

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ALTERNATİF VE FOSİL ENERJİ  
KAYNAKLARININ GELECEĞE YÖNELİK ETÜDÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Mustafa YILDIZ**

**EYLÜL 2006  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ALTERNATİF VE FOSİL ENERJİ  
KAYNAKLARININ GELECEĞE YÖNELİK ETÜDÜ**

**İnş. Müh. Mustafa YILDIZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"İnşaat Yüksek Mühendisi"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25.08.2006**

**Tezin Savunma Tarihi : 25.09.2006**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hızır ÖNSOY**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT**

**Trabzon, 2006**

## ÖNSÖZ

Araştırma konusunun seçiminde ve yürütülmesinde bana yol gösteren, hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hızır ÖNSOY'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarım süresince gerekli olan yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Ömer YÜKSEK'e ve Sayın Yrd. Doç. Dr. İ. Murat KÖMÜRCÜ'ye, Arş. Gör. Murat KANKAL'a ve İnş. Müh. Adem AKPINAR'a şükranlarımı sunarım.

Araştırma çalışmalarımda bana destek veren Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Teftiş Kurulu Başkanı Sayın Cevdet MALKOÇ'a ve EİE'deki mühendislere teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa YILDIZ

Trabzon, 2006

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Enerjinin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	1
1.2.1 Enerjinin Tanımı.....	1
1.2.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması .....	2
1.3. Enerji Kaynaklarının Durumu .....	4
1.3.1. Petrol.....	4
1.3.1.1. Petrolün Dünya Pazarındaki Tarihsel Gelişim.....	5
1.3.1.2. Dünya Petrol Merkezleri .....	5
1.3.1.3. Dünyada Petrol Durumu.....	6
1.3.1.4. Türkiye’de Petrolün Durumu.....	8
1.3.2. Kömür.....	11
1.3.2.1. Kömürün Dünyadaki Bulunuşu.....	11
1.3.2.2 Kömürün Önemi ve Esasları.....	11
1.3.2.3. Dünyadaki Kömür Üretimi ve Tüketimi.....	12
1.3.2.4. Kömürün Türkiye’deki Tarihçesi.....	14
1.3.2.5. Kömürün Türkiye’deki Durumu.....	15
1.3.2.5.1 Taşkömürü.....	15
1.3.2.5.2. Linyit.....	17
1.3.2.5.3 Asfaltit.....	19

1.3.3	Doğal Gaz.....	20
1.3.3.1.	Doğal Gazın Tarihçesi.....	20
1.3.3.2.	Doğal Gazın Dünyadaki Durumu.....	21
1.3.3.3.	Doğal Gazın Türkiye’deki Tarihçesi.....	23
1.3.3.4.	BOTAŞ’ın Doğal Gaz Faaliyetleri.....	23
1.3.3.4.1.	Doğal Gaz Ticareti.....	23
1.3.3.4.2.	BOTAŞ’ın Doğal Gaz Projeleri.....	24
1.3.3.5	Doğal Gazın Türkiye’deki Durumu.....	24
1.3.4.	Nükleer Kaynaklar ve Nükleer Enerji.....	26
1.3.4.1.	Dünyada Nükleer Enerjinin Tarihçesi.....	26
1.3.4.2.	Dünyada Nükleer Enerji Durumu.....	27
1.3.4.2.1.	Dünyada Nükleer Enerji Santralleri.....	27
1.3.4.2.2.	Dünyadaki Nükleer Enerji Tüketimi.....	27
1.3.4.3.	Türkiye’de Nükleer Enerjinin Gelişimi.....	28
1.3.4.4.	Türkiye’de Nükleer Enerji ve Kaynak Durumu.....	29
1.3.4.4.1.	Türkiye’nin Uranyum Durumu .....	30
1.3.4.4.2.	Türkiye’nin Toryum Durumu.....	31
1.3.4.5.	Nükleer Enerji ve Çevre.....	31
1.3.5.	Hidrolik Enerji.....	32
1.3.5.1.	Dünya’nın Hidrolik Enerji Durumu .....	33
1.3.5.2.	Türkiye’deki Hidrolik Enerji Durumu.....	34
1.3.6.	Rüzgar Enerjisi.....	36
1.3.6.1	Dünya’nın Rüzgar Enerjisi Durumu .....	37
1.3.6.2.	Türkiye’nin Rüzgar Enerjisi Durumu.....	38
1.3.7.	Güneş Enerjisi.....	40
1.3.7.1.	Dünya’nın Güneş Enerjisi Durumu.....	40
1.3.7.2	Türkiye’nin Güneş Enerjisi Durumu.....	42
1.3.8.	Biyoenerji.....	43
1.3.8.1.	Dünya’nın Biyoenerji Durumu .....	44
1.3.8.2.	Türkiye’nin Biyoenerji Durumu.....	45
1.3.9.	Jeotermal Enerji.....	46
1.3.9.1	Dünya’nın Jeotermal Enerji Durumu.....	47
1.3.9.2.	Türkiye’nin Jeotermal Enerji Durumu.....	48

1.3.10	Akıntı Enerjisi.....	49
1.3.11.	Dalga Enerjisi.....	50
1.3.12.	Gel-Git enerjisi.....	50
1.3.13.	Hidrojen Enerjisi.....	51
1.3.14	Sıcaklık Gradyent Enerjisi.....	52
1.4.	Enerji Kaynakları Arasında Temiz Enerji Kaynaklarının Yeri.....	53
1.4.1.	Dünyada Enerji Kaynakları Arasında Temiz Enerji Kaynaklarının Yeri..	53
1.4.2.	Türkiye’de Enerji Kaynakları Arasında Temiz Enerji Kaynaklarının Yeri.....	54
2.	YAPILAN ÇALIŞMA VE BULGULAR .....	57
2.1	Dünya Toplam Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu.....	58
2.2	Dünya Alternatif Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu .....	63
2.3	Türkiye Toplam Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu.....	68
2.4	Türkiye Alternatif Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu.....	72
3.	İRDELEME.....	79
4.	SONUÇLAR.....	84
5.	ÖNERİLER.....	85
6.	KAYNAKLAR.....	86
	ÖZGEÇMİŞ	

## ÖZET

Enerji geniş bir içeriğe sahip, derinliği çok fazla olan ve bir çok alt bransa ayrılan stratejik bir konudur. Günümüzde ekonomik istikrarın ve sürdürülebilir kalkınmanın temelleri çevreye duyarlı ve etkin bir enerji politikasından geçmektedir. Sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkelerin geleceğe dönük bir enerji politikası mutlaka olmalıdır.

Bu çalışmada, enerji kaynaklarının Dünya ve Türkiye'deki tüketim durumu incelenmiş; 1970-2003 yılları arasındaki veriler kullanılarak Dünya ve Türkiye'deki fosil ve alternatif enerji kaynaklarının gelecekteki değerleri tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre gelecekteki oluşacak enerji tüketimin Dünyadaki ve Türkiye'deki durumu değerlendirilmiştir.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde enerjinin tanımlanması, sınıflandırılması ve her bir enerji kaynağının Dünya ve Türkiye'deki durumu hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde Dünya ve Türkiye'deki geçmiş yıllarda elde edilen enerji tüketim verileri kullanılarak regresyon analiziyle elde edilen denklemlerle geleceğe yönelik tahminler yapılmıştır. Üçüncü bölümde tahmin sonuçları değerlendirilmiştir. Dördüncü ve beşinci bölümlerde çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir. Son olarak altıncı bölümde kaynaklar verilmiştir.

Çalışma sonuçları, alternatif enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının Türkiye'deki azalacağını, Dünya'da ise artacağını göstermiştir. Bunun yanında yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar Dünya toplam ve alternatif enerji tüketimleri için en uygun modellerin lineer modeller olduğunu, Türkiye için ise en uygun modellerin büyüme fonksiyonu modelleri ile örtüştüğünü göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Enerji Kaynakları, Alternatif Enerji, Fosil Enerji, Projeksiyonlar

## SUMMARY

### **A Study on Future Predictions of Alternative and Fossil Energy Sources in the World and in Turkey**

Energy is a strategic subject that has a big content, deepness and lots of branches. Nowadays basis of the sustainable development and economical stability depend on effective and environmentally friendly energy policies. Both developed and developing countries must have an energy policies for the future progresses.

In this study, the World's and Turkey's energy resources are analyzed, and fossil and alternative energy resources of World and Turkey are predicted by using the past data of energy resources between 1970-2003 by using the result of predictions, the future predictions of energy consumption both in the World and in Turkey are also evaluated.

This study comprises by six chapters. In the first chapter, definition of energy, energy classification and general information about each energy resources are given for the World and Turkey. In the second chapter, the future values of energy consumption for the World and Turkey are calculated by using regression analyzses. The predicted values are evaluated in the third chapter. In the fourth and fifth chapters, conclusion of the study and recommendations are given respectively. In the sixth chapter references are given.

The results of the work have shown that the proportion of alternative energy consumption in the total energy consumption will decreases in Turkey, and will increases in the World. In addition, according to the results which are obtained from the study ,the most suitable models for the total energy and alternative energy consumptions of the World are linear models, and the best models for Turkey suit with growth model.

**Key words:** Energy Resources, Alternative Energy, Fossil Energy, Projections



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	Klasik bir petrol rezervuarı ..... 4
Şekil 1.2	Dünya petrol üretimi ve üretim tahmini..... 6
Şekil 1.3	Kıtaların 1999 yılı ham petrol ve sıvı doğal gaz rezervleri yüzdeleri.... 7
Şekil 1.4	Kıtaların 1999 yılı ham petrol ve sıvı doğal gaz tüketimi yüzdeleri..... 7
Şekil 1.5.	Kıtaların 1999 yılı ham petrol ve sıvı doğal gaz üretimi (milyon ton)... 7
Şekil 1.6.	Kıtaların 2001 yılı kömür tüketim yüzdeleri..... 14
Şekil 1.7.	Kıtaların 2001 yılı kömür üretim yüzdeleri..... 14
Şekil 1.8.	Yıllara göre taşkömürü üretim-tüketim durumu (bin ton)..... 16
Şekil 1.9.	Yıllara göre linyit üretim-tüketim durumu (bin ton)..... 18
Şekil 1.10.	Yıllara göre asfaltit üretim-tüketim durumu (bin ton)..... 20
Şekil 1.11.	Kıtaların 2001 yılı doğal gaz tüketim yüzdeleri..... 22
Şekil 1.12.	Kıtaların 2001 yılı doğal gaz üretim yüzdeleri..... 22
Şekil 1.13.	Yıllara göre doğal gaz üretim-tüketim durumu (milyon m <sup>3</sup> )..... 25
Şekil 1.14.	2001 yılı dünya nükleer enerji tüketim yüzdeleri..... 28
Şekil 1.15.	Kıtaların 2001 yılı hidrolik enerji tüketim yüzdeleri..... 34
Şekil 1.16.	Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı..... 36
Şekil 1.17.	Kıtalar itibariyle rüzgar enerjisi kurulu gücü yüzdeleri..... 38
Şekil 1.18.	Bölgelerin yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )..... 39
Şekil 1.19.	Türkiye rüzgar atlası..... 39
Şekil 1.20.	Kıtalar itibariyle güneş enerjisi kurulu gücü yüzdeleri..... 41
Şekil 1.21.	Bölgelere göre toplam güneş enerjisi potansiyeli (Kwh/m <sup>2</sup> -Yıl)..... 42
Şekil 1.22.	Kıtaların 1999 yılı biyoenerji üretim durumu ..... 44
Şekil 1.23.	Kıtaların 1999 yılı itibariyle odun yakıt üretimi (milyon ton)..... 44
Şekil 1.24.	Yıllara göre odun, toplam tezek ve bitki atıkları tüketim değerleri (bin ton)..... 45
Şekil 1.25.	Jeotermal enerji potansiyeli yüksek olan ülkelerin jeotermal kurulu güçleri..... 47
Şekil 1.26.	2001 yılı itibariyle Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli..... 48

Şekil 1.27.	Dünya enerji üretiminde temiz enerji kaynaklarının yeri .....	53
Şekil 1.28.	Türkiye'nin fosil kaynak rezervinde kaynakların payı.....	54
Şekil 1.29.	Türkiye'nin nükleer enerji kaynak rezervinde kaynakların payı.....	55
Şekil 1.30.	Türkiye'nin temiz enerji kaynak rezervinde kaynakların payı.....	55
Şekil 1.31.	Türkiye'nin enerji tüketiminde enerji kaynaklarının payı.....	56
Şekil 2.1.	Dünya toplam enerji tüketimi kübik model grafiği.....	60
Şekil 2.2.	Dünya toplam enerji tüketimi kuadratik model grafiği.....	61
Şekil 2.3.	Dünya toplam enerji tüketimi lineer model grafiği.....	62
Şekil 2.4.	Dünya alternatif enerji tüketimi kübik model grafiği.....	64
Şekil 2.5.	Dünya alternatif enerji tüketimi kuadratik model grafiği.....	65
Şekil 2.6.	Dünya alternatif enerji tüketimi lineer model grafiği.....	67
Şekil 2.7.	Türkiye toplam enerji tüketimi kübik model grafiği.....	70
Şekil 2.8.	Türkiye toplam enerji tüketimi büyüme fonksiyonu model grafiği.....	71
Şekil 2.9.	Türkiye alternatif enerji tüketimi kübik model grafiği.....	74
Şekil 2.10.	Türkiye alternatif enerji tüketimi kuadratik model grafiği.....	75
Şekil 2.11.	Türkiye alternatif enerji tüketimi üs fonksiyonu model grafiği.....	76
Şekil 2.12.	Türkiye alternatif enerji tüketimi büyüme fonksiyonu model grafiği....	78
Şekil 3.1.	Dünyada ve Türkiye'de toplam enerji tüketim durumu.....	80
Şekil 3.2.	Dünyada ve Türkiye'de alternatif enerji tüketim durumu.....	81
Şekil 3.3.	Dünya toplam ve alternatif enerji tüketim durumu.....	82
Şekil 3.4.	Türkiye toplam ve alternatif enerji tüketim durumu.....	82

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	3
Tablo 1.2. Dünya 2001 yılı itibariyle petrol rezervleri.....	6
Tablo 1.3. Türkiye’de ham petrol ve petrol ürünleri (milyon ton).....	9
Tablo 1.4. 2002 yılsonu itibariyle şirketlere göre Türkiye’deki ham petrol rezervleri .....	10
Tablo 1.5. Yıllara göre kömür üretim değerleri (milyon TEP).....	12
Tablo 1.6. Yıllara göre kömür tüketim değerleri (milyon TEP).....	13
Tablo 1.7. Türkiye taşkömürü üretim-tüketim dengesi (bin ton).....	16
Tablo 1.8. Türkiye linyit üretim-tüketim dengesi (bin ton).....	18
Tablo 1.9. Türkiye asfaltit üretim-tüketim dengesi (bin ton).....	19
Tablo 1.10. Yıllara göre dünya doğal gaz tüketim değerleri (milyon m <sup>3</sup> ).....	21
Tablo 1.11. Yıllara göre dünya doğal gaz üretim değerleri (milyon m <sup>3</sup> ).....	22
Tablo 1.12. Doğal gaz satışlarının sektörel dağılımı (milyon cm <sup>3</sup> ).....	24
Tablo 1.13. Türkiye doğal gaz üretim-tüketim dengesi (milyon m <sup>3</sup> ).....	25
Tablo 1.14. Nükleer güç santrali bulunan belli başlı ülkeler.....	27
Tablo 1.15. Dünya nükleer enerji tüketimi (milyon TEP).....	28
Tablo 1.16. Ülkelerin uranyum rezerv durumu.....	30
Tablo 1.17. Türkiye 2002 yılı itibarıyla uranyum ve toryum rezervi (ton).....	31
Tablo 1.18. Yıllara göre dünya hidrolik enerji tüketim değerleri.....	34
Tablo 1.19. Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı .....	35
Tablo 1.20. Kıtalar itibariyle rüzgar enerjisi kurulu gücü.....	37
Tablo 1.21. Bölgelere göre rüzgar potansiyeli.....	39
Tablo 1.22. Kıtalar itibariyle güneş enerjisi kurulu gücü.....	41
Tablo 1.23. Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli.....	42
Tablo 1.24. Kıtaların biyoenerji hammaddeleri üretim durumu.....	44
Tablo 1.25. Yıllar itibariyle Türkiye’nin odun, tezek ve bitki atıkları durumu (bin ton).....	46
Tablo 1.26. 1998 yılı itibariyle dünya jeotermal enerji durumu.....	47

Tablo 1.27.	2001 yılı itibariyle Türkiye jeotermal enerji durumu.....	48
Tablo 2.1	Analizlerde kullanılan fonksiyon tanımları.....	57
Tablo 2.2.	Dünya enerji tüketim durumu (bin TEP).....	58
Tablo 2.3.	Dünya toplam enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri	59
Tablo 2.4.	Dünya toplam enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları.....	60
Tablo 2.5.	Dünya toplam enerji tüketimi için alınan kuadratik model katsayıları...	61
Tablo 2.6.	Dünya toplam enerji tüketimi için alınan lineer model katsayıları.....	62
Tablo 2.7.	Yıllar itibariyle dünya toplam enerji tüketimi lineer model projeksiyon sonuçları (bin tep).....	63
Tablo 2.8.	Dünya alternatif enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri.....	63
Tablo 2.9.	Dünya alternatif enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları.....	64
Tablo 2.10.	Dünya alternatif enerji tüketimi için alınan kuadratik model katsayıları	65
Tablo 2.11.	Yıllar itibariyle dünya alternatif enerji tüketimi kuadratik model projeksiyon sonuçları (bin tep).....	66
Tablo 2.12.	Dünya alternatif enerji tüketimi için alınan lineer model katsayıları.....	66
Tablo 2.13.	Yıllar itibariyle dünya alternatif enerji tüketimi lineer model projeksiyon sonuçları (bin TEP).....	67
Tablo 2.14.	Türkiye enerji tüketim durumu.....	68
Tablo 2.15.	Türkiye toplam enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri.....	69
Tablo 2.16.	Türkiye toplam enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları.....	70
Tablo 2.17.	Türkiye toplam enerji tüketimi için alınan büyüme fonksiyonu model katsayıları.....	71
Tablo 2.18.	Yıllar itibariyle Türkiye toplam enerji tüketimi büyüme fonksiyonu projeksiyon sonuçları (bin TEP).....	72
Tablo 2.19.	Türkiye alternatif enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri.....	72
Tablo 2.20.	Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları...	73
Tablo 2.21.	Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan kuadratik model katsayıları.....	74
Tablo 2.22.	Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan üs fonksiyonu model katsayıları.....	75
Tablo 2.23.	Yıllar itibariyle Türkiye alternatif enerji tüketimi üs fonksiyonu projeksiyon sonuçları (bin TEP).....	77
Tablo 2.24	Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan büyüme fonksiyonu model katsayıları.....	77

Tablo 2.25. Yıllar itibariyle Türkiye alternatif enerji tüketimi büyüme fonksiyonu projeksiyon sonuçları (bin TEP).....	78
Tablo 3.1. Türkiye ve dünya toplam ve alternatif enerji tahminleri.....	79
Tablo 3.2 Türkiye ve dünya enerji tüketim tahminleri oranları.....	79

## SEMBOLLER DİZİNİ

Ar-ge	: Araştırma Geliştirme
$b_i$	: Denklem Katsayıları
BOTAŞ	: Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EİE	: Elektrik İşleri Etüd İdaresi
F	: Varyans Oran Katsayısı
GWh	: Ciga Watt Saat
IAEA	: Uluslararası Atom Enerji Ajansı
KWh	: KiloWatt Saat
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
M.Ton	: Milyon Ton
MJ/kg	: Mega Joule/Kilogram
MTA	: Maden Tetkik Arama
MW	: Mega Watt
MWe	: Mega Watt Elektrik
MWp	: Mega Watt Güç
MWt	: Mega Watt Isı
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
$R^2$	: Belirlilik Katsayısı
$Sd_i$	: Serbestlik Derecesi
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
t	: Anlamlılık Düzeyi
T.P.A.O	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Petrol Eşdeğeri
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
UAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
$\beta_i$	: Regresyon Denklemi Değişkeninin Katsayısı

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1 Giriş**

Modern Çağ'ın vazgeçilmez bir unsuru olarak hayatımızda önemli bir yer tutan enerji; üretim işlemlerinde kullanılması zorunlu bir girdi olup toplumların refah düzeylerinin belirlenmesinde temel ölçülerden biridir.

Ülkelerin ekonomik, kültürel ve bilimsel seviyeleri onların ürettikleri ve kullandıkları enerji miktarı ile ölçülür. Yaklaşık 6 milyar nüfusa sahip dünyamızda sanayileşmiş ülkelerde yaşayan 1 milyar nüfus kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %60'ını tüketirken, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 5 milyar nüfus sadece %40'ını tüketmektedir. İleri uygarlık düzeyinde olan memleketlerde üretim ve hizmetlerin kalitesi yüksek, miktarı ve çeşidi çoktur. Bu memleketler zengin, mamur ve çevre sorunlarını büyük oranda çözmüşlerdir. Buna göre de teknoloji ve sanatta ileri olmalarıyla bu memleketlerin insanların refah ve hayat seviyesi yüksektir. Tabiatıyla da, geri kalan memleketlerin arzusu, ileri memleketlerin seviyesine erişmektir.

Ekonomik ve toplumsal kalkınmanın en önemli girdilerinden olan enerji, 70'li yıllardan itibaren tüm dünya ülkelerinin gündemini ağırlıklı olarak işgal etmiştir [1]. Dünya enerji sektöründe, önceleri petrol krizinden kaynaklanan arz kısıtlamaları, şimdilerde ise çevresel baskılardan kaynaklanan büyük maliyet artışları söz konusudur. Enerji sektörü artık ülke sınırlarını aşmış, uluslararası boyutları ile irdelenme konumuna girmiştir. Uluslararası organizasyonların enerji sektörü ile ilgili olarak benimsedikleri ve uyguladıkları kararlar, tüm dünya ülkelerini etkilemektedir.

