve çevre perspektifinden bakıldığında kaya gazının üretim sürecinde yeraltı sularını kirlettiği ve deprem meydana getirdiği iddia edilmektedir. Bu iddialar sebebiyle İngiltere’de kaya gazı çıkarımı yasaklanmıştır. Yapılan araştırmalarda risklerin düşük olsa bile çok ciddi riskler olduğunu bu yüzden kaya gazı üretim sürecinde çok dikkatli olunması gerektiği belirtilmiştir.

İklim değişikliği perspektifinden bakıldığında kaya gazının özellikle fosil yakıtlardan kömüre görece çok daha az karbondioksit emisyonu salan bir enerji kaynağı olduğu görülmektedir. ABD’nin enerji kaynağı olarak kömürü kaya gazı ile ikame etmesinin ardından karbondioksit emisyonlarını 1990 seviyelerine düşürdüğü ele

alındığında kaya gazının diğer fosil yakıtlara göre daha çevreci bir enerji kaynağı olduğu anlaşılmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı Başekonomisti Fatih Birol, TÜSİAD'ın düzenlediği toplantıda, IPCC'nin 2015'te Paris'te düzenleyeceği toplantıda ABD'nin kaya gazı sayesinde emisyonlarını 1990 seviyelerine çekmesinden, Çin'in yenilenebilir enerjiye çok ciddi yatırımlar yapmasından ve Ortadoğu ülkelerinin enerji tüketiminde gelişmiş ülkeleri yakalamasından dolayı iklim değişikliği müzakerelerinde bir umut beklediğinden bahsetmiştir. Dolayısıyla iklim değişikliği müzakerelerinde eğer bir umut ortaya çıkarsa kaya gazının da bu umuda bir araç olduğu düşünülebilir.

Çalışmanın ampirik bölümünde doğalgaz talebinin doğalgaz fiyatları ile negatif, gelir ile pozitif ilişkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre doğalgaz fiyatlarında meydana gelen yüzde 1'lik bir artış doğalgaz talebini yüzde 0,87 oranında düşürmekte, gelirden meydana gelen yüzde 1'lik bir artış da doğalgaz talebini yüzde 0,54 oranında arttırmaktadır. Amerika'nın doğalgaz üretiminin yüzde 50'sini kaya gazından karşıladığı göz önüne alındığında modellemenin kaya gazı içinde aynı şekilde olabileceği görülmektedir.

İkinci modellemede doğalgaz fiyatları ile kaya gazı üretimi arasındaki ilişki test edilmiştir ve uzun dönemde çift yönlü bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uzun dönemde doğalgaz fiyatları ve kaya gazı üretimi arasında çift yönlü bir ilişki söz konusudur.

Türkiye özellikle cari açığını düşürmede kullanacağı bir enstrüman bağlamında kaya gazı arama faaliyetlerini genişletmelidir. Yerli kaynağımızdan karşılanan her enerji ihtiyacı ülke ekonomisine pozitif olarak geri dönmektedir. Enerji arz güvenliği açısından da düşünüldüğünde Türkiye'nin kendi enerji ihtiyaçlarını kendi kaynaklarından karşılaması kendi lehine bir sonuç doğuracaktır.

Çalışmada ABD'de kaya gazı devriminin ciddi ekonomik etkiler doğurduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kaya gazından başka değerlendirilmesi gereken ayrı bir konu ise ABD'deki kaya petrolünün doğurduğu sonuçlardır. Son zamanlarda Ortadoğudaki siyasi istikrarsızlık, Libya'nın henüz petrol üretiminde istenilen aşamaya ulaşamaması, Suriye'deki iç karışıklık, Irak'ta başta IŞİD krizi sebebiyle gerçekleşen petrol üretiminin

tahmin edilenin yarısından daha düşük miktarda olmasının doğuracağı etki aslında petrol fiyatlarının ciddi bir şekilde artacağı yönündeydi. Ancak ABD'nin kaya petrolü arzındaki kaydadeğer artış petrol fiyatlarının ciddi bir şekilde artmasının önüne geçmiştir. Bu bağlamda Ortadoğuda süregelen siyasi istikrarsızlığın yerini barış ortamına bıraktığı ve bu bölgedeki petrol arzının önceki seviyelere ulaştığı takdirde kaya petrolü ile beraber meydana gelen petrol arzındaki fazlalığın gelecekte petrol fiyatlarını düşüreceği söylenebilir. Dolayısıyla ABD'de meydana gelen kaya gazı ve kaya petrolü üretimindeki artışların dünya enerji piyasasını etkilediği görüşü kuvvet kazanmaktadır.