### **1.2. Enerjinin Tanımı ve Sınıflandırılması**

#### **1.2.1 Enerjinin Tanımı**

Enerji, eyleme geçmeyi ve tepki göstermeyi olanaklı kılan güç; belirli bir eyleme yönelik istek, kuvvet, manevi güç; fiziksel bir sistemi ayırt eden, sistemin bütün iç dönüşümleri sırasında aynı değeri koruyan (korunum yasası) ve sistemin etkileşime girdiği diğer sistemleri değişikliğe uğratma yeteneğini ifade eden büyüklük; potansiyeli olan bir

fiziksel sistemin görüngübilimsel kiplerinden her biri; enerji üretiminde yararlanılan doğal kaynakların tümü gibi ansiklopedik tanımlarla ifade edilebilir [2].

Enerji kavramı fiziksel olarak en basit şekilde bir cisim yada cisimler sisteminin iş yapabilme özelliği olarak da tanımlanabilir. Enerji doğada mevcuttur ve fiziksel kurallara göre yoktan var edilemez ve var olan enerji yok edilemez; ancak bir şekilden diğer bir şekile dönüştürülebilir. Buna enerjinin korunumu ilkesi denilmektedir ve enerjiiyi kullanan tüm sistemlerin ana ilkesi de bu olmaktadır. Enerji bir sisteme ilave edildiğinde veya sistemden alındığında sistemin özelliklerinde bir değişiklik meydana getirir. Bir sisteme verilen enerjiiyi enerjinin korunumu ilkesine göre şekilde iş olarak veya diğer bir formda geri alınır. Doğada çeşitli şekillerde bulunan enerji çağdaş ekonomilerdeki konut, sanayi, ulaştırma ve tarım sektörlerinde en önemli girdi haline gelmiş bulunmaktadır.

Enerji ne gösterilebilir ne de tartılabilir. Ancak herkes onun varlığından emindir. Mesela, ısının enerji olduğu bilinir ama bu sadece ısıttığı için değildir. Isı, suyu kaynatır ve oluşan buhar türbinlerini çevirerek elektrik üretebilir. Buradan ısının enerji olduğu görülür. Metalleri bükme normalde zor bir iştir. Fakat iki araba çarpıştığında her türlü metal parçası birbirine girer, çarpışma hız enerjisidir. Bu enerji arabayı parçalayacak güçtedir. Başka bir enerji türü ise depolanmış enerjidir. Kömür enerji deposudur havadaki oksijenle birlikte yanan kömür, suyu kaynatan ve elektrik üreten türbini döndürmeye yarayan ısıyı sağlar.

Buradan enerjinin ısı, hız ve depolanmış enerji olmak üzere üç temel biçimi olduğunu bilmekteyiz. Bu enerjilere bağlantılı olarak iki tip enerji daha vardır. Bunlar kimyasal enerji ve elektrik enerjisidir.

Kimyasal enerji; kömürde kullanılmış bir enerji türüdür. Sadece bir kimyasal tepkime sonucu ortaya çıkar.

Elektrik enerjisi ise daha başka türden bir enerjidir. Bazı kimyasal tepkimeler sonucu açığa çıkan elektronlar bir elektrik akımı oluşturur. Pil, bu yolla üretilen elektriğin bir kaynağıdır. Elektrik ayrıca bir tel kargalın bir mıknatıssal alan içinde döndürülmesi ile de elde edilir.

### **1.2.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması**

Enerji kaynaklarının çeşitli kategorilere göre sınıflandırılması Tablo 1.1'de verilmektedir.





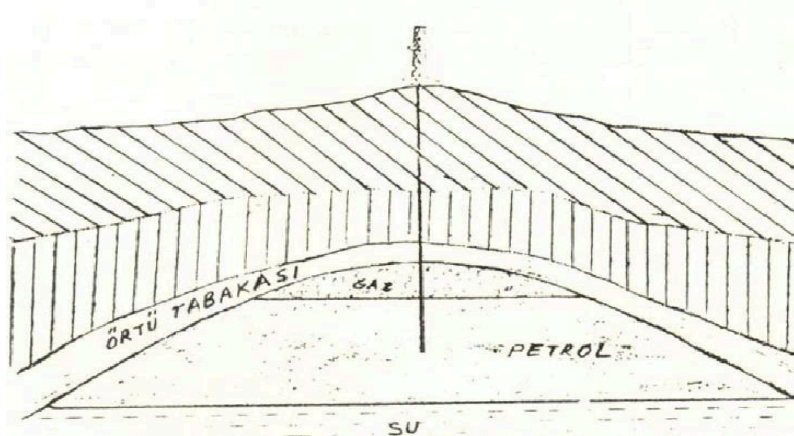
### 1.3. Enerji Kaynaklarının Durumu

#### 1.3.1. Petrol

Petrol taş anlamına gelen petra ile yağ anlamına gelen oleum sözcüklerinin bileşiminden meydana gelmiştir. Petrolün tam olarak belirli bir yapısı yoktur. Bu sebeple, farklı oranlarda hidrokarbon bileşiklerinin bileşiminden oluşan petrol sadece yakıt anlamında benzin, gazyağı, dizel, motor yağı ve fuel oil gibi düşünülmemeli; aynı zamanda yeraltından çıkarılan ham petrol olarak da düşünülmelidir. Hidrokarbon ise, karbon ve hidrojenin uygun bileşimleriyle meydana gelen metan, etan, propan, bütan, v.s gibi kimyasal bileşiklerdir. Bu bileşikler de farklı kimyasal yapılara sahip olduğu için farklı tiplerde petrolün oluşmasına yol açmaktadır.

Günümüzden milyonlarca yıl önce dünyanın büyük kısmını denizler oluşturuyordu. Denizde yaşayan bitki ve hayvanların ölmesi sonucunda deniz dibinde atıklar birikmiş; zamanla bu atıkların üzerine çamur, toprak ve yer katmanlarının gelmesiyle bu atıklar yeraltında kalmışlardır. Yeraltında kalan hayvan ve bitki ölüleri bakterilerin yardımıyla çürüyerek fosilleri oluşturmuştur. Dünya üzerindeki katmanların orojenezle birlikte deniz içerisinden yükselmesi ile karalar oluşmuş ve bu karaların içinde sıkışmış haldeki tortul tabaklar içindeki fosillerin yağ ve gazları, ısı ve basıncın etkisiyle ayrılmıştır. Bu ayrılan yağlardan petrol; kabarcıklar halindeki gazlardan ise doğal gaz elde edilmiştir.

Normal bir petrol rezervuarı Şekil 1.1.'de görülmektedir.



Şekil 1.1. Klasik bir petrol rezervuarı [3].

### 1.3.1.1. Petrolün Dünya Pazarındaki Tarihsel Gelişimi

Petrolden ilk olarak milattan önce Herodotus bahsetmiştir. Milattan önce 450’li yıllarda Yunan adalarında petrol sızıntıları görülmüştür. Bu dönemde ilaç olarak, yalıtım malzemesi olarak ve savaşlarda ateş oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Petrol çıkarımı başta ilkel yöntemlerle yapılmış ve petrolden asfalt ve yağ üretilerek kullanılmıştır. İlk petrol kuyusu 1745’de Fransa’da açılmıştır. İlk petrol ürünlerinin işlenmesi ise 1847’de İskoçya’da yapılmıştır. Petrol üretimi için açılan ilk kuyu ise Amerika Birleşik Devletleri’nin Pennsylvania eyaletinde kurulmuştur.

1970-1980 döneminde, Dünya’daki petrol arzındaki yetersizlikler nedeniyle enerji krizleri yaşanmış, ülkelerin enerji santrallerinin ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde olmaması ve çoğunlukla dışa bağımlı olmasından enerji arz ve talep dengesi bozulmuş, dolayısıyla zorunlu enerji kısıtlamalarına baş vurulmuştur.

1990–91 yıllarındaki bir OPEC üye devleti olan Irak’ın başka bir OPEC üye devleti olan Kuveyt’i işgali sonucu dünya yeni petrol kaynakları aramaya başlamıştır. Bu dönemde eski Sovyetler Birliği’nin dağılmasıyla Hazar çevresi petrol yatakları cazip hale gelmiştir. Günümüzde üzerinde en çok araştırma yapılan bölgelerden biri olan Hazar çevresi petrol yatakları gelişmiş ülkelerin üzerinde uluslararası politikalar geliştirdiği stratejik bir bölge haline gelmiştir [4].

Geçtiğimiz yüzyılın en önemli enerji kaynağı olan petrol, içinde bulunduğumuz 21.yüzyılın da en önemli enerji kaynağı olmaya devam edecektir.

### 1.3.1.2. Dünya Petrol Merkezleri

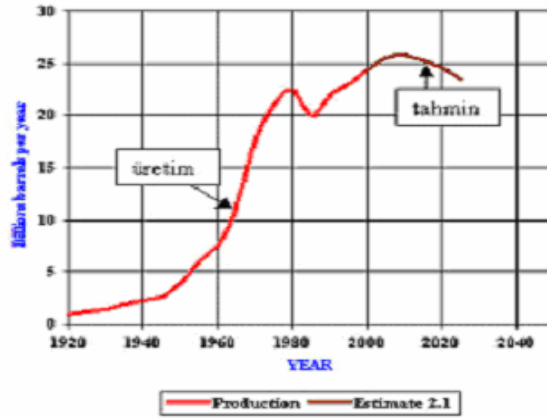
Petrolün üretimi dünyada belli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Buna karşın petrol tüketimi daha çok enerji ihtiyacı fazla olan ülkelerde mevcuttur. Bu ülkeler de genelde petrol üretilen ülke ve bölgelere uzak olduğundan dolayı petrolün elde edilebilmesi için uzun mesafeler taşınması gerekmektedir. Bunun sonucu olarak petrol ticaret yolları Avrupa, ABD ve Uzak Doğu Asya’ ya doğru yoğunlaşmaktadır.

Ortadoğu Bölgesi 685,6 milyar varil ile dünyanın petrol rezervleri olarak en zengin bölgesidir. Ortadoğu Bölgesini 96,0 milyar varil ile Güney Amerika ve 76,6 milyar varil ile Afrika kıtası izlemektedir (Tablo 1.2).

Tablo 1.2. Dünya 2001 yılı itibariyle petrol rezervleri [5].

BÖLGELER	GÖRÜNÜR REZERV		Pay (%)
	(Milyar Varil)	(Milyar Ton)	
Kuzey Amerika	63,9	8,3	6,1
Güney ve Orta Amerika	96	13,7	9,1
Avrupa	18,6	2,6	1,8
Bağımsız Devletler Topluluğu	65,4	9,1	6,2
Orta Doğu	685,6	89,5	65,3
Afrika	76,6	10	7,3
Asya ve Avustralya	43,7	5,9	4,2
Dünya	1049,8	142,9	100,0

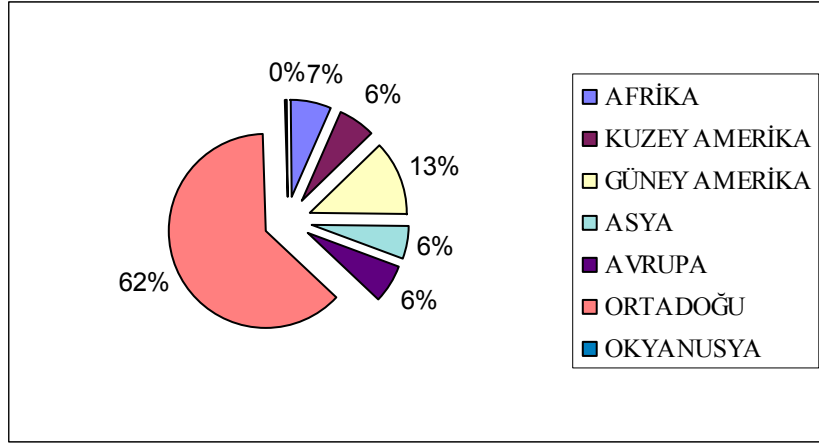
Şekil 1.2'deki yapılan tahminlere göre dünyanın hafif petrol üretimi 2004–2010 yılları arasında en yüksek noktasına ulaşacak ve ondan sonra azalmaya başlayacaktır.



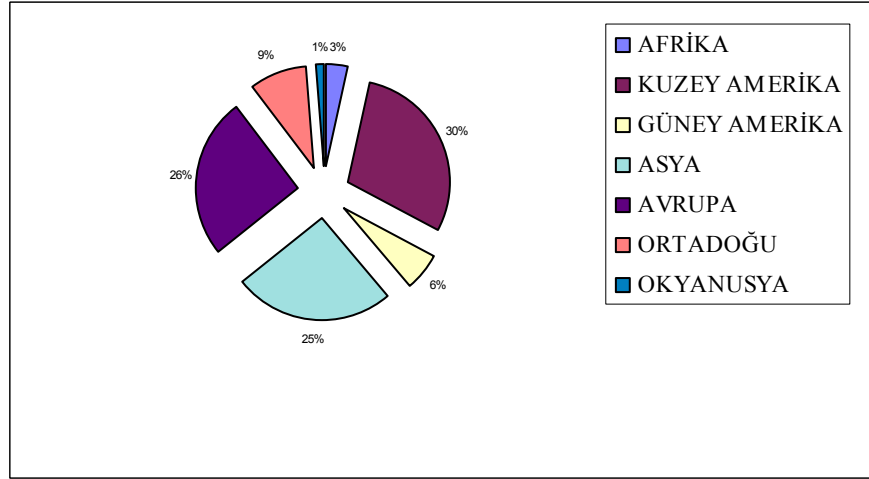
Şekil 1.2. Dünya petrol üretimi ve üretim tahmini [3].

### 1.3.1.3. Dünyada Petrol Durumu

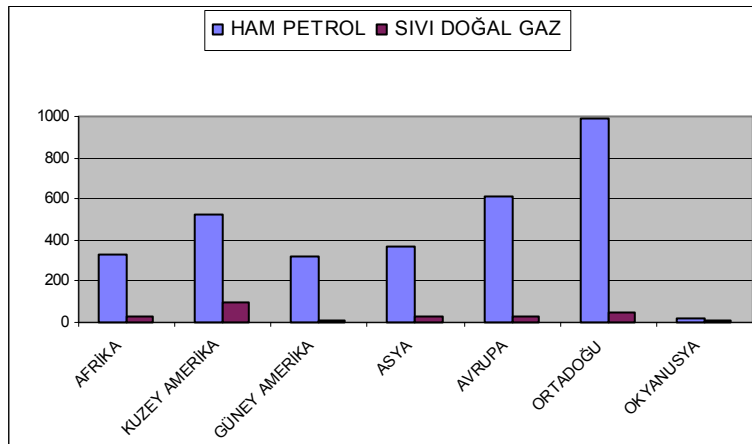
Şekil 1.3, Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'te sırasıyla, kıtaların 1999 yılı ham petrol ve sıvı doğal gaz rezervleri yüzdeleri, kıtaların 1999 yılı ham petrol ve doğal gaz tüketimi yüzdeleri ve kıtaların 1999 yılı ham petrol ve sıvı doğal gaz üretimi (milyon ton cinsinden) grafiksel olarak yer almaktadır. Bu grafikler Worlenergy web sitesinden [6] alınan istatistiksel bilgilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 1.3. Kıtaların 1999 yılı ham petrol ve sıvı doğal gaz rezervleri yüzdeleri



Şekil 1.4. Kıtaların 1999 yılı ham petrol ve doğal gaz tüketimi yüzdeleri



Şekil 1.5. Kıtaların 1999 yılı ham petrol ve doğal gaz üretimi (milyon ton)

Şekil 1.3, Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'teki grafiklerden görüldüğü gibi Ortadoğu Bölgesi ham petrol ve doğal gaz rezervlerinin büyük bir kısmını kapsamaktadır. Buna paralel olarak ham petrol ve doğal gaz üretiminde de Ortadoğu Bölgesi birinci sıradadır. Ancak ham petrol ve doğal gaz tüketimine baktığımızda rezerv ve üretim durumu bakımından gerilerde olan Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika, tüketim bakımından ilk sıralardadır. Bunun temel nedeni bu kıtalarda bulunan gelişmiş ülkelerin enerji ihtiyaçlarının çok yüksek boyutlara ulaşmış olması ve petrolün enerji ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir paya sahip olmasıdır. Ayrıca dünya petrol rezervi ömrü 2001 yılında bir önceki yıla nazaran biraz daha azalarak 40 yıla düşmüştür.

### **1.3.1.4 Türkiye'de Petrolün Durumu**

Uzun yıllardan beri Türkiye'nin enerji ithalatında önemli yer tutan ve gelecekte de bu önemini koruması beklenen kaynak petroldür. Osmanlı döneminden itibaren petrol arama faaliyetlerinde bulunulmuştur. İlk aramalar İskenderun civarında yapılmış ve gaz izlerine rastlanmıştır.

Cumhuriyet dönemiyle beraber petrol arama faaliyetlerini devlet eliyle yürütülmesi kararlaştırılmış ve ilk önemli arama faaliyeti 1934–36 yılları arasında Midyat'ta yapılmıştır.

1935 yılında MTA (Maden Tetkik Arama) kurulmuş ve petrol arama faaliyetlerini bu kurum üstlenmiştir. Petrol arama faaliyetleri ise Güneydoğu Anadolu, İskenderun, Adana, Van ve Trakya'da jeolojik ve jeofizik etütler ve sondaj faaliyetleri ile sürdürülmüştür.

1940 yılında Batman'da petrole rastlanmış ve 1945 yılında ise ilk defa ticari anlamda çıkarılabilecek petrole ulaşılmıştır. 1951 yılında da Garzan'da petrol bulunmuş ve buralarda rafineriler kurulmuştur.

1954 yılında petrol aranmasına ve işletilmesine yerli ve yabancı özel sermayenin girmesine olanak tanınmıştır. Aynı tarihte Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı kurulmuş ve MTA petrole ilgili faaliyetlerini bu kuruma devretmiştir. Türkiye'de 1954–1997 döneminde 188 şirket, petrol arama ve işletme faaliyetinde bulunmuştur. 1997 yılında arama ve işletme faaliyetinde bulunan şirket sayısı 25'dir. Bu şirketlerin 21'i yabancı, 4'ü yerlidir.

1998 yılına göre 2004 yılında petrol üretiminin azalmış olması bir sorundur. 1998 yılı yerli ham petrol üretimi 3223622 milyon ton değerinden %59 azalarak 2004 yılında 1320244 milyon ton değerine, ham petrol ithalatı ise 23735420 milyon ton değerinden %40 azalarak 14234854 milyon ton'a düşmüştür. Tablo 2'den de görüleceği gibi 1998 yılından itibaren 2004 yılına kadar her yıl yerli ham petrol üretiminde bir düşüş meydana gelmiştir. Ham petrol ithalatında ise 1998 yılına göre meydana gelen düşüşler 2003 yılında 1998 yılı petrol ithalatının geçilmesiyle son bulmuştur. Yani 2003 yılında 1998 yılına göre ham petrol ithalatında bir artış gözlemlense de 2003 yılından bir sonraki yıl %41 gibi ciddi bir düşüş meydana gelmiştir [7].

Türkiye'nin petrol ürünleri ithalatı ve ihracatında yıllar arasında düşüş ve artışın çok değişken olduğu Tablo 1.3'den açıkça görülmektedir. Bir yıl ithalatta ve ihracatta artış olurken diğer yıl azalış olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin petrol gideri 1998 yılında 2,6 milyar dolar iken 2000 yılında 6,5 milyar dolara yükselmiş ama 2001 yılında 4,9 milyar dolara düşmüş, 2003 yılında 6 milyar dolara yükselmiş ve 2004 yılında da 4,4 milyar dolara düşmüştür.

Tablo 1.3. Türkiye ham petrol ve petrol ürünleri (milyon ton) [8].

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Yerli Ham Petrol Üretimi</b>	3223622	2939896	2749105	2551467	2441534	2375044	1320244
<b>H. Petrol İthalatı</b>	23735420	22983699	21671150	23242875	23661811	24096407	14234854
<b>Rafinerilerde İşlenen Ham Petrol</b>	<b>Yerli</b>	3333974	3081357	2702312	2653581	2403759	2277995
	<b>İthal</b>	23799614	23081341	21502240	23207953	23715460	24210037
	<b>TOPLAM</b>	27133588	26162698	24204552	25861534	26119221	26488032
<b>Rafinerilerde Elde Edilen Ürün</b>	26654816	25413110	23646710	25314406	25345335	25788867	14959313
<b>Petrol Ürünleri Sivil Tüketimi</b>	27874283	27618372	29889979	28630104	29334226	29474396	17621369
<b>Akaryakıt Şirketleri Satışları</b>	17961192	17543302	18235693	16920995	16944166	16464685	9430324
<b>Petrol Ürünleri İthalatı</b>	5022724	5585111	8622152	5791746	7534685	8177540	5294436
<b>Petrol Ürünleri İhracatı</b>	2326765	2751993	1550983	2569763	3029979	3589198	2271053
<b>Petrol Gideri (Milyar Dolar)</b>	2,6	3,6	6,5	4,9	5,1	6	4,4

Tablo 1.4. 2002 yılsonu itibarıyla şirketlere göre Türkiye'deki ham petrol rezervleri [9].

Şirketler	Rezervuardaki Petrol		Üretililebilir Petrol		Kümülatif Üretim		Kalan Üretililebilir Petrol	
	Varil	M.Ton	Varil	M.Ton	Varil	M.Ton	Varil	M.Ton
T.P.A.O.	4518743064	682811787	601387271	88685983	429502135	62725438	171885136	25960545
N.V.Turkse Perenco	1293990319	175736195	357888819	48511316	286118665	39026114	71770154	9485202
Petroleum E.M.I. + Dorchester	539000000	73087198	94000000	12746190	79703499	10807530	14296501	1938660
Madison Oil Turkey Inc.+ T.P.A.O.	49611000	6967064	17170000	2411250	14827004	2083637	2342996	327613
N.V.Turkse Perenco + T.P.A.O.	33260000	4623961	13359512	1796253	9537939	1297073	3821573	499180
Ersan + Aladdin + Trans Med.	39000000	6156710	5850000	923506	4618156	754660	1231844	168846
Ersan + Aladdin M.E.	18201592	2419986	3201592	425689	2719745	358951	481847	66738
Aladdin + Madison (Turkey) Inc.	14400000	2093973	4320000	628192	1441776	209961	2878224	418231
Aladdin+Trans Med.	2600719	362267	530719	73933	21638	3057	509081	70876
Amity Oil+T.P.A.O.	717120	81537	501980	57076	11988	1363	489992	55713
<b>Toplam</b>	<b>6509529018</b>	<b>954341352</b>	<b>1098209893</b>	<b>156260062</b>	<b>828507749</b>	<b>117268458</b>	<b>269707348</b>	<b>38991604</b>



Tablo 1.4 'de Türkiye'nin 2002 yılsonu itibariyle petrol arama şirketlerine göre sahip olduğu ham petrol rezerv miktarları verilmiştir. Buna göre, Türkiye'nin 2002 yılı itibariyle toplam kalan üretilebilir ham petrol rezervi 38 991 604 milyon ton kadardır.

### **1.3.2. Kömür**

#### **1.3.2.1. Kömürün Dünyada Bulunuşu**

Kömürün ilk olarak Çinliler tarafından Milattan Önce bulunduğu sanılmaktadır. Marco Polo Çin'i ziyaretinde kömürü görmüş ve gördüğü en ilginç şey olduğunu söylemiştir. Kömürün varlığını kanıtlayan ilk belgeler 12.yüzyıla aittir. Daha sonra 18.yüzyılın ikinci yarısında kömür yoğun olarak dünyada kullanılmaya başlanmıştır.

#### **1.3.2.2. Kömürün Önemi ve Esasları**

Kömür hem rezerv ömrü olarak diğer tükenbilir enerji kaynaklarına göre daha uzun ömre sahip olduğundan hem de bulunuş ve yayılış itibariyle dünyada 100'ü aşkın ülkede çıkarıldığından dolayı Dünya için vazgeçilmez bir enerji kaynağıdır ve bu önemini sürdürecektir. Ancak kömür ardında bıraktığı yoğun kirlilik, üretim, hazırlama, nakliyat ve tüketim safhalarındaki zorluklar ve kömür tiplerinin yanmasındaki verimsizlikler gibi nedenlerden dolayı dünyayı kömür üzerine çeşitli modernizasyon faaliyetleri yapmaya itmiş; temiz kömür ve üretimden tüketime kadar ki faaliyetlerde gelişmeleri meydana çıkarmıştır.

Yapılan uzun vadeli planlamalarda elde edilecek kömürün ekonomik ve kömür üretim çalışmalarının güvenli olması dikkat edilmesi gereken konulardır. Zira dünyada gelişmiş gelişmemiş bir çok ülkede çıkarılacak kömürün uluslar arası fiyatlara göre elde edilecek getirisi, madenin işletilmesi için harcanan maliyetleri geçmektedir. Bu yüzden bir çok kömür işletmesi kapatılmış veya kömür olduğu tespit edilen bir çok yataktan kömür çok ileri teknolojiler kullanılmasına rağmen rantabl olmayacağı gerekçesiyle çıkarılmamıştır.

### 1.3.2.3. Dünya Kömür Üretimi ve Tüketimi

2001 yılında dünya kömür üretimi bir önceki yıla göre %5,34 artmıştır. Bölgeler itibariyle de, Kuzey Amerika, Güney ve Orta Amerika, eski SSCB ve Asya Pasifik bölgelerinde bir önceki yıla göre artışlar olduğu gözlenmektedir. Üretimin yaklaşık %45 'i Asya Pasifik'te gerçekleşmiş, bunu %28,2 pay ile Kuzey Amerika izlemiştir. Tablo 1.5'te yıllara ve bölgelere göre dünya kömür üretim miktarları milyon ton petrol eşdeğeri (TEP) cinsinden verilmiştir.

Tablo 1.5'teki veriler incelendiğinde, 1988–2001 yılları arasında dünya kömür üretimindeki artışın %0.13 olduğu görülmektedir. Tablo 1.6'da ise yıllara ve bölgelere göre dünya kömür tüketim değerleri milyon TEP cinsinden verilmiştir. Bu tabloda da, 1988–2001 yılları arasında dünya kömür tüketiminde %0,58 'lik bir artış olduğu görülmektedir. Ayrıca 2001 yılında kömür rezervlerinin kullanılabilme süresi 216 yıl olmuştur .

Tablo 1.5. Yıllara göre dünya kömür üretim değerleri (milyon TEP)[10].

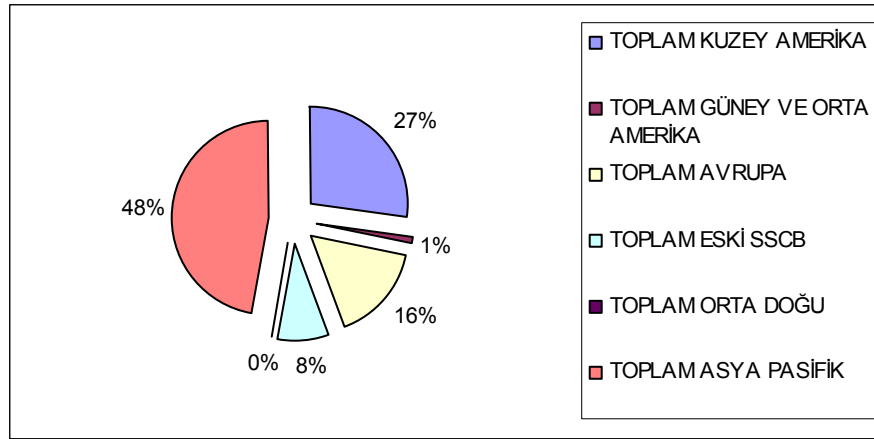
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>TOPLAM KUZAY AMERİKA</b>	561	577	603	583	578	547	596	596	613	628	644	624	608	634
<b>TOPLAM G. VE ORTA AMERİKA</b>	18	22	21	20	20	20	21	23	25	28	27	29	33	36
<b>TOPLAM AVRUPA</b>	459	445	402	354	335	312	288	290	286	280	254	238	231	231
<b>TOPLAM ESKİ SSCB</b>	365	351	332	295	284	254	225	206	194	187	181	186	198	206
<b>TOPLAM ORTA DOĞU</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>TOPLAM AFRİKA</b>	101	98	98	107	105	108	116	122	122	129	132	130	131	131
<b>TOPLAM ASYA PASİFİK</b>	741	796	815	856	889	921	965	1016	1079	1073	1032	944	933	1011
<b>TOPLAM DÜNYA</b>	<b>2246</b>	<b>2289</b>	<b>2272</b>	<b>2215</b>	<b>2213</b>	<b>2161</b>	<b>2213</b>	<b>2253</b>	<b>2320</b>	<b>2326</b>	<b>2271</b>	<b>2151</b>	<b>2135</b>	<b>2249</b>

Tablo 1.6. Yıllara göre dünya kömür tüketim değerleri (milyon TEP) [10].

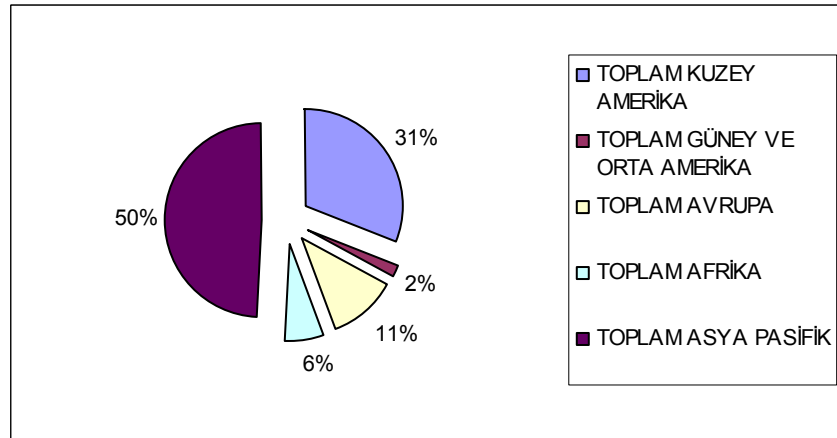
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>TOPLAM KUZEY AMERİKA</b>	509	508	509	507	513	526	531	535	560	574	580	580	600	591
<b>TOPLAM G. VE ORTA AMERİKA</b>	16	17	17	17	17	18	18	18	19	19	19	19	21	22
<b>TOPLAM AVRUPA</b>	529	527	485	453	424	398	387	383	381	366	360	339	348	344
<b>TOPLAM ESKİ SSCB</b>	327	313	308	278	266	239	212	193	179	175	166	170	174	180
<b>TOPLAM ORTA DOĞU</b>	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8
<b>TOPLAM AFRİKA</b>	81	77	80	77	75	78	82	85	90	93	92	90	89	89
<b>TOPLAM ASYA PASİFİK</b>	777	828	843	881	906	937	985	1035	1101	1088	1057	958	976	1021
<b>TOPLAM DÜNYA</b>	<b>2242</b>	<b>2272</b>	<b>2245</b>	<b>2218</b>	<b>2203</b>	<b>2200</b>	<b>2220</b>	<b>2254</b>	<b>2335</b>	<b>2322</b>	<b>2279</b>	<b>2163</b>	<b>2216</b>	<b>2255</b>

Şekil 1.6 ve Şekil 1.7’de görüldüğü gibi Pasifik Asya ülkelerinin kömür tüketimi ve üretimi diğer ülkelere nazaran daha fazladır. 2001 verileri baz alındığında kıtalar arasında kömür tüketiminde %48 pay, üretiminde %50 pay ile Pasifik Asya ülkeleri en üst konumdadır. Kuzey Amerika ülkeleri ise kömür tüketiminde %27 pay, üretiminde %30 pay ile Pasifik Asya ülkelerini izlemektedir. Hem kömür üretiminin yoğun olması, hem de ekonomik durumlarının daha verimli kaynaklar olan petrol ve doğalgaz ithalatına müsait olmaması kömürü, Pasifik Asya ülkelerinde enerji elde etmek için kullanılan en önemli hammadde haline getirmiştir.

Bunun yanında, Kuzey Amerika’daki kömür tüketiminin fazla olması Amerika Birleşik Devletleri’nin yoğun enerji ihtiyacından (her ne kadar kömür verimsiz ve çevreye en fazla zarar veren enerji kaynağı da olsa) kaynaklanmaktadır.



Şekil 1.6.. Kıtaların 2001 yılı kömür tüketim yüzdeleri



Şekil 1.7. Kıtaların 2001 yılı kömür üretim yüzdeleri

#### 1.3.2.4. Kömürün Türkiye'deki Tarihçesi

Türkiye'de kömürünün tam olarak ilk nerede ve ne zaman bulunduğu kesin olarak bilinmemektedir. Buna karşın 1.Dünya Savaşı esnasında ihtiyaç doğrultusunda Soma ve Anadolu'nun çeşitli yerlerinden linyit kömürü alınmış ve buralarda işletmeler açılmıştır.

Cumhuriyet kurulmasından sonra çeşitli bölgelerde ilkel yöntemlerle özel sektör tarafından kömür aranmış ve az miktarda çıkarılmıştır. Asıl arama faaliyetleri ise 1935 yılında kurulan MTA tarafından yapılmıştır.

1938 ve 1939 yıllarında Etibank tarafından Kütahya-Emet yakınında Değirmisaz yatağından, Tavşanlı yakınlarındaki Tunçbilek yatağından ve Manisa-Soma yatağından linyit üretmeye başlanılmıştır.

1970-1990 yılları arasında kömür Türkiye'deki altın çağını yaşamıştır. Bu dönemde Türkiye'de kullanılan kömür yataklarının tamamına yakını bulunmuş ve aynı dönemde değişik kömür politikaları geliştirilerek kömür üzerine büyük yatırım hamleleri yapılmıştır.

1975-1990 döneminde yapılan arama çalışmaları sonucunda ülkenin linyit rezervi 9,356 milyar tona çıkmış ve 2002 yılına kadar termik santral, ısınma ve sanayi sektörünün talebini karşılayabilmek için 1096 milyar tonu tüketilmiştir. 2002 yılı başı itibariyle kalan 8,3 milyar ton linyit rezervinin % 30'u TKİ, % 46'sı TEAŞ, % 249 özel sektör ruhsatlarında bulunmaktadır [8].

### **1.3.2.5. Kömürün Türkiye'deki Durumu**

#### **1.3.2.5.1. Taşkömürü**

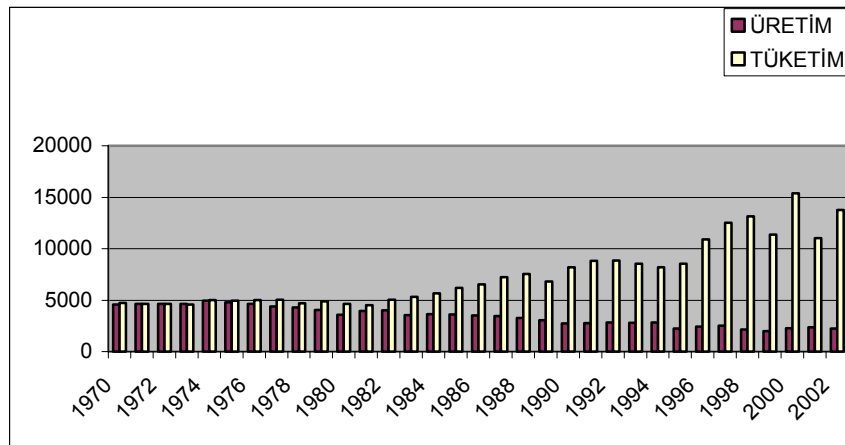
Günümüzde dünyanın en önemli stratejik unsuru olan enerji büyük ölçüde birincil enerji kaynaklarına dayanmaktadır. Birincil enerji kaynakları arasında yaygınlığı, bulunuş yerleri ve rezerv ömrü bakımında kömür önde gelmektedir. Bunların yanında kömür yerli bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle kömür israf edilmeden verimli bir şekilde kullanılmalı, oluşabilecek çevresel etkiler göz ardı edilmeden planlamalar yapılmalıdır.

Türkiye'deki taşkömürünün tamamı yeraltı işletmeciliği şeklinde Türkiye Taşkömürü Kurumu tarafından Zonguldak taşkömürü havzasından elde edilmektedir. Türkiye'de özellikle demir-çelik sektörü ve termik santrallerde kullanılan taşkömürünün geniş bir kullanım sahası vardır. Bu yüzden Türkiye taşkömürü sektöründe tüketimi karşılayacak üretimin yetersizliği hem üretim hem de yatırımlar bakımından sektörü darboğaza sokmaktadır.

Tablo 1.7'de Türkiye'nin taşkömürü üretimi, tüketimi, ithalat ve ihracat miktarları yıllar itibariyle verilmiştir. Şekil 1.8'de ise, Türkiye'nin yıllara göre taşkömürü üretim-tüketim durumu (dengesi) grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 1.7. Türkiye taşkömürü üretim-tüketim dengesi (bin ton) [10].

YILLAR	ÜRETİM	İTHALAT	İHRACAT	STOK DEĞİŞİMİ	TÜKETİM
1970	4573		274	428	4727
1971	4639		14	26	4651
1972	4641			-3	4638
1973	4642	16		-63	4595
1974	4965	160		-94	5031
1975	4813	201		-55	4959
1976	4632	312	1	62	5005
1977	4405	674	1	-21	5057
1978	4295	537		-136	4696
1979	4051	826	2	23	4898
1980	3598	945	2	89	4630
1981	3970	650	2	-96	4522
1982	4008	1106	3	-67	5044
1983	3539	1670		127	5336
1984	3632	1982		64	5678
1985	3605	2662	1	-77	6189
1986	3526	2998	2	23	6545
1987	3461	3917		-158	7220
1988	3256	4503		-234	7525
1989	3038	3615	2	174	6825
1990	2745	5557		-111	8191
1991	2762	6083		-21	8824
1992	2830	5414		597	8841
1993	2789	5640		116	8545
1994	2839	5463		-110	8192
1995	2248	5941		359	8548
1996	2441	8272		179	10892
1997	2513	9874		150	12537
1998	2156	10361		629	13146
1999	1990	8864		508	11362
2000	2259	12990		144	15393
2001	2357	8028		654	11039
2002	2245	11693		-182	13756



Şekil 1.8. Yıllara göre taşkömürü üretim-tüketim durumu (bin ton)

Tablo 1.7 ve Şekil 1.8’de görüldüğü gibi, 1970’li yıllarda taşkömürüne fazla ihtiyaç duymayan Türkiye seksenli yıllardan itibaren artan taşkömürü ihtiyacını karşılayabilmek için dışardan kömür almaya başlamıştır. 1985–1990 yılları arasında yaklaşık üretimini iki katı tüketim yapan Türkiye daha sonra artan talebe cevap verebilmek ve düşen üretimi karşılayabilmek amacıyla taşkömürü ithalatını artırmıştır.

### **1.3.2.5.2. Linyit**

Ağırlıklı olarak teshin, sanayi ve santrallerde kullanılan linyit kömürünün üretimi hem özel sektör tarafından hem de devlet eliyle yapılmaktadır. Üretilen linyitin kaliteli olanı ısınma amaçlı olarak konutlarda tüketilirken düşük kalitedeki linyit termik santrallerde elektrik üretimi maksadıyla tüketilmektedir. Toplam linyit üretiminin %70’i termik santrallerde kullanılmaktadır. Bu da üretilen linyitin büyük bir kısmının düşük kalitede olduğunu göstermektedir.

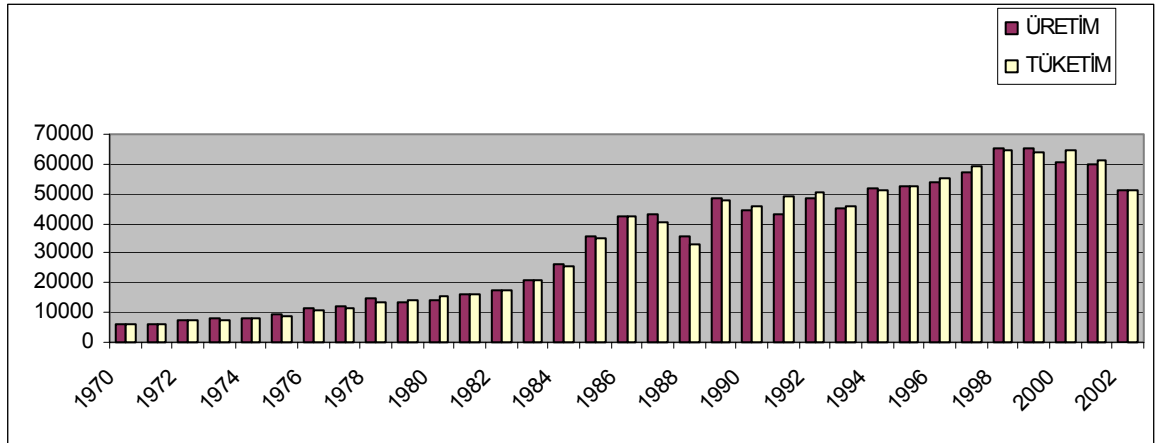
Türkiye’de üretilen elektrik enerjisinin %60’ı termik santrallerden elde edilmektedir. Termik santrallerde de toplam üretimin %70’i kullanıldığı düşünüldüğünde elektrik enerjisi sektöründe linyitin çok önemli bir yer işgal ettiği görülmektedir. Türkiye’de artan elektrik enerjisine paralel olarak elektrik enerjisi üretimi yükselecek; dolayısıyla termik santral kullanım kapasiteleri ve linyit üretimi artırılacaktır.

Linyit, Türkiye’nin kendi topraklarından elde ettiği bir kaynak olduğundan, üretimi kadar tüketildiğinden ve dışarıya fazla ithal edilmediğinden dolayı genelde üretim ve tüketimi ile aynı seviyede olmaktadır.

Türkiye’nin yıllara göre linyit üretim-tüketim durumu Tablo 1.8’de, grafiksel olarak değişimi ise Şekil 1.9’da verilmiştir.

Tablo 1.8. Türkiye linyit üretim-tüketim dengesi (bin ton) [10].