Kaya gazının ise dünya enerji piyasasını ve doğalgaz piyasasını kısa dönemde bu şekilde etkilemesini beklemek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Ancak ABD'de şimdiden pozitif olarak gördüğümüz kaya gazının etkilerin devam edeceğini, kaya gazının ABD'de ciddi bir enerji dönüşümüne yol açacağını ve bu sonuçların da dolaylı olarak dünya enerji piyasasını etkileyeceğini söyleyebiliriz. ABD'nin doğalgazı ucuz temin eden bir ülke olmaya devam etmesi halinde bu durum enerji yoğun sektörlerin küresel ölçekte rekabet üstünlüğü sağlamasına yol açacaktır. Dolayısıyla diğer ülkeler bahsedilen bu avantaj sebebiyle ciddi bir rekabet sıkıntısı yaşayacağını da söyleyebiliriz.

Kaya gazını ve ekonomik etkilerini geniş bir şekilde ele alan ilk çalışma olması sebebiyle literatüre katkı sağlaması umulan bu çalışmanın gelecekteki çalışmalara ışık tutacağını ümit etmekteyim. Kaya gazının dünya enerji jeopolitiğini nasıl etkileyeceğini, dünya enerji piyasasına sürülmesi halinde maliyetlerini ne olacağını, özellikle Çin gibi ciddi rezervlerin bulunduğu ülkelerde seri üretime geçilmesi halinde dünya doğalgaz piyasasının bu durumdan nasıl etkileneceğini inceleyen çalışmalar bu alandaki literatüre katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- ACC, (2013), “American Chemistry Council, “Shale Gas, Competitiveness, and New US Chemical Industry Investment: An Analysis Based on Announced Projects”, *Economics & Statistics Department, American Chemistry Council*.
- Accenture Report. (2012) “Water and Shale Gas Development Leveraging the US experience in new shale developments”.
- Achilladelis B, Schwarzkopf A. ve Cines M. (1990), “The dynamics of technological innovation: the case of the chemical industry”. *Research Policy*, c. 19, s. 1, ss."1–34.
- Ahışhalı M.A., (2013) “ Kaya Gazı: Dünya Enerji Düzenine Etkileri ve Türkiye Potansiyeli”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* c.3, s.1, ss.12-34.
- Akaike, H. (1973), “Maximum Likelihood Estimation of Gaussian Autoregressive Moving Average Models” *Biometrika*, c.60, s.255-65
- Apergis N., Payne J.E., (2010), “Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model”, *Energy Economics*, c.32, ss.1421-1426
- ARI (2011), “World Shale Gas Resources: An initial Assessment of 14 Regions Outside the United States”, *US Energy Information Administration, Washington*
- Aruga K., (2013), “ The U.S. Shale Gas Revolution and Its Effects on International Gas Markets”, *Munich Personal RepEc Archive*.
- Asche F., Oglend A., Osmundsen P., (2012), “Gas versus oil prices the impact of shale gas”, *Energy Policy*, c.47, s.s. 117-124