YILLAR	ÜRETİM	İTHALAT	İHRACAT	STOK DEĞİŞİMİ	TÜKETİM
1970	5782			-10	5772
1971	6222			154	6376
1972	7342			13	7355
1973	7754			-112	7642
1974	8354			-166	8188
1975	9150			-177	8973
1976	11146		50	-98	10998
1977	12176			-501	11675
1978	15122		245	-1642	13235
1979	13127		131	886	13882
1980	14469		197	971	15243
1981	16476			-297	16179
1982	17804			-88	17716
1983	20956			-293	20663
1984	26115			-483	25632
1985	35869			-1091	34767
1986	42284			231	42354
1987	42896			-2243	40653
1988	35338			-2258	33080
1989	48762			-1205	47557
1990	44407	15		1469	45891
1991	43207	185		5459	48851
1992	48388	14		2257	50659
1993	45286			401	45687
1994	51533	6		-361	51178
1995	52758	10		-481	52287
1996	53889			1073	54962
1997	57387	123		1964	59474
1998	65204	23		-723	64504
1999	65019	9		-979	64049
2000	60854	11		3519	64384
2001	59572	11		1427	61010
2002	51048			398	51446



Şekil 1.9. Yıllara göre linyit üretim-tüketim durumu (bin ton)



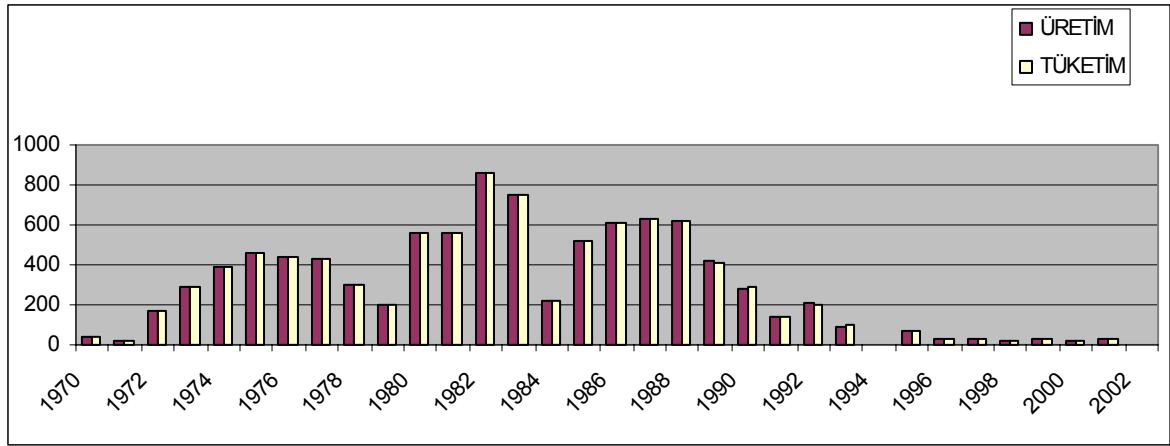
### 1.3.2.5.3. Asfaltit

Katı yakıt olarak kullanılan asfaltit, sentetik petrol üretiminin de ham maddesini teşkil etmektedir. Buna rağmen üretilen asfaltitin büyük bir kısmı Doğu Anadolu Bölgesi'nde ısınma amaçlı olarak konutlarda kullanılmaktadır.

Türkiye'nin yıllara göre asfaltit üretim-tüketim durumu Tablo 1.9'da, grafiksel olarak değişimi ise Şekil 1.10'da verilmiştir.

Tablo 1.9. Türkiye asfaltit üretim-tüketim dengesi (bin ton) [10].

YILLAR	ÜRETİM	STOKDEĞİŞİMİ	TÜKETİM
1970	36		36
1971	23		23
1972	168		168
1973	289	1	290
1974	394		394
1975	456		456
1976	443		443
1977	434		434
1978	297		297
1979	203		203
1980	558		558
1981	560		560
1982	860	1	860
1983	750		750
1984	225		225
1985	523		523
1986	607		607
1987	631		631
1988	624		624
1989	416	-7	409
1990	276	11	287
1991	139		139
1992	213	-16	197
1993	86	16	102
1994			0
1995	67	-1	66
1996	34		34
1997	29		29
1998	23		23
1999	29		29
2000	22		22
2001	31		31
2002	5		5



Şekil 1.10. Yıllara göre asfaltit üretim-tüketim durumu (bin ton)

Tablo 1.9 ve Şekil 1.10 incelendiğinde, asfaltitin üretim-tüketim periyodunda genelde üretim ve tüketimin paralellik gösterdiğini ve üretim miktarı kadar tüketildiği görülmektedir. 1975–1990 yılları arasında bol miktarda üretilip tüketilen asfaltitin doksanlı yıllarda üretim ve tüketimi hızla azalmıştır.

### 1.3.3. Doğal Gaz

Günümüzde doğal gaz birçok yönüyle tercih edilen bir enerji kaynağı olmuştur. Diğer fosil enerji kaynaklarına göre nispeten temiz ve verimli bir enerji kaynağı olmasından dolayı birçok sektörde kullanılan doğal gaz özellikle sanayi ve konut sektöründe çok yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Pek çok yönden avantajları belirlenen doğal gaza giderek artan bir talep oluşmuş ve en güncel enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir.

#### 1.3.3.1. Doğal Gazın Tarihçesi

Yetmişli yıllardaki baş gösteren petrol krizinden sonra enerji ihtiyacını karşılayabilmek için bütün dünya arayış içine girmiş bunun sonucu olarak ta 1973 yılından itibaren doğal gaz petrole alternatif olarak bulunmuş ve kullanılmıştır. Pek çok ülke enerji ihtiyacını petrole karşılayamayınca doğal gaza yönelmiş ve bu yönde ciddi yatırımlar yapılmıştır. Belli bir süre sonra ilgi odağı haline gelen doğal gaz sanayide kullanımı kolay olan bir enerji kaynağı olarak göz önüne çıkmıştır. Özellikle sanayideki artan ihtiyacı

karşılmak üzere nakliyatına önem verilmiştir. Bunun sonucunda de uluslararası ticarete önem arz eden bir hammadde haline gelmiştir.

Başta doğal gazın elektrik enerjisi elde edilmesine tepkiler oluşmuş ve bu sahada kullanılmasına kısıtlamalar getirilmiştir. Çevreye olan etkisinin termik santrallere göre az oluşu, yatırım maliyetlerinin diğer santrallere göre az oluşu ve işletim kolaylıklarından ötürü kısıtlamalar seksenli yıllarda kaldırılmıştır. Kısıtlamaların kaldırılmasıyla bu sahada ilerlemeler ve teknolojik gelişmeler ortaya çıkmıştır.

### 1.3.3.2. Doğal Gazın Dünyadaki Durumu

Tablo 1.10'da yıllara ve bölgelere göre dünya doğal gaz tüketim miktarları milyon m<sup>3</sup> cinsinden verilmiştir. Bu tabloda, 1990–2001 yılları arasında dünya doğal gaz tüketimindeki artışın %22,2 olduğu görülmektedir. 2001 yılında ise bir önceki yıla göre dünya doğal gaz tüketimi %0,33 artmıştır. Bölgeler itibariyle de, Kuzey Amerika haricindeki bütün bölgelerde küçük de olsa doğal gaz tüketiminde bir artış olduğu gözlenmektedir. Tablo 1.11'de ise yıllara ve bölgelere göre dünya doğal gaz üretim değerleri milyon m<sup>3</sup> cinsinden verilmiştir. Bu tabloda da, 1990–2001 yılları arasında dünya doğal gaz üretiminde %23,8 'lik bir artış olduğu görülmektedir. 2001 yılı baz alındığında üretimin yaklaşık %32 'i Kuzey Amerika'da gerçekleşmiş, bunu %27 pay ile eski SSCB Ülkeleri izlemiştir.

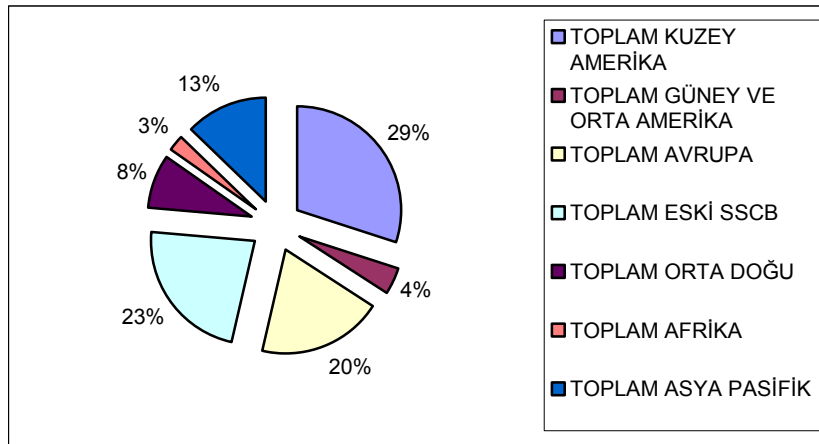
Tablo 1.10. Yıllara göre dünya doğal gaz tüketim değerleri (milyon m<sup>3</sup>) [10].

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>K. AMERİKA</b>	629,9	639,7	658,2	679,8	696,3	721,2	737	737,4	719	728,2	759,5	722,5
<b>GÜNEY VE ORTA AMERİKA</b>	58,6	60,5	60,9	64,5	67,2	73,1	78,9	83,2	88,8	87,5	92,9	97
<b>AVRUPA</b>	330,2	339,3	336,8	353,7	354,7	380,9	422,8	416,1	429,1	444,5	458,8	470,1
<b>ESKİ SSCB</b>	662,7	665,7	628,2	609	567	546,9	554	519,1	529,8	533,9	547	548,5
<b>ORTA DOĞU</b>	94,5	98	110,6	119	130,7	141,8	150,8	164,9	173,8	181,5	192,7	201,5
<b>AFRİKA</b>	33,4	35,2	37,4	39,9	41,9	44,8	47	46,2	47,8	50,1	55,5	60,2
<b>ASYA PASİFİK</b>	158,2	168,8	178,7	188,5	205,7	217,4	236,1	246,6	253	273	290,8	305,1
<b>DÜNYA</b>	1968	2007	2011	2054	2064	2126	2227	2214	2241	2299	2397	2405

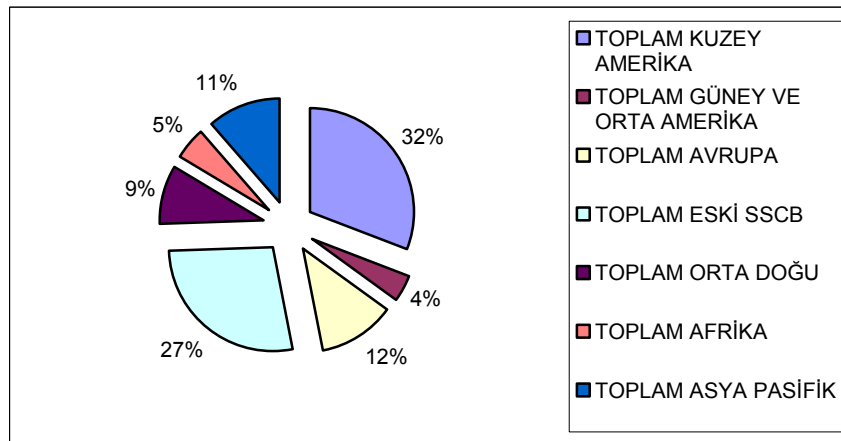
Tablo 1.11. Yıllara göre dünya doğal gaz üretim değerleri (milyon m<sup>3</sup>) [10].

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>K. AMERİKA</b>	640,3	643,7	658,4	673,7	706,4	711,2	727	733,1	746,3	742,3	749,8	762,1
<b>GÜNEY VE ORTA AMERİKA</b>	58,4	60,5	60,9	64,5	67,4	73,2	79,1	83,2	88,7	89,4	96,5	100,1
<b>AVRUPA</b>	216,9	226,1	227	238,3	240,2	247,6	279,3	275,5	274,5	281	289,1	292,5
<b>ESKİ SSCB</b>	760,4	756,3	728,6	710,2	671,3	659,9	669,1	627,4	644,6	656,4	674,6	677,3
<b>ORTA DOĞU</b>	98,2	104,4	114,1	122,9	134,8	148,9	158	175,5	184,1	195,3	213,6	228
<b>AFRİKA</b>	66,5	71,9	75,2	79,5	75,3	83,3	89,2	99,4	104,7	117,6	124,5	124
<b>ASYA PASİFİK</b>	149,9	163,9	175,2	184,4	200,3	212	228,3	238,9	241,2	257,3	273,7	280
<b>DÜNYA</b>	1991	2027	2039	2074	2096	2136	2230	2233	2284	2339	2422	2464

Bölgelere göre 2001 yılı doğal gaz tüketim yüzdeleri Şekil 1.11 'de, bölgelere göre 2001 yılı doğal gaz üretim yüzdeleri ise Şekil 1.12'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Kıtaların 2001 yılı doğal gaz tüketim yüzdeleri



Şekil 1.12. Kıtaların 2001 yılı doğal gaz üretim yüzdeleri

Şekil 1.11-1.12 ve Tablo 1.10-1.11’de görüldüğü gibi daha çok üretildikleri yerlerde tüketilen doğal gaz ilerleyen yıllarda enerjiye çok fazla ihtiyaç duyan gelişmiş ülkelerde tüketimi hızla artacaktır. Örneğin üretimde pek fazla payı bulunmayan Avrupa tüketiminde ön sıralardadır. Önümüzdeki yıllarda Hazar civarındaki doğal gazı ülkelere alabilmek için büyük yatırımlar yapan ve bu işler için ciddi sermayeler ayıran Avrupa ilerleyen yıllarda doğalgaz tüketiminde ilk sıraya gelebilir. Ayrıca dünya doğal gaz rezervlerinin kullanılabilme süresi 2001 yılı itibari ile 62 yıla ulaşmıştır [1].

### **1.3.3.3. Doğal Gazın Türkiye’deki Tarihçesi**

Türkiye’de doğal gaz kullanımı 1976 yılında başlamıştır. Önceleri Trakya bölgesinde kısıtlı olarak çıkarılan doğal gaz yine bu bölgede yerel enerji ihtiyacını karşılamak için kısmi olarak kullanılmıştır.

1987 yılına kadarki dönemde Türkiye’nin enerji tüketimi içindeki payı ihmal edilebilir düzeyde olan doğal gaz dünyadaki gelişmeler doğrultusunda bu yıldan sonra gerekli önem verilerek ve politikalar oluşturularak tüketimi artırılmıştır. Üretimi yeterli olmayan doğal gaz 1987 yılından itibaren yurt dışından ithal edilmeye başlanmıştır.

### **1.2.3.4. BOTAŞ’ın Doğal Gaz Faaliyetleri**

#### **1.2.3.4.1. Doğal Gaz Ticareti**

2003 yılı sonu itibariyle Rusya Federasyonu'ndan 5.083 Milyon m<sup>3</sup>, yine Rusya Federasyonu'ndan TURUSGAZ aracılığı ile 6.338 Milyon m<sup>3</sup> ve Mavi Akım kapsamında, 1.252 Milyon m<sup>3</sup>, Nijerya'dan 1.126 Milyon m<sup>3</sup> ve Cezayir'den 3.860 Milyon m<sup>3</sup>, doğal gaz eşdeğeri LNG ve İran'dan 3.520 Milyon m<sup>3</sup> olmak üzere, toplam 21.179 Milyon m<sup>3</sup> gaz ithal edilmiş olup, doğal gaz satış miktarı 20.938 Milyon m<sup>3</sup> olmuştur. Satışların sektörel dağılımı Tablo 1.12’de verilmektedir [11].

Tablo 1.12. Doğal gaz satışlarının sektörel dağılımı (milyon cm<sup>3</sup>) [11].

Elektrik	13513
Gübre	469
Sanayi	3013
Konut	3944
Toplam	20939

#### 1.3.3.4.2. BOTAŞ'ın Doğal Gaz Projeleri

Aşağıdaki projeler doğal gaz sektörüne BOTAŞ (boru hatları ile petrol taşıma anonim şirketi) tarafından yapılması düşünülen projelerdir [11].

- \* Türkiye Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- \* Hazar Geçişli Türkmenistan Türkiye Avrupa Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- \* Azerbaycan Türkiye (Şahdenizi) Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- \* Irak Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı Etüdü
- \* Mısır Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- \* Türkiye Bulgaristan Romanya Macaristan Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- \* Doğu Karadeniz Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- \* Batı Karadeniz Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- \* Doğal Gaz Yeraltı Depolama Projesi
- \* Bakü-Tiflis-Ceyhan Doğal Gaz Boru Hattı Projesi

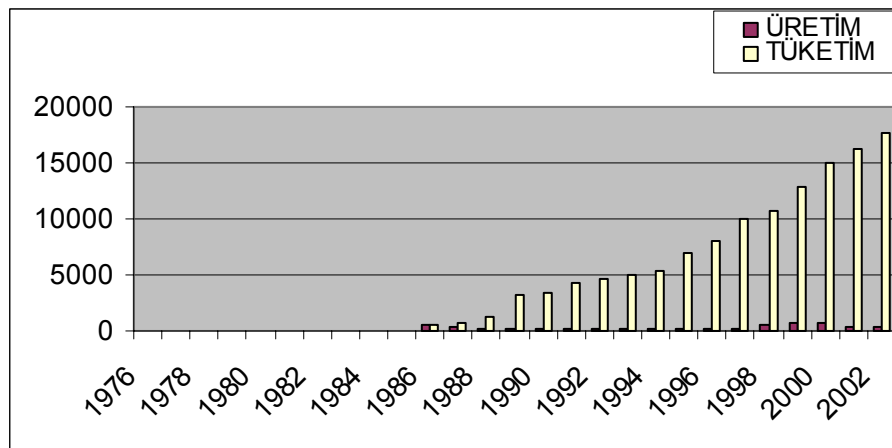
#### 1.3.3.5. Doğal Gazın Türkiye'deki Durumu

Türkiye'de son yıllarda talebi veya tüketimi hızlı artış gösteren kaynak doğal gazdır. 1975 yılında listede yer almayan doğal gaz, 1976 yılında sembolik yerli üretimle enerji bütçesine girmiş ve 1986 yılından başlayan ithalatı ile tüketimi hızla gelişmiştir.

Türkiye'nin yıllara göre doğal gaz üretim, tüketim ve ithalat miktarları Tablo 1.13'te milyon m<sup>3</sup> cinsinden, Şekil 1.13'te ise grafiksel olarak verilmiştir.

Tablo 1.13. Türkiye doğal gaz üretim tüketim dengesi (milyon m<sup>3</sup>) [10].

YILLAR	ÜRETİM	İTHALAT	STOK DEĞİŞİMİ	TÜKETİM
1976	15			15
1977	18			18
1978	22			22
1979	34			34
1980	23			23
1981	16			16
1982	45			45
1983	8			8
1984	40			40
1985	68			68
1986	457			457
1987	297	438		735
1988	99	1141	-15	1225
1989	174	2998	-9	3162
1990	212	3257	-51	3418
1991	203	4035	-33	4205
1992	198	4437	-23	4612
1993	200	4954	-66	5088
1994	200	5375	-167	5408
1995	182	6859	-104	6937
1996	206	8041	-133	8114
1997	253	9885	-67	10071
1998	565	10233	-149	10649
1999	731	12358	-187	12902
2000	639	14821	-374	15086
2001	312	16368	-341	16339
2002	407	17326	-10	17723

Şekil 1.13. Yıllara göre doğal gaz üretim tüketim durumu (milyon m<sup>3</sup>)

Tablo 1.13 ve Şekil 1.13'den de anlaşılacağı gibi 1987 yılına kadar ki süreçte neredeyse hiç üretilip tüketilmeyen doğalgazın üretim ve tüketimi daha sonraki yıllarda

artmıştır. Her ne kadar üretimde de yıllara göre artış olsa da hızla artan doğalgaz talebinin yanında arz çok küçük bir seviye de kalmaktadır. Bu yüzden Türkiye doğalgaz bakımından dışa bağımlıdır.

### **1.3.4. Nükleer Kaynaklar ve Nükleer Enerji**

#### **1.3.4.1. Dünyada Nükleer Enerjinin Tarihçesi**

Einstein, 1905 yılında  $E=mc^2$  formülünü bulmuş ve fisyon sonucu açığa çıkabilecek enerji hakkında yorumlar yapmıştır. 1930 yılında Einstein teorik düşünceleri deneysel olarak Otto Hahn, Lise Meitner ve diğerleri tarafından doğrulanmıştır. Dünyadaki insan yapısı ilk nükleer reaktör ise 1942 yılında Amerika Birleşik Devletleri' nin Chicago eyaletinde kurulmuştur. Bu reaktör fisyonun yararlanarak ısı üretmiş, ancak elektrik üretmemiştir. Fisyon kullanılarak üretilen ilk elektrik 1951 yılında deneysel olarak kurulan reaktörden elde edilmiştir. Daha sonra ticari anlamda ilk elektrik enerjisi 1957 yılında Amerika Birleşik Devletleri' nin Pennsylvania eyaletindeki nükleer reaktörlerden elde edilmiştir .

2. Dünya Savaşından sonra çekirdek bölünmesinden açığa çıkan muazzam enerjiden, atom bombası dışında, barışçıl amaçlarla enerji üretiminde yararlanma yolları araştırılmaya başlanmıştır, özellikle petrol fiyatlarındaki artış ve petrol, kömür, gibi fosil yakıtların rezervlerinin hızla azaldığının görülmesi üzerine, o dönemlerde temiz enerji olarak kabul edilen nükleer enerjiden elektrik üretimi yaygınlaşmıştır [1].

1985 yılından itibaren yeni ve zengin petrol ve doğal gaz rezervlerinin bulunması (İngiltere ve Norveç'in Kuzey Denizinde, Sovyetlerin Sibiryası ve Hazar Havzasında) ile Petrol fiyatlarının tekrar düşmeye başlaması, OPEC'in dağılması, doğal gazın bol miktarda (özellikle Rusya, Hazar Havzası, Kanada, Norveç, Hollanda, Cezayir gibi) üretilmesi ve pazarlanması, taşıtlarda devrim niteliğinde yakıt tasarrufu sağlanması (100 km'de 14 litre benzin tüketen otomobillerden 5 litre tüketime kadar düşüş), ve 1986 yılında Çernobil'deki nükleer santral kazası, nükleer enerjiye olan hızlı yönelmeyi frenlemiştir. Ayrıca bugün birçok ülkedeki çevre örgütleri nükleer santrale hayır kampanyaları başlatmıştır. Bu protestolar ve yukarıda sayılan ekonomik nedenler (petrol fiyatları düşüşü, yeni petrol ve doğal gaz kaynaklarının bulunması, yakıtı tasarruflu kullanma bilincinin yaygınlaşması)



gerçekten de nükleer enerjinin yaygınlaşma hızını düşürmüştür. Birçok ülkede yeni santral inşasını durdurmuştur [1].

### 1.3.4.2. Dünyadaki Nükleer Enerji Durumu

#### 1.3.4.2.1. Dünyadaki Nükleer Enerji Santralleri

Dünyada çeşitli ülkelerin sahip oldukları nükleer güç santral sayıları işletme ve inşa durumlarına göre Tablo 1.14’te verilmektedir.

Tablo 1.14. Nükleer güç santrali bulunan belli başlı ülkeler [12].

Ülkeler	İşletme Halinde	İnşa Halinde
ABD	104	-
Fransa	58	1
Japonya	53	2
İngiltere	35	-
Rusya	29	4
Almanya	20	-
Ukrayna	16	4
Kore	15	3
Kanada	14	-
İsveç	12	-
Hindistan	10	4

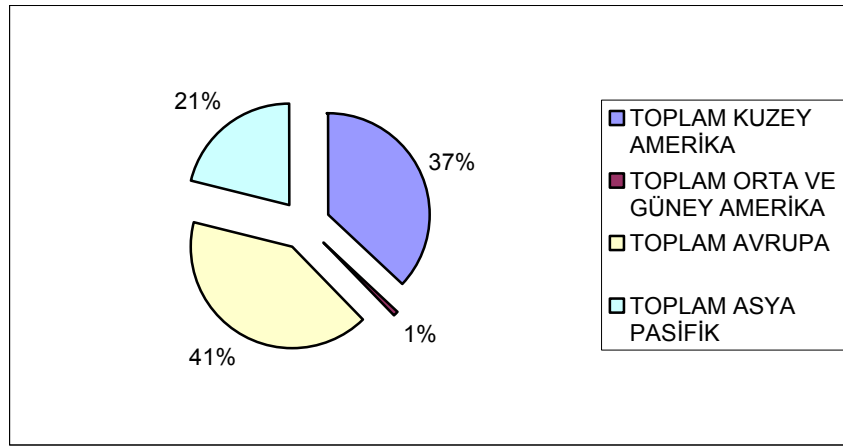
Tablo 1.14’te Uluslararası Atom Enerji Ajansı’na (IAEA) göre (1998 sonu), 434 nükleer güç santrali 33 ülkenin 250 farklı bölgesinde işletme halindedir. Ek olarak, 15 ülkede 36 nükleer güç santralının inşaatı sürmektedir.

#### 1.3.4.2.2. Dünyadaki Nükleer Enerji Tüketimi

Dünyanın bölgelere göre yıllar itibariyle nükleer enerji tüketimi Tablo 1.15’te, dünyada 2001 yılında bölgelere göre nükleer enerji tüketim yüzdeleri ise Şekil 1.14’te verilmektedir.

Tablo 1.15. Dünya nükleer enerji tüketimi(milyon TEP) [10].

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>KUZEY AMERİKA</b>	176	166	167	168	178	184	184	171	179	192	198	203
<b>GÜNEY VE ORTA AMERİKA</b>	2,5	2,1	2	1,9	1,9	2,2	2,2	2,5	2,4	2,5	2,7	4,8
<b>AVRUPA</b>	207	187	189	198	198	203	212	215	213	217	219	225
<b>ESKİ SSCB</b>	54,6	48,1	47,2	46,9	39,5	41,3	46,4	45,7	44,1	46,1	49,3	51,2
<b>ASYA PASİFİK</b>	74,4	69,4	71,4	79,2	84,2	93	97,8	104	109	110	113	115
<b>DÜNYA</b>	<b>2245</b>	<b>2218</b>	<b>2203</b>	<b>2200</b>	<b>2220</b>	<b>2254</b>	<b>2335</b>	<b>2322</b>	<b>2279</b>	<b>2163</b>	<b>2216</b>	<b>2255</b>



Şekil 1.14. 2001 yılı dünya nükleer enerji tüketim yüzdeleri

Tablo 1.15 ve Şekil 1.14'ten de görüldüğü gibi yüksek teknolojiyi gerektiren ve elde edilmesi pahalı bir enerji kaynağı olan nükleer enerjinin tüketimi de kıtalardaki ülkelerin gelişmişlik düzeyine paralel olarak şekillenmektedir.

#### 1.3.4.3. Türkiye'de Nükleer Enerjinin Gelişimi

Türkiye'de uranyum arama çalışmaları 1956 yılında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından başlatılmış ve 1990 yılı sonuna kadar devam edilmiştir. Uranyum aramaları ile ilgili Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA) projeler hazırlamıştır. Bu projeler kapsamında gerekli donanımlar ve uzmanlar temin edilerek Türkiye'de uranyum yatağı olması muhtemel yerler tespit edilerek aramalar yapılmış, daha sonra arama çalışmaları durdurulmuştur [13].

1962'de çekmece nükleer araştırma eğitim merkezi tarafından Tr-1 reaktörü kurulmuştur. Deneysel olarak 1962 yılında kurulan ilk reaktörün ardından ilk etüt çalışmaları II. Beş Yıllık Kalkınma Planı'yla birlikte 1967-1970 yılları arasında başlanılmıştır. 1972 yılına kadar EİE ve ETIBANK tarafından yürütülen nükleer enerji çalışmaları bu yıldan sonra 1970 yılında kurulan Türkiye Elektrik Kurumu'na(TEK) devredilmiştir [13].

1981 yılında çekmece nükleer araştırma eğitim merkezi tarafından Tr-1 reaktörü kapatılarak Tr-2 reaktörü kurulmuştur. 1982 yılında da Türkiye nükleer enerji sahasında önemli bir adım atarak Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nu (TAEK) kurmuştur [11].

1986 yılında meydana gelen Çernobil faciası Türkiye'nin tüm nükleer enerji çalışmalarını askıya almıştır. 1990'lı yıllarda ise kapatılıp açılan TEK'e bağlı nükleer enerji dairesi, sürekli olarak ihale edilip iptal edilen Akkuyu nükleer enerji ihalesi gibi olaylar neticesinde halen herhangi bir santral kurulamamıştır.

#### **1.3.4.4. Türkiye Nükleer Enerji ve Kaynak Durumu**

Bugün hem gelişmiş ülkelerde hem de gelişmekte olan ülkelerde hızlı nüfus artışı, sanayileşme, gelişen teknolojinin doğal ihtiyacı gibi bir çok nedenden dolayı enerjiye olan talep hızla artmaktadır. Klasik diye adlandırdığımız fosil yakıtlarla bu talebin karşılanması ise mümkün görülmemektedir. Bu nedenle enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi; ve tek bir kaynağa ve tek bir ülkeye bağlı kalınmaması en akılcı yol olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye'de nükleer santralleri destekleyecek çevreler olacağı gibi, çeşitli kesimler tarafından da nükleer santrallere karşı yoğun bir tepkinin gelmesi beklenmektedir. Nükleer santrallere karşı olan bu kesim ana çözüm olarak; alternatif enerji kaynaklarına öncelikler verilmesi ile enerji sorununun giderilmesini talep etmektedirler. Bu nedenle enerji talebinin karşılanabilmesi amacıyla öne sürülen alternatif enerji kaynakları gerçekten yeterli midir sorusuna yanıt aranmalıdır. Bu amaçla alternatif enerji kaynakları hakkında da bilgiler bu çalışma içinde yer almıştır. Bu şekilde gelecek yıllar ile ilgili sağlıklı enerji planlamaları yapmamız ve önerilen alternatif enerji kaynaklarının enerji sorununun çözümünde ne kadar katkı sağlayabileceğinin ortaya konulması hedeflenmiştir [1].

Günümüzde nükleer enerji üretiminde yaygın olarak kullanılan uranyumda mevcut olan ekonomiklik ölçütü, toryum için henüz belli değildir. Zira dünyada toryum ticari

olarak kullanılmamaktadır. Yine de Türkiye toryum cevherini yan ürün olarak yedekte bulundurmaktadır.

#### 1.3.4.4.1. Türkiye'nin Uranyum Durumu

MTA Türkiye'de uranyum aramalarına ilk olarak 1956–1957 yıllarında yapmıştır. Daha sonra uranyum cevheri üzerinde laboratuvar koşullarında teknolojik çalışmalar 1966 yılında yapılmıştır. Bu çalışmalar seksenli yıllara kadar devam etmiş; bu süreçte açılması planlanan nükleer enerji santralleri çıkarılacak uranyumu tenorunun ekonomik boyutta olmayacağına anlaşılması ve Türkiye uranyum rezervinin yeterli olmayacağı görülmüş ve vazgeçilmiştir.

1969 yılından itibaren TAEK-MTA işbirliğiyle yürütülen arama ve teknolojik çalışmalar 1993 yılında yenilenerek günümüzde de devam etmektedir.

Dünyadaki tüm uranyum kaynaklarının, bugünkü uranyum tüketimi (yaklaşık 65.000 ton/yıl) ile, 200 yılın üzerinde yeteceği öngörülmektedir.

Tablo 1.16. Ülkelerin uranyum rezerv durumu [10].

Ülkeler	İspatlanmış Rezerv			İlave Edilebilir		
	<80\$/kg	80-30\$/kg	Toplam	<80\$/kg	80-30\$/kg	Toplam
CEZAYİR	26		26	0,7	1	1,7
AVUSTRALYA	571	99	670	177	59	236
BREZİLYA	162		162	100,2		100,2
KANADA	326,4		326,4	106,6	0	106,6
GRÖNLAND		27	27		16	16
ORTA AFRİKA	8	8	16			0
ÇEK CUMHURİYETİ	4,1	2,9	7	1,1	21,6	22,7
FRANSA	12,5	1,8	14,3	0,6		0,6
MACARİSTAN		14,7	14,7		13	13
HİNDİSTAN		52,7	52,7		25,2	25,2
KAZAKİSTAN	436,6	162	598,6	195,6	63,7	259,3
MALAWİ	11,7		11,7			0
MOĞOLİSTAN	61,6		61,6	21		21
NAMİBYA	149,3	31,2	180,5	90,8	16,7	107,5
NİJER	71,1		71,1		18,6	18,6
RUSYA FEDERASYONU	140,9		140,9	36,5		36,5
GÜNEY AFRİKA	232,9	59,9	292,8	66,8	9,6	76,4
<b>TÜRKİYE</b>		<b>9,1</b>	<b>9,1</b>			<b>0</b>
UKRAYNA	42,6	38,4	81	20	30	50
ABD	105	244	349	839	434	1273
ÖZBEKİSTAN	65,6	17,5	83,1	39,9	7,1	47
<b>TOPLAM</b>	<b>2471,6</b>	<b>809,9</b>	<b>3282</b>	<b>1724,4</b>	<b>763,2</b>	<b>2488</b>

Tablo 1.16'dan görüldüğü gibi, Türkiye uranyum rezervi toplam dünya uranyum rezervinin yaklaşık %0,27'sini oluşturmaktadır. Bu oran da Türkiye uranyum rezervlerinin dünyadaki toplam rezervin çok küçük bir bölümünü oluşturduğunu göstermektedir.

#### 1.3.4.4.2. Türkiye'nin Toryum Durumu

1959 yılında MTA tarafından uranyum ile başlatılan çalışmalarda toryum için de yapılmış ancak 1974–1977 yılları arasında bulunan Eskişehir civarındaki cevher dışında kayda değer çok iyi veriler elde edilememiştir.

Eskişehir'de bulunan cevhere 1992 yılında TAEK ve DPT çalışmaları sonucunda yatırım yapılmasına karar verilmiştir. 1998 yılında TAEK DPT'ye toryum yataklarının haritalandırılması, zenginleştirilmesi, projelendirilmesi ve geliştirilmesi maksadıyla projelerini sunmuştur. Ancak DPT 2002 yılında toryum araştırmalarına kısıtlamalar getirmiş, bu da toryum çalışmalarının geliştirilmesini engellemiştir.

Türkiye'nin 2002 yılı uranyum ve toryum rezervi Tablo 1.17'de verilmektedir.

Tablo 1.17. Türkiye 2002 yılı itibarıyla uranyum ve toryum rezervi (ton) [10].

SAHA ADI	Görünür Rezerv	Ortalama Tenör(U O) (%)
Manisa-Salihli		
Köprübaşı	2852	0.04-0.05
Uşak-Fakılı	490	0.05
Aydın-Küçükçavdar	208	0.04
Aydın-Demirtepe	1729	0.08
Yozgat-Sorgun	3850	0.1
Toplam Uranyum Rezervi	9129	
Toplam Toryum Rezervi	380000	

#### 1.3.4.5. Nükleer Enerji ve Çevre

İnsanoğlu yaradılışı gereği fazla bilgi sahibi olmadığı konulara karşı daha fazla tedirginlik taşır. Nükleer enerji konusunda da yeterli bilgi sahibi olmayan toplumlar bu

enerji kaynağının tehlikeli ve sakınılması gereken bir enerji kaynağı olmasını düşünmektedir. Halbuki gerçekte, Batı teknolojisine dayanan nükleer santraller bilinen en emin ve çevre yönünde en güvenilir teknik yapılardır. Kömür santralleri ile bir mukayese yapıldığında çevre açısından aradaki fark rahatlıkla görülmekte ve nükleer santrallerin bir kömür santraline oranla çevreye oldukça duyarlı olduğu görülmektedir. Tüm elektrik üretim sistemleri içinde, nükleer santrallerin, kesinlikle en tehlikelisi olmadığını gösteren çok ciddi araştırmalar bulunduğu bilinmektedir. Bu nedenle, nükleer santrallerin kullanılmasında hiç bir sakınca olmadığı, aksine daha büyük oranda kullanılmasının çevre sorunları bakımından faydalı olacağı ve hatta orta vadeli gelecekte bundan başka çare olmadığı da anlaşılmış bulunmaktadır [14].

Günümüzde dünyanın değişik ülkelerinde yüzlerce nükleer santral kurulmuş olup çalışmaktadır. Nükleer enerji karşıtı görüşlerin ağırlık noktaları sırasıyla şöyledir;

1. Nükleer kaza olması halinde santralin doğuracağı felaket,
2. Nükleer atıkların muhafaza ve korunmasının riski ve çevreye zararı,
3. Santralin çalışırken çevreye yaydığı radyasyon,
4. Nükleer santral yapım ve işletme maliyetinin yüksekliği,
5. Dışa bağımlılığının artması,
6. Rüzgar, jeotermal, biyogaz gibi alternatif enerji kaynaklarına yönelmenin daha akıllılık olacağı,
7. Halen hidrolik enerji potansiyelin tamamından yararlanmadan nükleer enerjiye geçişe gerek olmadığıdır [1].

Türkiye’de de bu tip görüşler ortaya atılmaktadır. Ancak nükleer santraller çeşitli riskler taşımasına rağmen, günümüzde bu alandaki gelişmeler bu riskleri oldukça azaltmıştır.

### **1.3.5. Hidrolik Enerji**

Sularda bulunan potansiyel ve kinetik enerjinin barajlar yardımıyla faydalanılır duruma getirilmesi sonucu ortaya çıkan enerji kaynaklarıdır. Herhangi bir tabii gölde veya suni havuzda bulunan su kitlesinin büyük bir potansiyel enerjisi vardır. Bu potansiyel

enerji, su belli bir yükseklikten belli bir hızla düşürüldüğünde kinetik enerjiye, bu kinetik enerji türbin kanatlarında mekanik enerjiye, mekanik enerji de türbine bağlı jeneratör sargılarında elektrik enerjisine dönüşür [15].

Hidroelektrik enerji dünyada alışlagelmiş enerji çeşitleri arasında dünya enerji ihtiyacının %20'lik kesimini karşılamakta, gelişmiş ülkelerde bu oran %40'lara çıkmaktadır. Hidroelektrik santralleri önlerinde oluşturdukları su toplama havzalarıyla yani barajlarla düzensiz olarak gelen su debisini toplayarak enerjinin sürekliliğini sağlamaktadır. Bu da diğer enerji kaynaklarına göre hem devamlılığı hem de yenilenebilirliği açısından önem teşkil etmektedir. Ancak büyük barajların günümüzde bazı sakıncalar içerdiği tespit edilmiştir. Her ne kadar fosil enerji kaynakları kadar zararlı olmasa da yine de göz önünde bulundurulması gereken sorunlardandır. Bunlar arasında, barajın kurulduğu bölgede ekolojik dengeyi bozması, tarihi yerleri sular altında bırakması, tarım ve yerleşim bölgelerine zarar vermesi gibi etkiler söylenebilir.

Birçok yenilenebilir enerji kaynakları gibi hidroelektrik enerji de güneş kaynaklıdır. Güneşin verdiği enerjiyle harekete geçen su belli bir döngü (hidrolojik çevrim) oluşturur. Bu döngü sırasında yüzeysel akış halindeki sudan yararlanılarak enerji elde edilir.

İlk kullanılan hidroelektrik santralleri suyun mekanik enerjisinin ancak %5'ini elektrik enerjisine çevirebilirken günümüzde bu oran %90'lara varmaktadır. Bugün hidroelektrik elde edilmesinde çok üst teknolojik imkânlarla erişilmiştir ve bu imkanlar sayesinde hidroelektrik enerji santrallerinin verimi diğer güç santralleri verimlerine göre birkaç kat daha fazladır (verimlilik yaklaşık olarak %90 civarındadır).

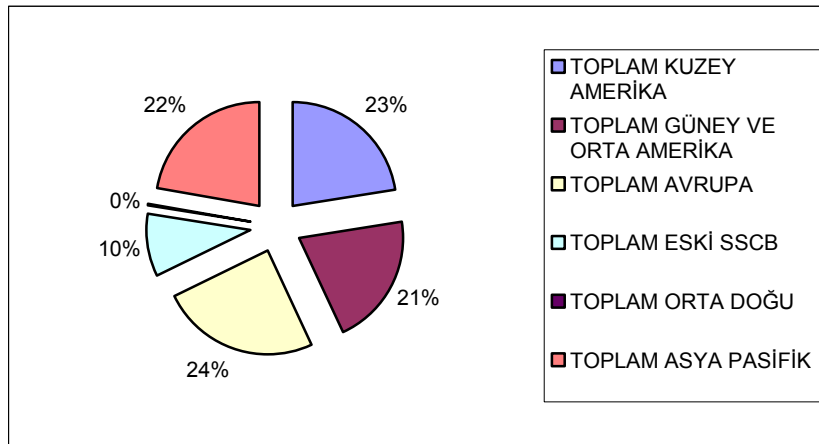
#### **1.3.5.1. Dünya'nın Hidrolik Enerji Durumu**

Dünya toplam hidroelektrik kullanım potansiyeli yıllar itibariyle pek fazla bir değişim göstermemektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika kıtaları içerisinde bulunan gelişmiş devletlerin yeterli sermayelere sahip olmasından dolayı hidroelektrik kapasitelerinin tamamına yakını kullanmışlardır. Hali hazırda yeterli yatırımları yapamamaları potansiyelinin tamamını kullanamamış ülkelerin ise belli ölçülerde yaptıkları yatırımlarla dünya toplam hidroelektrik kullanım potansiyelini artırmışlardır. Tablo 1.18'de bazı kıtaların hidroelektrik enerji kullanımında dalgalanmalar görülmektedir. Bunun temel sebebi tam ülkelerin yeni santraller yapamamasına karşın  $m^2$ 'ye düşen yağış miktarına göre yıldan yıla değişen akarsu debileridir.

Tablo 1.18. Yıllara göre dünya hidrolik enerji tüketim değerleri [10].

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>K. AMERİKA</b>	139,9	134,5	142	137,5	152,6	166	166,5	153,6	156,8	150,9	129,7
<b>GÜNEY VE ORTA AMERİKA</b>	87,7	89,2	96,2	101,7	105,1	110	115,6	117,5	117,9	125,1	118,9
<b>AVRUPA</b>	115	120,5	124,2	124,3	127,6	124,6	128,4	133,4	137,1	142,2	142,4
<b>ESKİ SSCB</b>	53,2	53,2	55,3	56	54,7	49	49,3	51	50,8	51,7	54,9
<b>ORTA DOĞU</b>	2,1	2,7	2,8	2,6	2,8	2,9	2,4	2,8	1,9	1,9	1,5
<b>AFRİKA</b>	14,4	13,8	13,3	13,7	14,3	14,8	15,5	16,4	17,8	18,2	18,3
<b>ASYA PASİFİK</b>	98,6	95,3	103,6	105,6	113	112	110,8	120,9	117,7	126,9	128,8
<b>DÜNYA</b>	510,9	509,2	537,4	541,4	570,1	579,3	588,5	595,6	600	616,9	594,5

Şekil 1.15'e göre hidrolik enerji kullanımı en yüksek olan kıtalar Avrupa ve Kuzey Amerika'dır. Bu sonuç Avrupa ve Kuzey Amerika'da bulunan akarsuların debilerinin diğer kıtalara göre daha yüksek olduğunu göstermez. Çünkü bu kıtalarda bulunan gelişmiş ülkelerin mevcut kapasitelerini tam olarak kullanmakta diğer gelişmekte ve gelişmemiş olan ülkeler ise ekonomik yetersizliklerden dolayı mevcut kapasitelerini tam olarak değerlendirememektedir.



Şekil 1.15. Kıtaların 2001 yılı hidrolik enerji tüketim yüzdeleri

### 1.3.5.2. Türkiye'deki Hidrolik Enerji Durumu

Teknik ve ekonomik sınırlamalar göz önüne alınmaksızın akarsu debi ve düşüleri dikkate alınarak hesaplanan Türkiye'nin teorik hidrolik kapasitesi yaklaşık 430 milyar kWh/yıl'dır. Ekonomik yapılabilirliğine bakılmaksızın teknik yapılabilirlik koşulu ile bu kaynaktan sağlanabilecek teknik potansiyel yaklaşık olarak 215 milyar kWh/yıl'dır [16].