- Aslan, Alper (2008); “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Turizm İlişkisi Üzerine Ekonometrik Analiz”. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, s.12, ss.7.
- Aydın, G. ve Karakurt, İ., 2009, “Yer altı Kömür Damarlarından Üretilen Metanın Kullanım Teknolojileri”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 15, Sayı 1.
- Aydiner K., Karakurt İ., Aydın G., (2008), “Kömür Kökenli Metan’ın Doğalgaz Olarak Kullanımı”, s.s. 2-6.
- Bilgili F., (2014) “Long Run Elasticities of Demand for Natural Gas: OECD Panel Data Evidence”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, c.9, s. 4, s.s 334-341,
- Bloomberg (2012), “Americans Gaining energy Independence With U.S. as Top Producer”  
<http://www.bloomberg.com/news/2012-02-07/americans-gaining-energy-independence-with-u-s-as-top-producer.html> (Erişim Tarihi: 24.05.2014)
- Birol F. (2014), “International Energy Agency Baş Ekonomisti”, *World Energy Outlook 2013 Tanıtım Konferansı*, 20 Aralık 2013, İstanbul
- Boyer, C.M. and Qingzhao, B. (1998), “Methodology of coalbed methane resource assessment”. *International Journal of Coal Geology*, c. 35, s. 1-4, s.s 349–368.
- Böker T., Michler A.F., (2014), “How integrated is the U.S. market for natural gas? New evidence using rolling cointegration”.
- BP Statistical World Review of Energy (2013),  
<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy-2013.html> ( Erişim Tarihi: 17.01.2014)
- BP (2012), BP Energy Outlook 2030

[http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/STAGING/global\\_assets/downloads/O/2012\\_2030\\_energy\\_outlook\\_booklet.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/STAGING/global_assets/downloads/O/2012_2030_energy_outlook_booklet.pdf) (Erişim Tarihi: 22.02.2014)

BP (2012), Statistical Review of World Energy,

[http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2012.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf) (Erişim Tarihi: 28.03.2014)

Broomfield, M., (2012) “Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe”, *European Commission Publishing*, Brüksel

Brown S.P.A., Gabriel S.A., Egging R., (2010) “Abundant Shale Gas Resources: Some Implications for Energy Policy”, *Backrounder*.

Charemza, W.W. ve Deadman, D.F. (1993), “New Directions in Econometric Practice: General to Specific Modelling Cointegration and Vector Autoregression”, Aldershot, Hanst, *Edward Elgar Publishing Limited: Cambridge*

Canadian Association of Petroleum Producers,

<http://www.oilsandstoday.ca/whatareoilands/Pages/WhatareOilSands.aspx>  
(Erişim Tarihi: (15.02.2014))

Caruso, David B. (2011-01-03). "44,000 Barrels of Tainted Water Dumped Into Neshaminy Creek. We're the only state allowing tainted water into our rivers". *Associated Press*. NBC Philadelphia

CBER (2008), “Projecting the economic impact of the Fayetteville shale play for 2008–2012”: *Center for Business and Economic Research of the University of Arkansas*, Arkansas



- Cohen A.K, (2013), “ The Shale Gas Paradox: Assessing the Impacts of the Shale gas Revolution on Electricity Markets and Climate Change”, *M-RCBG Associate Working Paper Series No:14*, ss.88.
- Coleman J., (2014), “The Shale 'Revolution' Is About Gas Prices & Oil Production” *The Energy Collective*,  
<http://theenergycollective.com/energylawprof/432466/shale-revolution-about-gas-prices-oil-production> (Erişim Tarihi: 24.07.2014)
- Considine T, Watson R, Blumsack S., (2010), “The economic impacts of the Pennsylvania Marcellus shale gas play: an update”, *Department of Energy and Mineral Engineering, College of Earth and Mineral Sciences, The Pennsylvania State University, Pennsylvania*.
- Considine T, Watson R, Entler R, Sparks J., (2009), “An emerging giant: prospects and economic impacts of developing the Marcellus shale natural gas play”, *Department of Energy and Mineral Engineering, College of Earth and Mineral Sciences, The Pennsylvania State University, Pennsylvania*.
- Coşkun, S., 2004, “Doğal Gazın Sıvılaştırılmasında Kullanılan Klasik Kaskad Soğutma Sisteminin Matematiksel Analizi”, *Uludağ Üniversitesi. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 1, 2004.
- Çabuk, Altan, M., Balcılar (1998), “What Does A Unit Root Mean? The Statistical and Economic Interpretation Of Unit Root Processes With A Survey Of Unit Root Test”, *Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, Cukurova University, Cilt.8, ss. 289-332.
- DECC (2012) İngiltere Enerji ve İklim Değişikliği Bakanlığı, “Shale Gas Background Note”,  
[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/267126/5074-background-note-on-shale-gas-1.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/267126/5074-background-note-on-shale-gas-1.pdf) (Erişim Tarihi: 05.07.2014)