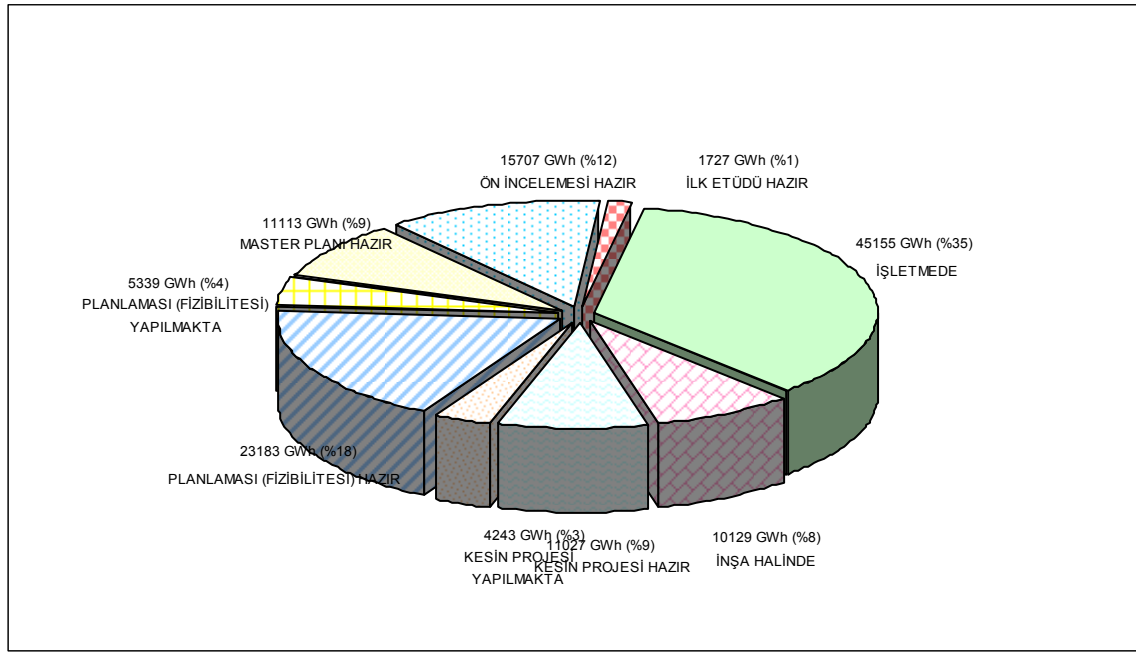
Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı Tablo 1.19'da verilmektedir.

Tablo 1.19. Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı [17].

Hidroelektrik Santral Projelerinin Mevcut Durumu	Proje Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Toplam Yıllık Hidroelektrik Enerji Üretimi				
			Güvenilir Enerji (GWh)	Toplam Enerji (GWh)	Oran (%)	Kümülatif Enerji (GWh)	Oran (%)
<b>1- İşletmede</b>	<b>133</b>	<b>12 554</b>	<b>33 248</b>	<b>45 155</b>	<b>35</b>	<b>45 155</b>	<b>35</b>
<b>2- İnşa Halinde</b>	<b>32</b>	<b>3 099</b>	<b>6 120</b>	<b>10 129</b>	<b>8</b>	<b>55 284</b>	<b>43</b>
<b>3- Gelecekte İnşa Edilecek</b>	<b>509</b>	<b>21 297</b>	<b>40 500</b>	<b>72 339</b>	<b>57</b>		
<b>3.1 Kesin Projesi Tamamlanan</b>	16	3 597	7 260	11 027	9	66 311	52
<b>3.2 Kesin Projesi Yapılmakta</b>	15	1 269	2 349	4 243	3	70 554	55
<b>3.3 Planlaması(Fizibilitesi) Hazır</b>	139	6 305	11 531	23 183	18	93 737	73
<b>3.4 Planlaması Yapılmakta</b>	42	1 344	3 516	5 339	4	99 076	78
<b>3.5 Master Planı Yapılmış</b>	47	3 280	6 724	11 113	9	110 189	86
<b>3.6 Ön inceleme Hazır</b>	172	4 801	8 268	15 707	12	125 896	99
<b>3.7 İlk Etüdü Hazır</b>	78	701	852	1 727	1	127 623	100
<b>Toplam Potansiyel</b>	<b>674</b>	<b>36 950</b>	<b>79 868</b>	<b>127 623</b>	<b>100</b>	<b>127 623</b>	<b>100</b>

Tablo 1.19'a bakıldığında hem teknik hem de ekonomik yapılabilirlik koşulları altında kullanılabilir potansiyel 2004 yılı hesaplamalarına göre 127,623 milyar kWh/yıl olarak tespit edilmiştir. 2004 yılı verilerine göre ekonomik potansiyelin %35'i değerlendirilmiştir. Çoruh ve Doğu Karadeniz havzaları dışındaki büyük havzaların enerji potansiyelleri büyük ölçüde değerlendirilmiştir. İnşa halindeki projeler de tamamlanması durumunda toplam ekonomik kapasitenin %48'i değerlendirilmiş olacaktır. Değerlendirilme oranını düşük olmasının nedeni hidrolik santrallere yapılan maliyetlerin diğer kaynaklara göre yüksek oluşudur.

Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı Şekil 1.16'de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 1.16. Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı [18].

Günümüzde 127,6 milyar kWh olan ekonomik hidroelektrik potansiyelimizin %35'i (45.155 GWh) işletmede, %8'i (10.129 GWh) inşa halinde ve %57'si (72.339 GWh) ise çeşitli aşamalardan oluşan projeler (ilk etüt ön inceleme, master plan, planlama ve kesin proje) düzeyindedir (Şekil 1.16). Bu 127,6 milyar kWh'lik yıllık ortalama enerji üretim değerini oluşturan 674 adet hidroelektrik santralin 133'ü işletmede, 32'si inşa halinde ve 509 adedi ise proje seviyesindedir.

### 1.3.6. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar ilk olarak milattan önce Yunanlılar tarafından yelkenli gemilerde kullanılmıştır. Daha sonra Romalılar da rüzgârdan yararlanarak gemilerini hareket ettirmişlerdir. Daha sonraları mekanik olarak değerlendirilen rüzgar ilk olarak yel değirmenlerinde kullanılmıştır. Orta ve batı Asya ülkeleri olan Çin, İran, Tibet gibi büyük medeniyetler rüzgarı yel değirmenlerinde kullanmışlardır.

Eskiden rüzgar fırıldakları kullanılarak mekanik enerji elde edilmekte ve bu mekanik enerji kuyulardan su çıkarımında ve tahılların öğütülmesinde kullanılmaktaydı. Günümüzde rüzgar fırıldaklarının yerini rüzgar türbinleri almıştır. Bunun sebebi artık rüzgardan yararlanılarak mekanik enerji değil de elektrik enerjisi elde edilmektedir. Rüzgar

bir pervane veya bir düşey mile çarparak atmosferdeki kinetik enerjisini mekanik enerjiye çevirmekte bu da rüzgar santrallerinde elektrik üretimini sağlamaktadır.

Günümüzde rüzgâr enerjisi pek fazla kullanılmamakla beraber gün geçtikçe bu enerji kaynağına karşı ilgi artmakta bunun sonucu olarak bu enerji kaynağına yapılan yatırımlar ve kullanımı artmaktadır. Her ne kadar günümüzdeki kullanımı yeterli seviyelerde olmaktan çok uzak gibi görünse de çevre dostu olması, kaynak maliyetlerinin sıfır olması bu enerji türüne olan talebi artıracaktır.

Bugün yaklaşık 25000'ini aşkın tesiste rüzgar üretilmektedir. Dünyanın bir çok yerinde rüzgar enerjisi potansiyeli mevcuttur ama kullanılmamaktadır. Ayrıca dünyada bazı ülkeler ciddi anlamda enerji ihtiyaçlarını rüzgara dayandırabilmektedir. Örneğin Danimarka enerji ihtiyacının %20'lik kısmını rüzgâr enerjisinden sağlamaktadır.

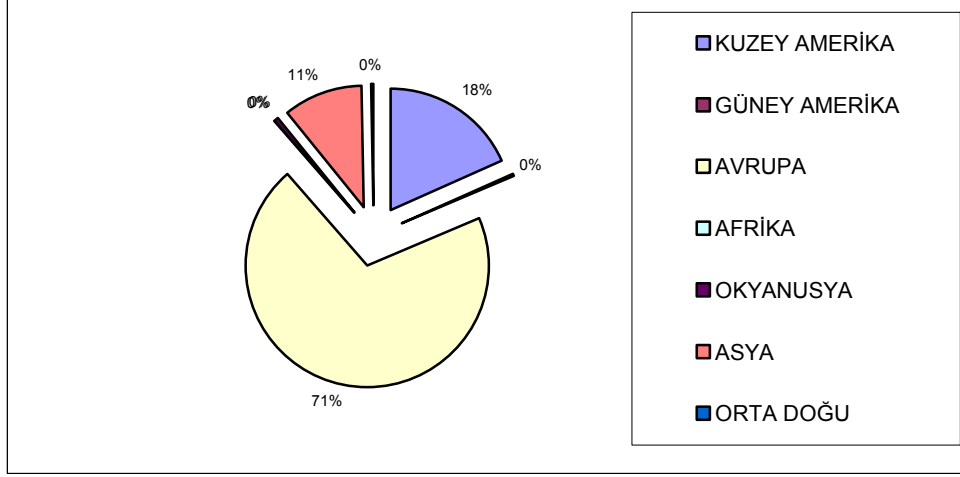
### 1.3.6.1. Dünya'nın Rüzgar Enerjisi Durumu

Yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünyada artan bir ilgiyle karşılanmakta ve enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir kaynak olarak görülmektedir. Bu bağlamda pek çok ülke 2010 yılına kadar elektrik enerjisi ihtiyaçlarının %10'unu rüzgar enerjisinden karşılamayı planlamaktadır [19]. Çünkü diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla ümit veren kaynak rüzgardır.

Tablo 1.20'de kıtaların rüzgar enerjisi kurulu güçleri, Şekil 1.17'de ise kıtaların rüzgâr enerjisi kurulu gücü yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 1.20. Kıtalar itibariyle rüzgâr enerjisi kurulu gücü [10].

KİTALAR	RÜZGAR ENERJİSİ KURULU GÜCÜ (Mwe)
KUZEY AMERİKA	2429
GÜNEY AMERİKA	57
AVRUPA	9325
AFRİKA	18
OKYANUSYA	48
ASYA	1437
ORTA DOĞU	19
TOPLAM	13333



Şekil 1.17. Kıtalar itibariyle rüzgâr enerjisi kurulu gücü yüzdeleri

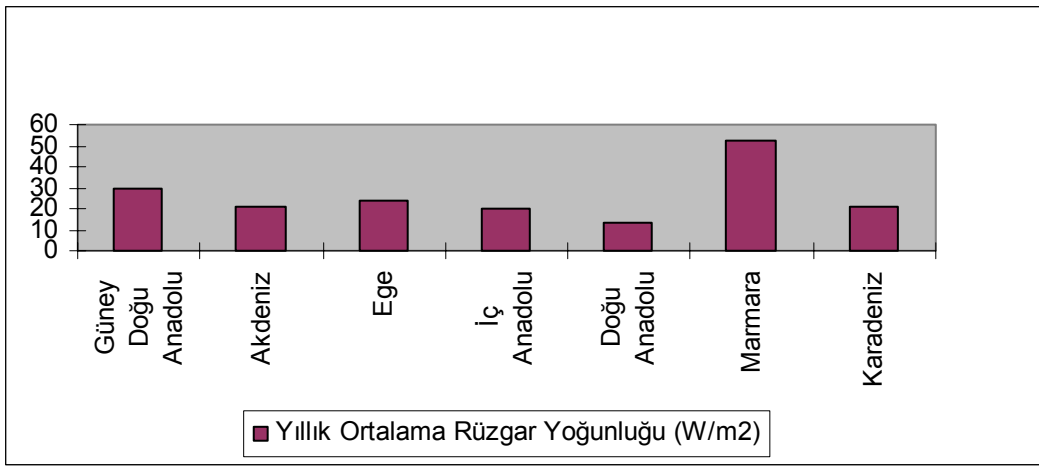
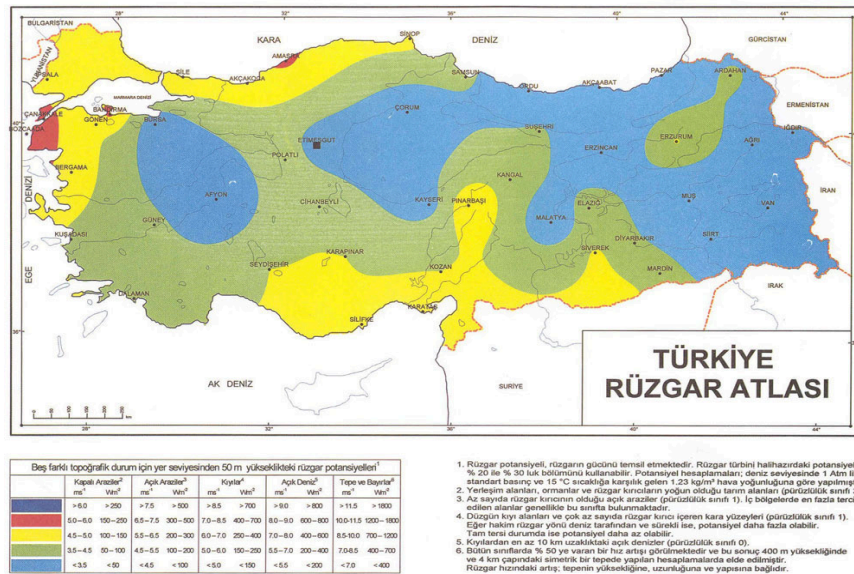
Tablo 1.20 ve Şekil 1.17’de görüldüğü gibi dünya rüzgar enerjisi kurulu gücünün çok büyük kısmı gelişmiş ülkeleri içinde bulunduran Avrupa kıtasındadır. Avrupa, konveksiyonel enerji kaynaklarından yoksun olması, artan yüksek enerji talebi ve kyoto protokolü çerçevesinde temiz ve çevreye duyarlı enerji kaynaklarına yönelmesi sebebiyle kıtadaki ekonomik potansiyeli en yüksek olan enerji kaynağı rüzgara yönelmiştir.

### 1.3.6.2. Türkiye’nin Rüzgar Enerjisi Durumu

Son yıllara kadar Türkiye açısından rüzgar enerjisindeki en önemli sıkıntı, yeterli yerde yeterli sayıda rüzgar ölçümünün yapılmamış olmasıydı. Şimdi yeterli düzeyde yapılan ölçümlerle Türkiye Rüzgar Atlası oluşturulmuş, Tablo 1.21 ve Şekil 1.19’da görüldüğü gibi bölgelerin rüzgar potansiyelleri hesaplanabilmiştir. Bu grafik ve tablolardan görülebileceği gibi Marmara Bölgesi boğazlar ve konumu gereği yüksek rüzgar hızı ve yoğunluğuna sahiptir. Marmara dışında Güneydoğu Anadolu Bölgesi de diğer bölgelere göre daha fazla rüzgar enerjisine sahiptir. Dağlık bir bölge olan Doğu Anadolu Bölgesi ise en düşük rüzgar enerjisi potansiyeline sahip bölgedir. Elektrik İşleri Etüd İdaresi’nin yaptığı enerji amaçlı ölçümler ve Şekil 1.19’da görüldüğü gibi oluşturduğu Rüzgar Atlası sayesinde birçok özel teşebbüs rüzgar santrali kurmak için başvuruda bulunmuştur.

Tablo 1.21. Bölgelere göre rüzgar potansiyeli [10].

BÖLGELER	Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	Yıllık Ortalama Rüzgâr Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
G. Doğu Anadolu	2,69	29,33
Akdeniz	2,45	21,36
Ege	2,65	23,47
İç Anadolu	2,46	20,14
Doğu Anadolu	2,12	13,19
Marmara	3,29	51,91
Karadeniz	2,38	21,31

Şekil 1.18. Bölgelerin yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)

Şekil 1.19. Türkiye rüzgar atlası [8].

Şekil 1.19'a bakıldığında kırmızıyla gösterilen Amasra, Çanakkale Boğazı, Bozcaada ve Bandırma Yarımadası Rüzgar enerji bakımından yüksek potansiyele sahip yerlerdir. Bunun yanında kıyı kesimlerinde de iç kesimlere nazaran daha yüksek bir rüzgar enerjisi kapasitesi mevcuttur.

### **1.3.7. Güneş Enerjisi**

Güneş özellikle rüzgâr ve hidrolik enerjinin yanı sıra birçok yenilenebilir enerjinin temelini teşkil etmektedir. Güneş ışınım enerjisi atmosferdeki birçok olayın meydana gelmesine sebep olur. Örneğin güneş ışınlarını absorbe eden nehir, akarsu ve göllerdeki sular ısınarak buharlaşır. Isınıp buharlaşan su kütleli yoğunlaşarak damlalar halinde tekrar yer yüzeyinin yüksek yerlerine düşer. Yüksek seviyelerde potansiyel enerjiye sahip olan su daha sonra daha düşük seviyelere akarak potansiyel enerjisini kinetik enerjiye çevirir. Bu kinetik enerjide barajlarda değerlendirilerek hidrolik enerji elde edilir. Bunun yanında ekvatora dik gelen güneş ışınları bu bölgeyi çok fazla ısıtır. Bunun yanında kutuplara daha eğik açılarla gelen güneş ışınları bu bölgeleri fazla ısıtamaz. Sonuç olarak oluşan alçak ve yüksek basınçlı bölgeler arasında hava akımları dolayısıyla rüzgârlar oluşur. Rüzgâr türbinleri sayesinde yine bu enerji de kullanılabilir hale gelir.

Görüldüğü gibi dolaylı da olsa güneş enerjisi birçok temiz enerji kaynağının temelini oluşturmaktadır. Direkt olarak güneş enerjisinden faydalanmakta mümkündür. İlk olarak güneş pilleri (fotovoltaik) şeklinde 1950 yılında güneş enerjisinden direkt olarak yararlanılmıştır. Yapılan güneş pillerinden elektrik elde edilmiştir. Günümüzde hem güneş pilleri hem de güneş panelleri veya toplayıcıları (kollektör) vasıtasıyla güneşten yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi suların ısıtılması, elektrik enerjisi üretimi, akülü arabaların şarj edilmesi, hesap makineleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Eskiden elektrik üretimi için pahalı bir enerji kaynağı olan güneş teknolojik ilerlemeler sayesinde çok daha ucuzlamıştır. Bu da bu enerji kaynağı üzerinde yapılan araştırmaları artırmaktadır [19].

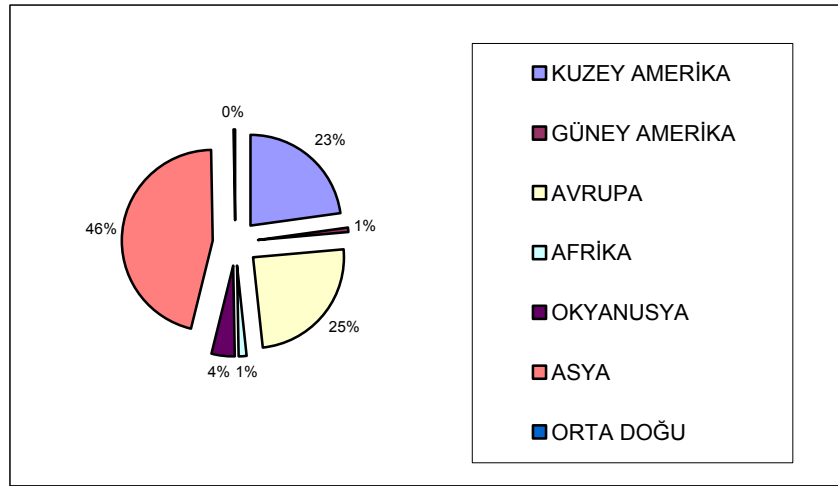
#### **1.3.7.1. Dünya'nın Güneş Enerjisi Durumu**

Güneş enerjisi kurulu gücü bakımından %46 oran ile en zengin bölge Asya kıtasıdır. Asya kıtasını 146 MWp 'lik kurulu gücü ile %25 orana sahip Avrupa kıtası,

136 MWp 'lik kurulu gücü ile de %23 orana sahip olan Kuzey Amerika kıtası izlemektedir (Tablo 1.22). Fosil kaynak bakımından çok zengin olan Ortadoğu Bölgesi ise yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden mahrumdur (Şekil 1.20).

Tablo 1.22. Kıtalar itibariyle güneş enerjisi kurulu gücü [10].

KITALAR	FOTOVOLTAİK KURULU GÜÇ (MWp)	KITALAR	FOTOVOLTAİK KURULU GÜÇ (MWp)
KUZEY AMERİKA	136	OKYANUSYA	25
GÜNEY AMERİKA	5	ASYA	273
AVRUPA	146	ORTA DOĞU	1
AFRİKA	8	TOPLAM	594



Şekil 1.20. Kıtalar itibariyle güneş enerjisi kurulu gücü yüzdeleri

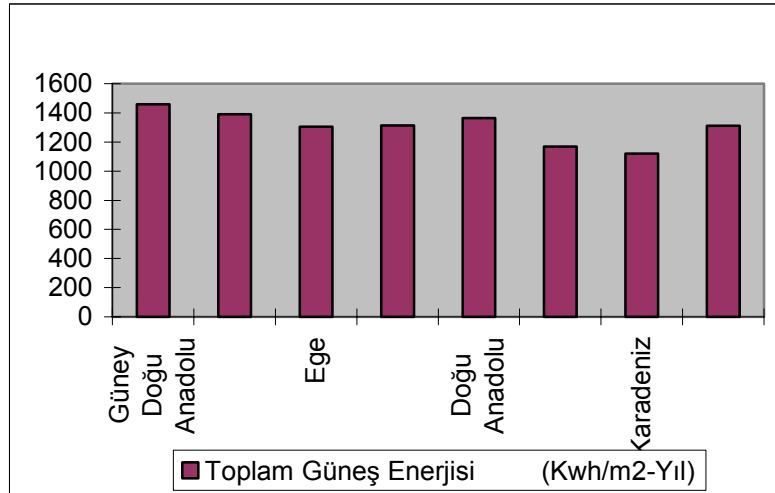
Tablo 1.22 ve Şekil 1.20'den de görüldüğü gibi, güneş enerjisini en fazla kullanan kıta Asya'dır. Japonya ve Çin güneş enerjisinden yüksek teknolojileriyle beraber faydalanmaktadır. Bu konuda yoğun ar-ge (araştırma geliştirme) çalışmaları yapmakta ve sonuçlarını da almaktadır. Örneğin bir Japon firması olan Toyota güneş enerjisiyle çalışan arabalar üretmektedir. Yakında kullanıma süreceği bu ürün ilerleyen yıllarda petrol ürünleriyle çalışan arabaların yerini alacak ve etrafta görüldüğünde yadırganmayacak ürünler haline gelecektir.