Demirtaş Ö. (2013). “Enerji Piyasasındaki Son Gelişmeler ve Kaya (Şeyl) Gazı”, *İş Bankası İktisadi Araştırmalar Dergisi*

Department of Enviromental Conservation "New York's natural gas history - a long story, but not the final chapter",  
[http://www.dec.ny.gov/docs/materials\\_minerals\\_pdf/nyserda2.pdf](http://www.dec.ny.gov/docs/materials_minerals_pdf/nyserda2.pdf) (Erişim Tarihi: 25.03.2014)

DOE (2011) ABD Enerji Bakanlığı, "DOE's Early Investment in Shale Gas Technology Producing Results Today", <http://energy.gov/fe/articles/does-early-investment-shale-gas-technology-producing-results> (Erişim Tarihi: 02.25.2014)

Duran O. (2013), “Türkiye Enerji görünümü ve Potansiyel Tedarik Kaynakları Işığında Doğalgaz Piyasası Kanunu’na İlişkin Görüşlerimiz”, *Gas & Power Energy Zirvesi*, 6 Haziran 2013, Trabzon.

EIA (1993) ABD Enerji Enformasyon İdaresi, “Drilling Sideways—A Review of Horizontal Well Technology and Its Domestic Application”, *U.S. EnergyInformation Administration Publishing: Washington.*

EIA (2010) ABD Enerji Enformasyon İdaresi, “U.S. Crude Oil, Natural Gas, and Natural Gas Liquids Reserves”, *U.S Energy Information Administration Publishing: Washington*  
[www.eia.doe.gov/oil\\_gas/natural\\_gas/data\\_publications/crude\\_oil\\_natural\\_gas\\_reserves/cr.html](http://www.eia.doe.gov/oil_gas/natural_gas/data_publications/crude_oil_natural_gas_reserves/cr.html) (Erişim Tarihi: 22.04.2014)

EIA (2011) ABD Enerji Enformasyon İdaresi, “Review of Emerging Resources: Us Shale Gas and Shale Oil Plays” *U.S Energy Information Administration Publishing: Washington.*

EIA (2013) ABD Enerji Enformasyon İdaresi, *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in Countries Outside the United States*, US Department Of Energy, Washington

- EIA (2013a) ABD Enerji Enformasyon İdaresi, *Annual Energy Outlook 2013*, US Department Of Energy, Washington
- Enders, Walter (1995), *Applied Econometric Time Series*, Birinci Baskı, Wiley.
- Engle, R.F., Granger, C.W.J. (1987); “Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing”, *Econometrica*, c. 55, s.s. 251-276.
- ETKB (2013b) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “2011 Yılı Genel Enerji Dengesi”, [http://www.enerji.gov.tr/EKLENTI\\_VIEW/index.php/raporlar/raporVeriGir/70464/2](http://www.enerji.gov.tr/EKLENTI_VIEW/index.php/raporlar/raporVeriGir/70464/2) , (Erişim Tarihi: 17.01.2014)
- Farhani S., Shahbaz M., Arouri M. ve Teulon F., (2013), “The Role of Natural Gas Consumption and Trade in Tunisia’s Output”, *Energy Policy*, c.66
- Forbes (2013), “Will Natural Gas Stay Cheap Enough To Replace Coal And Lower US Carbon Emissions”  
<http://www.forbes.com/sites/modeledbehavior/2013/03/22/will-natural-gas-stay-cheap-enough-replace-coal-and-lower-us-carbon-emissions/>
- Ghali KH, El-Sakka M.I.T. (2004) “Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis.”, *Energy Econ*, s. 26 s.s. 225–238.
- Gilbert D., (2012), “Chemical makers ride gas boom”, *The Wall Street Journal*.
- Glass K., (2011), “Shale Gas and Oil Terminology Explained: Technology, Inputs & Operations”, *Environmental and Energy Study Institute*,  
[http://files.eesi.org/fracking\\_technology\\_120111.pdf](http://files.eesi.org/fracking_technology_120111.pdf), (Erişim Tarihi: 19.02.2014).
- Gujarati, D. N (2006), “Temel Ekonometri”. (Çev: Ümit Senesen, Gülay Günlük Senesen). *İstanbul: Literatür Yayıncılık*.

- Harris R.I. D (1995), "Using Cointegration Analysis in Econometric Modelling, Harlow, London: Prentice Hall".
- Hook, L. (2012), "Country focus: China faces difficulties in shale gas production", *Financial Times*.
- IHS (2011), "The economic and employment contributions of shale gas in the United States", *IHS Global Insight*, Washington
- Jenkins, J., Muro, M., Nordhaus, T., Shellenberger, M., Tawney, L., and Trembath, A. (2012), "Beyond Boom & Bust: Putting Clean Tech on a Path to Subsidy Independence" [http://thebreakthrough.org/blog/Beyond\\_Boom\\_and\\_Bust.pdf](http://thebreakthrough.org/blog/Beyond_Boom_and_Bust.pdf) (Erişim Tarihi: 27.06.2014)
- Kanagawa M, Nakata T.(2008) "Assessment of access to electricity and the socioeconomic impacts in rural areas of developing countries." *Energy Policy* s.36, s.s 2016–2029.
- Kani A., Abbaspour M., Abedi Z., (2014), "Estimation of demand function for natural gas in Iran: Evidences based on smooth transition regression models", *Economic Modelling* c.36, ss.341-347
- Karakaya E., Özçağ M. (2004) " Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi Araçların Analizi", <http://www.deu.edu.tr/userweb/hilmi.coban/%C3%B6devler/k%C3%BCresel%20%C4%B1s%C4%B1nma%20ve%20vergi/02s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir%20kalk%C4%B1nmaiklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi.pdf> (Erişim Tarihi: 03.01.2014)
- King, G.E. (2010), "Thirty Years of Gas Shale Fracturing: What Have We Learned?", *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, İtalya.

- Guerra, K, Dahm, K, ve Dundorf S. (2011), "Oil and Gas Produced Water Management and Beneficial Use in the Western United State" *Science and Technology Program Report No. 157*, Denver.
- Kemal N. (2012) " Alternatif bir Enerji Kaynağı: Kaya gazı (Shale Gas)", *Kocaeli Sanayi Odası*.
- Kennedy, Peter (2006), "Ekonometri Kılavuzu" (5. Baskı). (Çevirenler: Muzaffer Sarımeşeli, Şenay Açıköz). *Ankara: Gazi Kitabevi*.
- King, G.E. (2012) "Hydraulic Fracturing 101: What Every Representative, Environmentalist, Regulator, Reporter, Investor, University Researcher, Neighbor and Engineer Should Know About Estimating Frac Risk and Improving Frac Performance in Unconventional Gas and Oil Wells," *SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference*, 6-8 February 2012, The Woodlands.
- King, G.E. (2012), " Shale gas extraction in the UK: a review of hydraulic fracturing", *The Royal Academy of Engineering*
- Kum H., Öcal O., Aslan A., (2012), "The relationship among natural gas energy consumption, capital and economic growth: Bootstrap-corrected causality tests from G-7 countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c.16 , s.s. 2361-2365
- Maddala, G. S. (1992), "Introduction to Econometrics", *Macmillan Publishing Company*: New York.
- MIT Massachusetts Institute of Technology (2011). "The Future of Natural Gas," *MIT*, [web.mit.edu](http://web.mit.edu).
- Medlock III KB, Jaffe AM, Hartley PR., (2011), "Shale Gas and US National Security", *James A. Baker III Institute for Public Policy*, Rice University, Houston.