### 1.3.7.2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Durumu

Elektrik İşleri Etüd İdaresi yapmış olduğu çalışmalarıyla Türkiye'nin bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli değerlerini belirlemiştir (Tablo 1.23). Bu değerler incelendiğinde yılda  $m^2$ 'ye düşen enerji bakımından bölgelerin, birbirine yakın güneş enerjisi değerlerine sahip oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 1.21).

Tablo 1.23. Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli [10].

BÖLGELER	Toplam Güneş Enerjisi (Kwh/ $m^2$ -Yıl)	Yıllık Toplam Güneşlenme Süresi (saat/Yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Ege	1304	2738
İç Anadolu	1314	2628
Doğu Anadolu	1365	2664
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971
Türkiye Ortalaması	1311	2640



Şekil 1.21. Bölgelere göre toplam güneş enerjisi potansiyeli (Kwh/ $m^2$ -yıl)

Türkiye coğrafi konumu açısından 36-42° N enlemeleri arasında yer almakta ve güneş kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin aylık dağılımında Türkiye ortalamasının maksimum değeri 362h ile Temmuz, minimum değeri ise 98h ile Aralık ayına aittir [16]. Türkiye yüzeyine düşen brüt güneş enerjisi potansiyeli 80000 milyon TEP



civarındadır. Bu değer yaklaşık olarak Türkiye kurulu gücünün 5000 katı olmasına rağmen teknik olarak ancak 500 milyon TEP, 25 milyon TEP ise ekonomik olarak elde edilebilir düzeydedir.

### 1.3.8. Biyoenerji

Güneş ışınım enerjisinin bir başka şekli de biyoenerji olarak karşımıza çıkmaktadır. Güneşten gelen enerjinin binde biri biokütle oluşumunda kullanılır. Bitkiler güneşten aldıkları ışıkla beraber fotosentez yaparak glikoz üretir. Bu glikozlarda birleşerek bitkinin yapısını oluşturur.

Günümüzde biyoenerji özellikle 3. dünya ülkelerinde bir enerji kaynağı olarak önemli yer teşkil etmektedir. Buralarda bitkiler katı yakıt olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında bazı gelişmiş ülkelerde de katı yakıt olarak yüksek oranlarda kullanılmaktadır. Özellikle Ormanları bol olan Kanada ve İsveç gibi ülkeler enerji ihtiyaçlarının bir bölümünü ormanlardan yararlanarak karşılamaktadır. Türkiye’de de hayvan dışkısı veya halk arasında tezek adı verilen biokütle kökenli katı yakıtlar kullanılmaktadır. Odun yakıtlar üretildikleri aşmadıkları takdirde fayda sağlamaktadırlar. Ancak günümüzde ormanlar limitleri aşacak şekilde enerji ihtiyacını karşılamak maksadıyla tahrip edilmektedir. Bu da ardında çorak araziler bırakmaktadır.

Katı yakıt olarak değerlendirilen biyoenerjinin yanında gaz halinde de biyoenerji kaynakları vardır. Genellikle biyolojik atıklardan ve bazı özel olarak yetiştirilen bitkilerden elde edilir. Elde edilen biyoenerji kaynağı gaz metan gazıdır. Biyolojik atıkların çürümesinden elde edilen bu gaz depolanabilir ve taşınabilir olmasıyla avantajları vardır. Özellikle bazı ülkeler metan gazı üretim maksadıyla bitkiler yetiştirmektedir. Brezilya yetiştirdiği şeker kamışları metan gazı üretiminde kullanılmaktadır. Günümüzde biyogazla çalışan birçok araç bulunmaktadır. Bazı araçlarda katkı maddesi olarak kullanılan biyogaz bazı araçlarda direkt olarak yakıt yerine kullanılmaktadır.

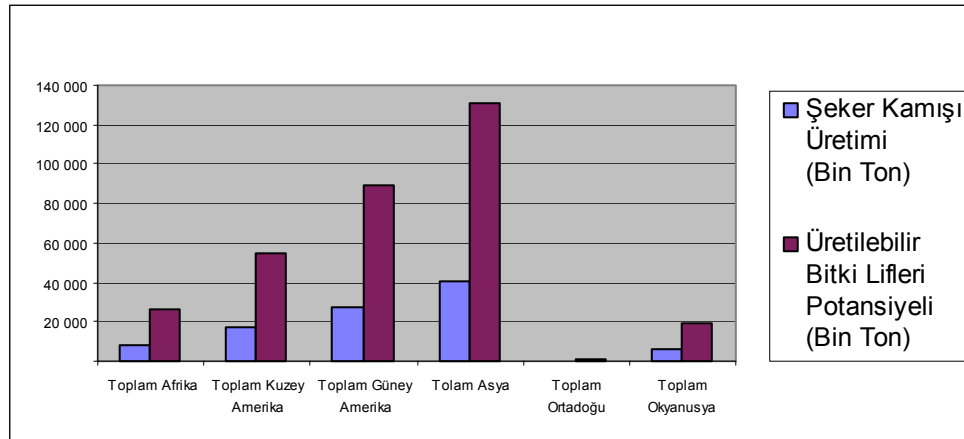
Günümüzde endüstri kuruluşlarının ve evlerde oluşan biyolojik atıklar değerlendirilmektedir. Eskiden faydasız ve sıkıntı verici olarak görülen bu atıklar şimdi yere gömülerek çürümesi beklenmektedir. Daha sonra çürüme sonucu oluşan metan gazı kuyularda depolanarak saklanmaktadır.

### 1.3.8.1. Dünya'nın Biyoenerji Durumu

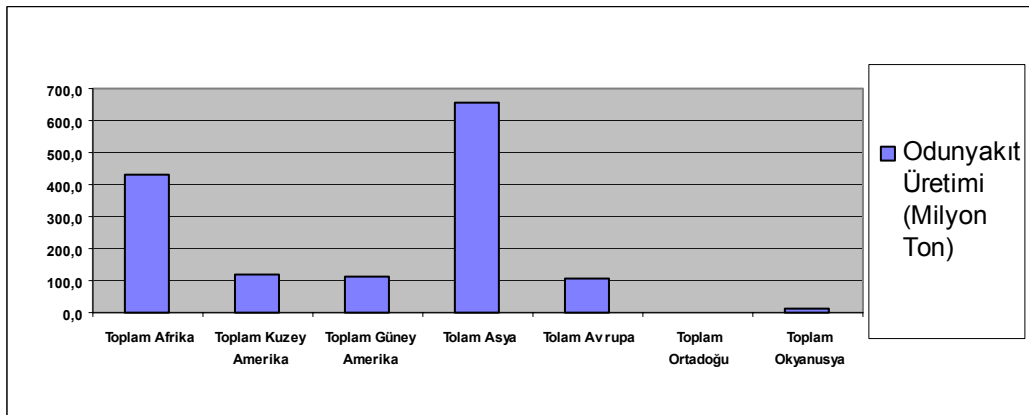
Bölgelerin biyoenerji hammaddeleri üretim miktarları Tablo 1.24'te, 1999 yılı biyoenerji üretim durumu Şekil 1.23'te ve 1999 yılı itibariyle odun yakıt üretim miktarları da Şekil 1.23'te verilmiştir.

Tablo 1.24. Kıtaların biyoenerji hammaddeleri üretim durumu [10].

	Afrika	K. Amerika	G. Amerika	Asya	Avrupa	Ortadoğu	Okyanusya
Şeker Kamışı Üretimi (Bin Ton)	7 983	16 957	27 264	40 244		280	5 938
Üretilebilir Bitki Lifleri Potansiyeli (Bin Ton)	26 025	55 279	88 881	131 197		914	19 358
Odun yakıt Üretimi (Milyon Ton)	428,3	116,8	114,4	656,0	105,9	0,7	11,6



Şekil 1.22. Kıtaların 1999 yılı biyoenerji üretim durumu

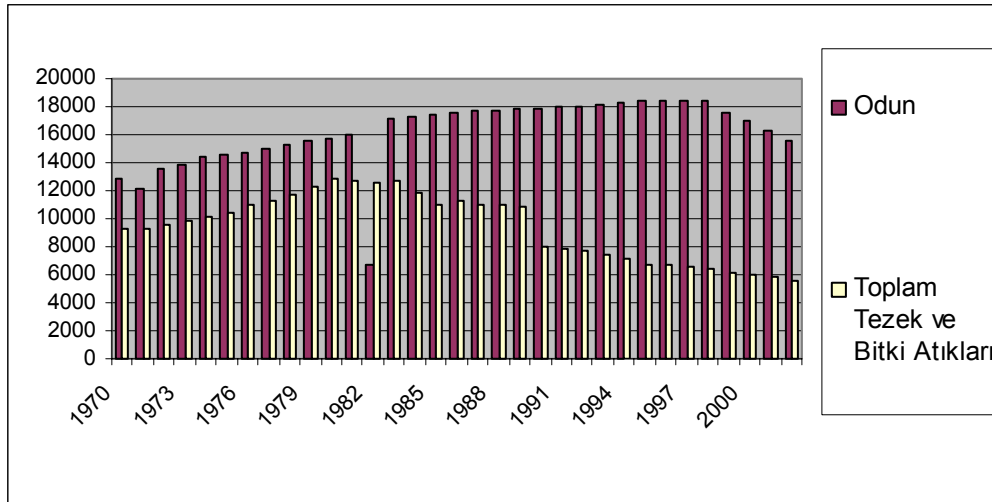


Şekil 1.23. Kıtaların 1999 yılı itibariyle odun yakıt üretimi (milyon ton)

Şekil 1.22 ve Şekil 1.23'ten de görüldüğü gibi, Dünya biyoenerji üretimi hammaddeleri olan şekerkamışı ve ormanların bol olduğu Asya ve Güney Amerika kıtalarında yoğunlaşmıştır.

### 1.3.8.2. Türkiye'nin Biyoenerji Durumu

Türkiye henüz yeterli düzeyde teknolojik altyapıyı biyoenerjiye hazırlayamamıştır. Bu yüzden biyogaz, biyodizel gibi yakıt türleri Türkiye biyoenerji tüketiminde pek fazla bir yer tutmamaktadır. Yıllara göre odun ve toplam tezek ve bitki artıkları tüketim değerleri grafiksel olarak Şekil 1.24'te, yıllar itibariyle Türkiye'nin odun, tezek ve bitki atıkları üretim ve tüketimi değerleri ise Tablo 1.25'te verilmiştir.



Şekil 1.24. Yıllara göre odun, toplam tezek ve bitki artıkları tüketim değerleri (bin ton)

Tablo 1.25 ve Şekil 1.25'ten de görüldüğü gibi odun yakıtlar biyoenerji tüketiminin başında başında yer almaktadır. Bitki atıkları ve tezek tüketiminin de büyük kısmının tezelerin oluşturduğu düşünülürse konveksiyonel metotların dışında teknolojik anlamda biyoenerji üretimi Türkiye'de yok denecek kadar azdır.

Tablo 1.25. Yıllar itibariyle Türkiye'nin odun, tezek ve bitki atıkları durumu (bin ton) [10].

Yıllar	Odun	Tezek	Bitki Atıkları	Toplam Tezek ve Bitki Atıkları
1970	12816	8388	865	9253
1971	12189	8382	934	9316
1972	13503	8533	981	9514
1973	13847	8793	1014	9807
1974	14500	9098	990	10088
1975	14562	9456	1039	10495
1976	14734	9900	1102	11002
1977	14989	10214	1062	11276
1978	15248	10665	1086	11751
1979	15506	11157	1101	12258
1980	15765	11639	1200	12839
1981	16023	11582	1107	12689
1982	6760	11470	1137	12607
1983	17086	11424	1324	12748
1984	17256	10682	1226	11908
1985	17368	9608	1431	11039
1986	17570	9672	1671	11343
1987	17693	9264	1795	11059
1988	17711	9251	1737	10988
1989	17815	9069	1817	10886
1990	17870	6434	1597	8031
1991	17970	6366	1551	7917
1992	18071	6060	1712	7772
1993	18173	5705	1673	7378
1994	18272	5373	1700	7073
1995	18374	5069	1696	6765
1996	18374	4922	1744	6666
1997	18374	4774	1800	6574
1998	18374	4620	1776	6396
1999	17642	4390	1793	6183
2000	16938	4170	1811	5981
2001	16263	3961	1829	5790
2002	15614	3763	1846	5609

### 1.3.9. Jeotermal Enerji

Dünyanın merkezine magma tabakasına doğru gidildikçe sıcaklık binlerce dereceye çıkmaktadır. Bunun temel sebebi yerçekimi etkisiyle meydana gelen büyük sıkışmalardır. Yerkürenin derinliklerindeki sıcak tabakalar bazı yerlerde yeryüzüne yaklaşır. Buralarda bulunan sular bu yaklaşmanın etkisiyle ısınır. Isınan bu su elektrik elde edilmesinde kullanılmaktadır. Elde edilen bu enerjiye de jeotermal enerji denir.

Jeotermal kaynakların kullanılmasına dikkat edilmelidir. Kullanılan jeotermal kaynaktan çekilen enerji jeotermal potansiyeli geçmemelidir. Eğer geçerse jeotermal kaynak bölgesi soğur ve kullanılmaz hale gelir. Ayrıca jeotermal kaynakların yenilenebilir

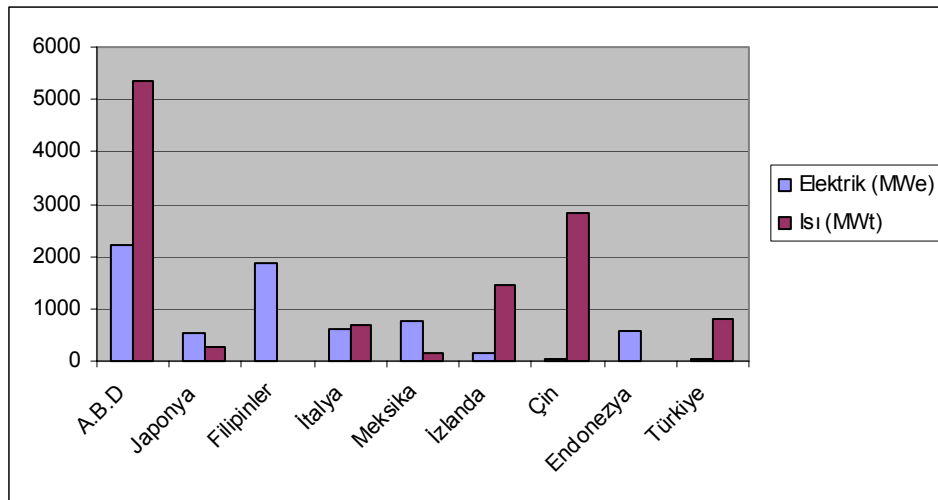
olmasından söz edebilmek için kaynaktan çekilecek enerji kaynak potansiyelini geçmemelidir.

### 1.3.9.1. Dünya'nın Jeotermal Enerji Durumu

Yaklaşık 20 civarında ülkede sürdürülen jeotermal kaynaklı elektrik enerjisi üretiminde en büyük pay ABD'ye aittir. Bunu sırasıyla Filipinler, Meksika, İtalya, Endonezya ve Japonya izlemektedir. Potansiyel bakımından ise ABD, Çin, Filipinler, İzlanda, İtalya ve Türkiye sıralanmaktadır. Tablo 1.26'a bakılırsa Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli bakımından önlerde olduğu görülmektedir.

Tablo 1.26. 1998 yılı itibariyle dünya jeotermal enerji durumu [10].

Ülkeler	Kurulu Güç	
	Elektrik (MWe)	Isı (MWt)
A.B.D	2228	5366
Japonya	547	258
Filipinler	1863	1
İtalya	621	680
Meksika	750	164
İzlanda	170	1469
Yeni Zellanda	410	308
Çin	29	2814
Türkiye	20	820
İspanya		70
<b>Dünya</b>	<b>7704</b>	<b>16649</b>



Şekil 1.25. Jeotermal enerji potansiyeli yüksek olan ülkelerin jeotermal kurulu güçleri

Şekil 1.25'e bakıldığında Türkiye Avrupa'da İtalya ile birlikte en yüksek jeotermal enerjiye sahip olmasına rağmen, jeotermal enerjiye dayalı elektrik üretimi oldukça düşüktür.

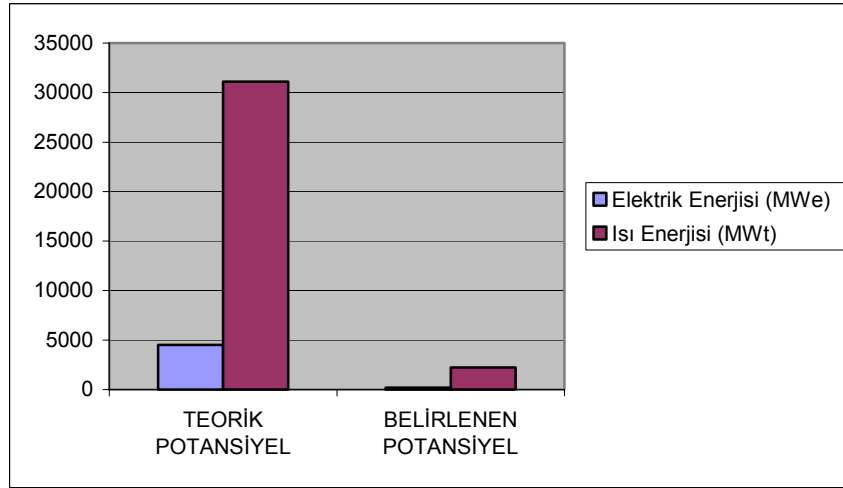
Dünyada jeotermal enerji kapasitesinin çok azından yararlanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ülke ihtiyacına katkısı genelde toplamın %0,1-1,0 arasında iken; bu oran bazı ülkelerde %10'u bulmaktadır. Toplam elektriğin; Nikaragua'da %28'i, Filipinlerde %26'sı El Salvador'da %18'i Kenya'da %11'i jeotermal enerjiden elde edilmektedir [20].

### 1.3.9.2. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Durumu

Türkiye'nin 2001 yılı itibariyle jeotermal enerji durumu Tablo 1.27'de, grafiksel olarak ise Şekil 1.26'da verilmiştir.

Tablo 1.27. 2001 yılı itibariyle Türkiye jeotermal enerji durumu [10].

	TEORİK POTANSİYEL	BELİRLENEN POTANSİYEL
Elektrik Enerjisi (MWe)	4500	200
Isı Enerjisi (MWt)	31100	2250



Şekil 1.26. 2001 yılı itibariyle Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli

Tablo 1.27 ve Şekil 1.26'dan görüldüğü gibi çok yüksek bir teorik jeotermal potansiyele sahip olan Türkiye'de kullanılabilir ve mevcut kurulu güç bakımından çok

düşük seviyelerdedir. Özellikle ısı enerjisi kullanımında yüksek bir teorik potansiyele sahip olan Türkiye bu alanda yatırımlar yapmalıdır.

### 1.3.10. Akıntı Enerjisi

Büyük oranda gel-git etkisiyle oluşan akıntı enerjisine ender de olsa termal farklılıklar ve yoğunluk farklılıkları da kaynaklık edebilir. Orta büyüklükteki gel-gitler büyük dalgaların oluşmasını neden olabilir. Genelde cezir sırasında oluşan dalgaların gücü med sırasında oluşan dalgaların gücüne oranla daha şiddetlidir. Med-cezir geçişlerinde akıntı yönü 180 derece değişmektedir.

Akıntı gücü dünyanın güneşe ve aya göre pozisyonuna, deniz yatağının şekline ve de kıyıların şekline bağlı olarak değişmektedir. Okyanusların derin bölgelerinde ve düz kıyılarda akıntı gücü düşüktür. Bunun yanında Akdeniz gibi etrafı karalarla çevrili denizlerde gel-git düşük seviyelerde oluşmasına karşın bu tip denizlerde de akıntılar meydana gelebilmektedir.

En güçlü akıntılar ayın yeni ay veya dolunay olarak gözlemlendiği sıralarda meydana gelmektedir. Ayın  $\frac{1}{4}$ 'ü veya  $\frac{3}{4}$ 'ü gözlemlendiği zamanlarda ise akıntı gücü minimum değerlerini alır [6].

Bazı akıntılar sadece tek yönlü olarak hareket etmekte ve ayın pozisyonundan ve çekim kuvvetinden büyük oranda etkilenmeden akmaktadır. Bu akıntılar yüksek termal hareketlere bağlı olarak ekvatorlardan soğuk bölgelere doğru hareket etmektedir. Bunları en tipik örneği debisi 80 milyon m<sup>3</sup> olan Golf Stream sıcak su akıntısıdır [6].

Yüksek akıntıların gözlemlendiği yerlerden biri adalarla karalar arasında kalan boğazlardır. Bunun yanında göl, körfez ve liman girişlerinde de yüksek şiddetli akıntılar gözlenebilmektedir. Genelde yüksek akıntılar sığ sularda ve iyi seviyede gel-git meydana geldiğinde görülmektedir.

Akıntı enerjisi kaynak potansiyeli yüksek olan ülkeler İngiltere, İrlanda, İtalya, Filipinler, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin bir bölümüdür. Türkiye ise böyle bir potansiyele sahip değildir. Bu yüzden akıntı enerjisinin Türkiye açısından önem teşkil etmemektedir.

### 1.3.11. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisinin de temeli dolaylı da olsa güneş ışınım enerjisidir. Önceki bölümlerde de açıklandığı gibi güneş ışınimleri rüzgar oluşumuna neden olmaktadır. Okyanus ve deniz yüzeylerindeki rüzgârlar da dalgaları oluşturmaktadır. Su yüzeyine sürtünen rüzgârlar tamamen gelişigüzel olan inişli çıkışlı dalgaları oluşturmaktadır.