- National Energy Technology Laboratory,  
[www.netl.doe.gov/publications/press/2011/11008DOE\\_Shale\\_Gas\\_Research\\_Producing\\_R.html](http://www.netl.doe.gov/publications/press/2011/11008DOE_Shale_Gas_Research_Producing_R.html). (Erişim Tarihi: 03.05.2014)
- NETL (2009), “Modern Shale Gas Development in the United States”, *U.S. Department of Energy Publishing*: Washington.
- Newell R. (2011), “Shale Gas and Outlook for U.S Natural Markets and Global Gas Resources”, *US Energy Information Administration*, Washington
- Nygaard, R. (2010). Well design and well integrity, Energy and Environmental Systems Group, *Institute for Sustainable Energy, Environment and Economy*, University of Calgary, Canada.  
<http://www.ucalgary.ca/wasp/Well%20Integrity%20Analysis.pdf> (Erişim Tarihi: 25.11. 2013)
- Özgür E., (2013) “Alternatif Hidro Karbon Kaynakları”,  
<http://www.emreozgur.com/TR/MAKALE2013.pdf> (Erişim Tarihi: 04.06.2014)
- Öztaş Y., (2014) “New Horizon for Turkey: Unconventional Hydrocarbon Potential”, TPAO.
- Parker G., Adamson S., (2011) “Productivity and Technological Change in Shale Gas Production: An Econometric Analysis of Well Data from the Haynesville Shale”, *IAEE International Conference*, Stockholm
- Payne J, Donati J., (2012) “U.S. Shale Gas Boom Brings Badnews for Europe's Oil Refiners”, *Reuters*.
- Phillips, P. C. B. (1987), “Time Series Regression With A Unit Root”, *Econometrica*, Cilt. 55, No. 2, ss. 277-301.

- Phillips, P. C. B., Perron, P. (1988), “Testing For A Unit Root in Time Series Regression”, *Biometrika*, c.75, s. 2., ss. 335-346.
- Ponce M., Neumann A., (2014), “Elasticities of Supply for the US Natural Gas Market”, *Econstor*.
- PWC (2013), “Price Waterhouse and Coopers & Lybrand, Shale Oil: The Next Energy Revolution”, [http://www.pwc.com/en\\_GR/gr/surveys/assets/shale-oil.pdf](http://www.pwc.com/en_GR/gr/surveys/assets/shale-oil.pdf)
- Rumberg D., Parsons J.E., (2012), “The Weak Tie Between Natural Gas and Oil Prices”, *MIT-CEEPR*.
- Sarı A., (2010), “Döviz Kuru Oynaklığının İthalata Etkileri: Türkiye Örneği”, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, Sayı.11.
- Scott LC., (2009), “The economic impact of the Haynesville shale on the Louisiana economy in 2008”, *Louisiana: The Louisiana Department of Natural Resource*.
- Sevüktekin, M, Nargeleçekenler, M, (2005), “Zaman Serileri Analizi”, *Nobel: Ankara*
- Sevüktekin, M. ve M. Nargeleçekenler (2010), “Ekonometrik Zaman Serileri Analizi”, *Nobel: Ankara*.
- Shahbaz M., Chandran V.G.R ve Pervaiz A., (2011), “Natural gas consumption and economic growth: cointegration, causality and forecast error variance decomposition tests for Pakistan”, *Munich Personal RepEc Archive*.
- Sööt, M.P., Jesse, R.D. ve Simith, E.M., (2006), “Coal Mine Methane Utilization Options”, 11th *U.S./North American Mine Ventilation Symposium*, pp. 407–411.
- Stevens P., (2012), “The ‘Shale Gas Revolution’: Developments and Changes”, *Energy, Environment and Resources*, s. 2.

- Stevens P., (2012), “The ‘Shale Gas Revolution’: Developments and Changes”, *Energy, Environment and Resources*, s.s. 9.
- Şengiller, İ. (1996) “Kömür Kökenli Doğal Gaz”, *Jeoloji Mühendisliği*, s. 49, Ankara.
- Taner, A.C., (2012), “ ABD, Geleneksel Olmayan Doğalgaz Türü Kaya Gazı Rezervleri Zenginliği İle Klasik Olmayan Doğalgaz Çeşidi Kömür Yataklı Metan Gazı (Coalbed Methane-CBM) Bolluğu Sayesinde Ulaşacağı Endüstriyel ve Ekonomik Kazanımlar” *Fizik Mühendisleri Odası*
- Tarı R., (2002), “Ekonometri” (2.Basım). *Alfa Yayınları*: İstanbul.
- The Perriman Group, (2009), “An Enduring Resource: A Perspective On The Past, Present, and Future Contribution Of The Barnett Shale To The Economy Of Fort Worth and The Surrounding Area.” Waco, Texas.
- Total (2012), <http://www.total.com/en/special-reports/shale-gas/an-abundant-source-of-natural-gas/-trapped-in-rock-201953.html> (Erişim Tarihi: 16.05.2013).
- TTK (2013), “Taşkömürü Sektör Raporu 2012” *Türkiye Taşkömürü Kurumu Yayını*: Ankara.
- Türkeş M., Şen Ö.L., Kurnaz L., Madra Ö. Ve Şahin Ü. (2013) “ İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu”, *İstanbul Politika Merkezi*.
- Türkyılmaz (2012), “Enerjide Dışa Bağımlılığın Boyutları ve Yerli Makina, Ekipman Üretmenin Önemi”, *Mühendis ve Makina*, c.53., s.1
- TTK (2012), “Kömür Sektörü Raporu 2011”, *Türkiye Taşkömürü Kurumu Yayını*: Ankara.
- TPAO (2012) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, “2011 Yılı Hampetrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu”, Ankara.



TPAO (2012) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, “2011 Yıllık Rapor”, Ankara.

TPAO (2014) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, İş Ortaklarımız, <http://www.tpao.gov.tr/tp5/?tp=m&id=16> (Erişim Tarihi: 27.05.2014)

Turkish Yatırım Finansal Bilgi Portalı (2013), <http://www.turkborsa.net/belgeler/raporlar/ozelarastirmakayagazi.pdf> (Erişim Tarihi: 23.05.2014)

Türkyılmaz O. (2014), “Türkiye Enerji Görünümü ve Geleceği”, *Türkiye Makine Mühendisleri Odası*, ss. 2-6.

T24 (2013), <http://t24.com.tr/haber/kaya-gazi-nedir,227594> (Erişim Tarihi: 15.03.2014)

UNEP (2011) Birleşmiş Milletler Çevre Programı, “Athabasca Oil Sands, Require Massive Investments and Energy and Produce Massive Amounts of Oil and CO2 Alberta (Canada)”, *United Nations Environment Programme Global Environment Alert Service*, 54, 1-5

Wakamatsu H., Aruga K., (2013), “The Impact of the Shale Gas Revolution on the U.S. and Japanese Natural Gas Markets”, *Energy Policy*, c.62, ss. 1002-1009

Wang Q., Chen X., JHA A.N., Rogers H., (2014), “Natural gas from shale formation– The evolution, evidences and challenges of shale gas revolution in United States”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c.30, s.s.

Wang Z., Krupnick A. (2013), “A Retrospective Review of Shale Gas Development in the United States: What Led to the Boom?” , *Resources For The Future*.

Weber J.G.(2012), “The effects of a natural gas boom on employment and income in Colorado, Texas, and Wyoming”. *Energy Economics*, c.34, s.5 s.s. 1580-1588

- World Energy Outlook (2012), WEO,  
[https://www.iea.org/newsroomandevents/speeches/weo\\_launch.pdf](https://www.iea.org/newsroomandevents/speeches/weo_launch.pdf) (Erişim Tarihi: 21.04.2013)
- Yalçın, E. ve Durucan, Ő., (1984), “Zonguldak Kömürlerinin Aıĝa ıkabilen Metan İçerikleri, Türkiye 4. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, s. 319-331.”
- Yıldız D. (2013). “Kaya gazı devrimini Gücü: Su”, *Toprak Su Enerji alışma Grubu*,  
[http://dergi.usiad.net/61.Sayi/Bildiren\\_Sayi\\_61.pdf](http://dergi.usiad.net/61.Sayi/Bildiren_Sayi_61.pdf) (Erişim Tarihi: 05.04.2014)
- Yu Y., Zheng X., Han Y., (2014), “On the demand for natural gas in urban China”,  
*Energy Policy*, c.70, ss. 57-63

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Emrah SOFUOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi : 01.04.1988 / ORDU

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### İş Deneyimi

Stajlar : Türkiye Sermaye Piyasası Kurumu

Çalıştığı Kurumlar : Ahi Evran Üniversitesi (Arş.Gör., 02.2014-.....)

### İletişim

e-posta Adresi : emrahsofuoglu@gmail.com

Tarih : 17.06.2014