Dalgalar yüzyıllar boyu çeşitli nedenlerde insanoğlunun ilgisini çekmiştir. Dalgalar, kullanmak üzere yapılan araştırmalar yüzyıldan beri süregelmektedir. Ancak elektrik elde ediminde kullanmak ise 1970'den sonra çıkan enerji krizlerinden sonra ortaya çıkmıştır. Çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir ve kaynak maliyeti olmayan bu enerji üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye için de önemli bir enerji kaynağıdır. Bu yüzden bu enerji kaynağı üzerine gerekli araştırmalar yapılmalıdır.

### 1.3.12. Gel-Git Enerjisi

Gel-Git, ay ve güneşin manyetik çekim kuvvetleriyle kendi eksenini etrafında dönen dünya üzerindeki okyanuslarda oluşan alçalma ve yükselmelerdir. Gel-git nedeniyle birbiriyle etkileşimde olan birtakım döngüler oluşur. Bu döngüler 4'e ayrılır:

1. Yarım günlük döngüler: Ayın çekim kuvveti ve dünyanın dönmesiyle oluşan döngüler
2. 14 günlük döngüler: Ay ve güneşin beraber oluşturduğu çekim kuvvetiyle oluşur. Maksimum ve minimum gel-git seviyelerini oluşturur.
3. Yarım yıllık döngüler: Ayın dünya yörüngesindeki hareketlerinden oluşur.
4. 19 ile 1600 yıl arasında oluşan döngüler: Değişik karmaşık çekim kuvvetleriyle oluşan döngülerdir [6].

Açık deniz ve okyanusların ortalarında maksimum gel-git genliği 1m civarındadır. Bu genlik kıyılara yaklaştıkça ve haliçlerin bulunduğu bölgelerde artmaktadır. Bunun temel sebebi kıyılara yaklaştıkça deniz tabanındaki sedimentlerin setleşerek gelen gel-git dalgasında kırınım oluşturmalarıdır. Haliçlerde ise haliçlerin şekli dolaylı gel-git dalgalarında oluşan hunileşmeler gel-git dalgasının genliğini artırmaktadır. Bunların yanı



sıra kıyılarda yansımaya uğrayan gel-git dalgaların rezonansın da etkisiyle genlikleri 11m'yi bulmaktadır.

Gel-gitten elde edilecek enerji zamana ve yere göre değişim göstermektedir. Ayrıca gel-gitteki alçalma ve yükselmeler ve döngü periyotları da gel-gitten kazanılacak enerjiyi etkilemektedir.

Gel-gitte oluşan dalga silsilesinin karesi ile elde edilecek enerji arasında yaklaşık olarak doğru orantı olduğu söylenebilir. Ekonomik olacak enerjinin elde edilebilmesi için gel-git seviyelerinin yüksek olduğu yerler tercih edilmelidir. Santrallerde büyük orandaki gel-gitlerin olduğu yerde inşa edilmelidir. Buna uygun yerler İngiltere, Fransa, Kanada'nın batısı, Rusya'nın Pasifik kıyısı, Kore, Çin, Meksika, Şili, Avusturya'nın batısı, Arjantin'in Patagonya sahili ve batı Hindistan'dır [6].

Gel-git enerjisi her ne kadar temiz ve avantajlı bir enerji kaynağı da olsa Türkiye için kullanılması ve yatırım yapılması neredeyse olanaksız bir kaynaktır. Türkiye'nin okyanusa açık kıyısının olmaması, etrafındaki denizlerin genelde iç deniz tipinde olması dolayısıyla büyük gel-gitlerin Türkiye kıyılarında görülmemesi, gel-git enerjisinin Türkiye açısından kullanılabilir özelliklere sahip olmadığını gösterir.

### 1.3.13. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. -252,77°C'da sıvı hale getirilebilir. Sıvı hidrojenin hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ü kadardır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst ısıl değeri 140,9 MJ/kg, alt ısıl değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir [6].

Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiğı ise sudur.

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımını temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su

buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır [19].

Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Hidrojen gazı farklı yöntemlerle elde edildiği gibi su, güneş enerjisi veya onun türevleri olarak kabul edilen rüzgâr, dalga ve biyokütle ile de üretilmektedir.

Hidrojenin belki de en önemli özelliği, depolanabilir olmasıdır. Bilindiği gibi, günümüzde büyük tutarlarda enerji depolamak için hala uygun bir yöntem bulunmuş değildir. Eğer bugün hidroelektrik santrallerinden elde edilen enerjinin depolanması mümkün olsaydı, enerji sorununu bir ölçüde çözmek mümkün olabilirdi. Ancak, elektrik enerjisi için bilinen en iyi depolama yöntemi hala asitli akümülatörlerden başka bir şey değildir.

Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak karbon nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir.

#### **1.3.14. Sıcaklık Gradyent Enerjisi**

Sıcaklık gradyent enerjisi genelde okyanuslardan elde edilen bir enerjidir. Diğer bir adıyla bu enerjiye okyanus termal enerjisi de denmektedir. Okyanus termal enerji çevrimi, tropikal ve yarı tropikal iklimlerin hüküm sürdüğü bölgelerdeki yüzeysel sularda oluşan sıcaklık farkından yararlanılarak oluşturulmaktadır. Okyanus termal enerji çevrimi için 20<sup>0</sup>C'lik bir fark yeterli olacaktır. Böyle bir değer yeterli olması bu bölgelerde bulunan adaların ve bazı gelişmiş ülkelerin ilgisini çekmektedir. Ayrıca okyanus termal enerji çevrimine artan talep bu enerji sahasını yüksek potansiyelli bir pazar haline getirmektedir [6].

Okyanus termal enerji çevrim tesisleri kıyı tabanlı veya yüzen şekilde tesis edilebilir. Bunu belirleyen iki durum vardır. Biri mali olanaklar, diğeri de sıcaklık farkının olduğu lokal bölgenin kıyıda olan uzaklığıdır.

Yüzen okyanus termal enerji çevrim santrallerinden elde edilen enerji okyanus suyunun sıvı hidrojen ve sıvı oksijene çevrilmesinde kullanılır. Elde edilen hidrojen ve oksijen depolanarak enerji ihtiyacı olan diğer ülkelere taşınır. Böylece bu enerji kaynağı yalnızca tropikal ve yarı tropikal iklimlerin hüküm sürdüğü ülkelerde kullanılmaktan kurtularak uluslar arası düzeyde kullanılan bir enerji türü haline gelmektedir. Bunun

yanında elde edilen hidrojenin yakılarak enerji elde ediniminde kullanılacak olması hidrojen enerjisi ile bu enerji arasında ilişkinin olduğunu göstermekte; okyanus termal enerjisinin hidrojen enerjisine kaynaklık ettiğini göstermektedir.

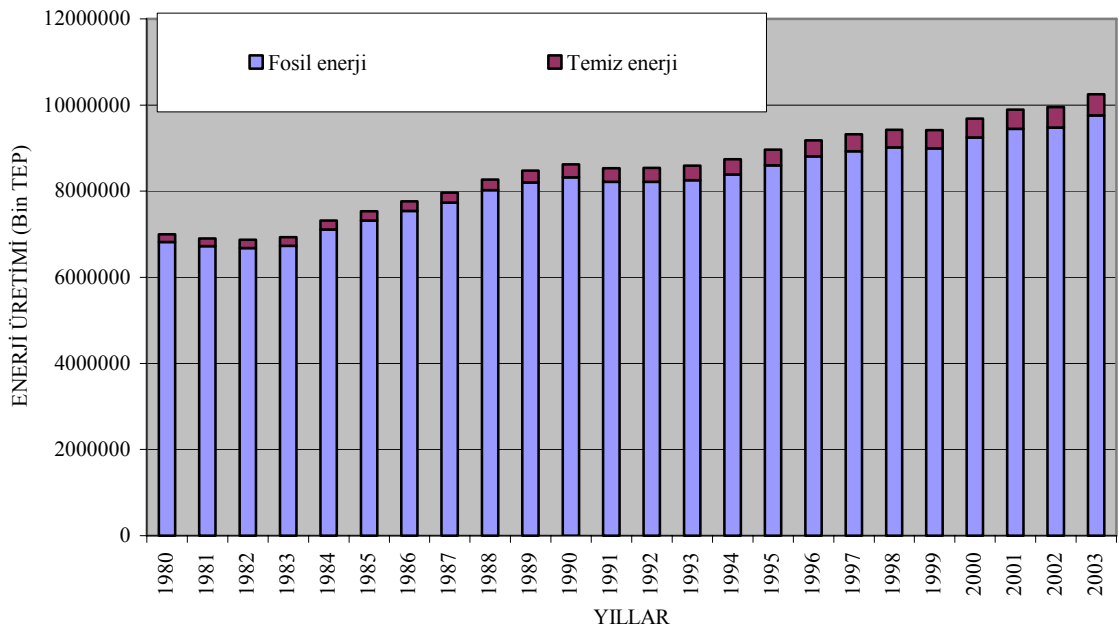
Okyanus termal enerjisinin diğer bir avantajı da gece-gündüz, yaz-kış üretilebilir olmasıdır. Bu yönüyle diğer temiz enerji kaynaklarından farklılık gösterir. Çevre dostu olan bu enerji kaynağı aynı zamanda tesislerinde CO<sub>2</sub> absorbe ederek çevre sağlığına katkıda bulunur. Ayrıca okyanus termal enerji çevrim tesislerinde derin ve soğuk okyanuslardan elde edilen, yararlı mineraller içeren, mikrop barındırmayan içilebilir su elde edilmektedir.

Adı gereği okyanuslardan elde edilen bu enerji kaynağının Türkiye açısından pek fazla önemi yoktur. Okyanuslara uzak bir ülke olan Türkiye için bu enerji kaynağı kullanışlı değildir.

#### 1.4. Enerji Kaynakları Arasında Temiz Enerjinin Yeri

##### 1.4.1. Dünyada Enerji Kaynakları Arasında Temiz Enerji Kaynaklarının Yeri

Dünya'nın fosil ve temiz enerji kaynaklarına göre birincil enerji üretiminin yıllara göre gelişimi Şekil 1.27'de verilmiştir.

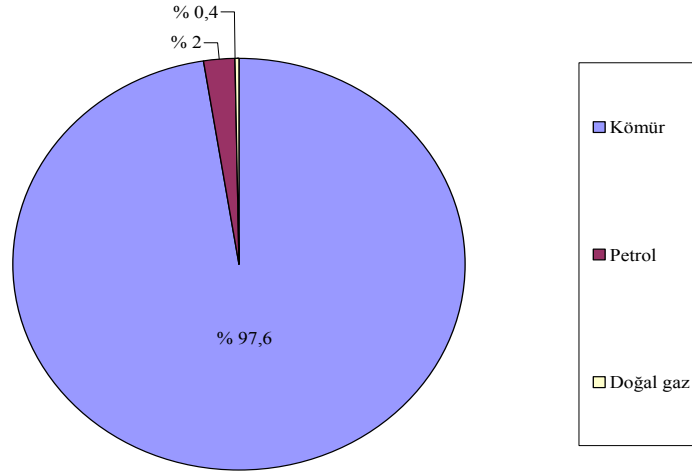


Şekil 1.27. Dünya enerji üretiminde temiz enerji kaynaklarının yeri

Şekil 1.27 incelendiğinde dünyanın fosil ve temiz enerji kaynak üretiminde sürekli bir artış olduğu gözlenmektedir. Temiz enerji kaynaklarının üretim artışı son yirmi üç yıla göre %182 olmasına rağmen temiz enerji üretimi, fosil enerji kaynaklarının üretimine göre çok düşük değerde kalmaktadır.

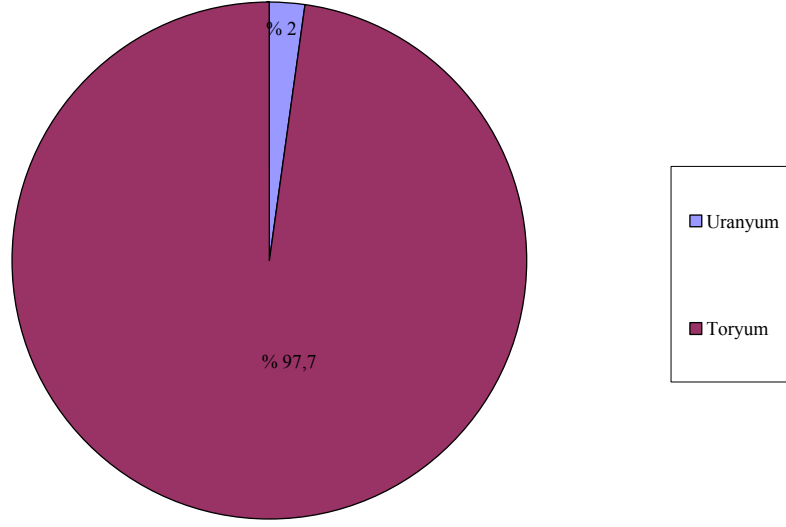
#### 1.4.2. Türkiye’de Enerji Kaynakları Arasında Temiz Enerji Kaynaklarının Yeri

Türkiye’nin kaynaklar itibariyle enerji kaynaklarının rezervlerini kıyasladığımızda, fosil kaynaklar arasında kömürün büyük bir ağırlığının olduğu açıkça görülebilmektedir. Kömür, fosil kaynaklar arasında sahip olduğu 2037 milyar TEP’lik rezervi ile %97,6 gibi önemli bir yere sahiptir. Petrol, 41 milyar TEP’lik rezerv ile %2 ve doğal gaz da yaklaşık 9 milyar TEP’lik rezervi ile %0,4’lük paylara sahiptirler (Şekil 1.28).



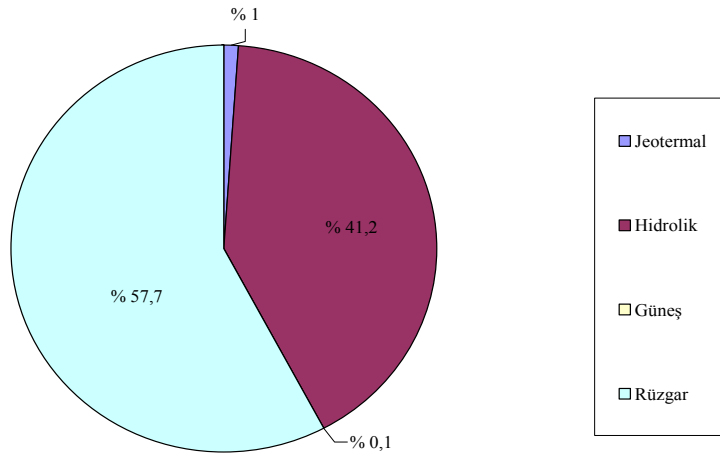
Şekil 1.28. Türkiye’nin fosil kaynak rezervinde kaynakların payı

Günümüzde çok bahsedilmeye başlanan nükleer enerjiden yararlanılması sonucunda, ülkemiz, dünya ile kıyaslandığında önemsiz bir rezerve sahip olduğundan dolayı ihracatçı bir ülke konumunda olacaktır. Ülkemizin nükleer kaynak rezervine bakıldığında 380 milyon TEP (%97,7)’lik bir toryum rezervine ve 9 milyon ton (%2,3)’lük uranyum rezervine sahip olduğu gözükmemektedir (Şekil 1.29).



Şekil 1.29. Türkiye'nin nükleer enerji kaynak rezervinde kaynakların payı

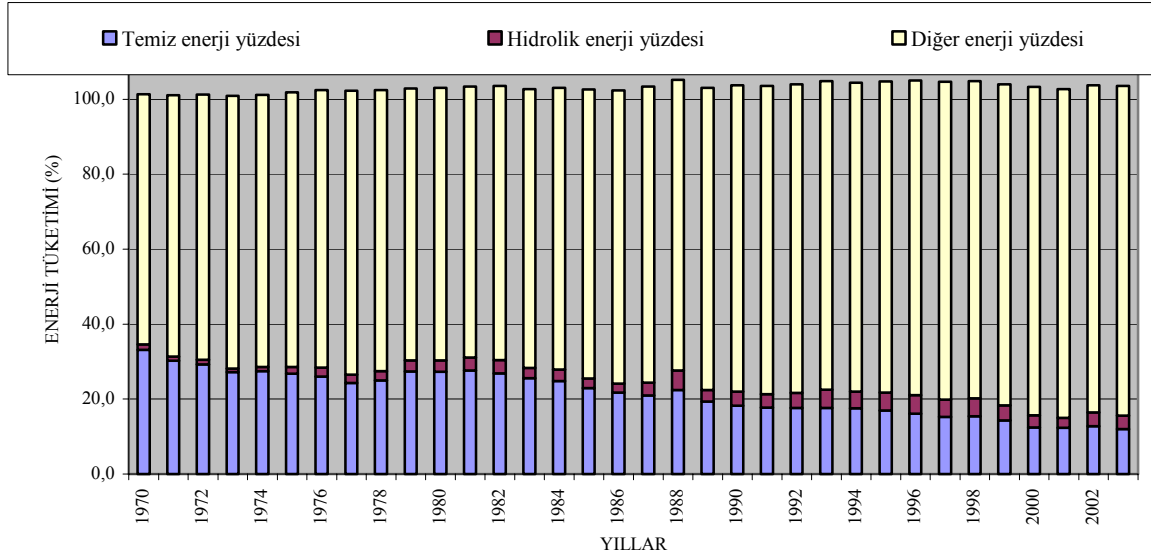
Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynak potansiyelleri incelendiğinde, 15181 milyar TEP'lik potansiyeli ve kaynaklar arasında %57,7'lik payı ile rüzgâr enerjisi Türkiye için en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağını 10845 milyar TEP'lik potansiyel ve %41,2'lik pay ile hidrolik enerji izlemektedir (Şekil 1.30).



Şekil 1.30. Türkiye'nin temiz enerji kaynak rezervinde kaynakların payı

Türkiye'nin enerji tüketiminde fosil kaynaklar, 1970 yılından itibaren günümüze kadar çok etkin bir rol almıştır. 1970 yılında enerji tüketiminde fosil kaynakların payı

%66,8 iken; 1980 yılında %72,7'e; 1990 yılında %81,8'e; 2000 yılında %87,6'a yükselmiştir (Şekil 1.31).



Şekil 1.31. Türkiye'nin enerji tüketiminde enerji kaynaklarının payları

Şekil 1.31 incelendiğinde, yıllar itibariyle yenilenebilir enerjinin enerji kaynakları arasındaki payı, 1970 yılında 6257 bin TEP ile %33,2; 1980 yılında 8719 bin TEP ile %27,3; 1990 yılında 9660 bin TEP ile %18,2; 2000 yılında ise 10091 bin TEP ile %12,4 olduğu görülmektedir. Yıllar itibariyle Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketim miktarı artmasına rağmen enerji kaynakları arasındaki payın baz alınması durumunda yıllar itibariyle düşüşün gerçekleştiği görülmektedir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMA VE BULGULAR

Çalışmada Türkiye ve Dünya'daki toplam enerji ve alternatif enerji kaynakları incelenmiştir. Geçmiş yıllar itibarıyla bulunan toplam enerji ve alternatif enerji kaynaklarının geleceğe yönelik tahminleri yapılmıştır. Analiz yapılırken regresyon analizinden yararlanılmıştır. Analizlerde 2030 yılına kadar ki tahminler bulunmuştur. Özellikle 2008, 2012 ve 2030 yıllarındaki değerler üzerinde durulmuştur. Tahminlerin 2030 yılına kadar yapılmasının sebebi Montreal Zirvesi'ndeki kararların 2030 yılını, Kyoto Protokolü'nün ise 2008-2012 yılları arasındaki periyodu hedef almasıdır.

Araştırmada basit lineer ve non-lineer regresyon analizleri kullanılmıştır. Analiz için kullanılan verilerden Dünya enerji tüketimi için kullanılanlar 1980-2003 döneminden seçilmiştir. Türkiye için alınan veriler ise 1970-2002 yılları arasını kapsamaktadır. Regresyon analizlerinde bağımlı değişken olarak enerji tüketimi, bağımsız değişken olarak ise zaman aralığı (yıllar) kullanılmıştır. Regresyon analizleri incelenirken t (fonksiyonlarda kullanılan değişkenlerin anlamlılıkları) ve F (regresyon denkleminin anlamlılığı) testlerinden yararlanılmıştır.

Sonuçlar teorik beklentiye uyum bakımından irdelenmiş ve istatistik anlamlılık bakımından test edilmiştir. Anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmıştır. Model oluşturulurken en uygun modelin seçimi için Curve Estimation metodu uygulanmıştır. Kullanılan fonksiyonların tanımları Tablo 2.1'deki gibidir:

Tablo 2.1 Analizlerde kullanılan fonksiyon tanımları

<b>Lineer Fonksiyon</b>	$y = \beta_0 + \beta_1 * x + \epsilon$
<b>Logaritmik Fonksiyon</b>	$y = \beta_0 + \beta_1 * \ln x + \epsilon$
<b>Ters Fonksiyon</b>	$y = \beta_0 + \beta_1 / x + \epsilon$
<b>İkinci Dereceden Fonksiyon</b>	$y = \beta_0 + \beta_1 * x + \beta_2 * x^2 + \epsilon$
<b>Kübik Fonksiyon</b>	$y = \beta_0 + \beta_1 * x + \beta_2 * x^2 + \beta_3 * x^3 + \epsilon$
<b>Üs Fonksiyonu</b>	$y = \beta_0 * x^{\beta_1} + \epsilon$
<b>Bileşik Fonksiyon</b>	$y = \beta_0 + \beta_1^x + \epsilon$
<b>S Fonksiyonu</b>	$y = e^{(\beta_0 + \beta_1/x)} + \epsilon$
<b>Artış Fonksiyonu</b>	$y = e^{(\beta_0 + \beta_1 * x)} + \epsilon$
<b>Üssel Fonksiyonu</b>	$y = \beta_0 * e^{\beta_1 * x} + \epsilon$

## 2.1 Dünya Toplam Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu

Tablo 2.2 Dünya fosil ve alternatif enerji tüketimlerini göstermektedir.

Tablo 2.2 Dünya enerji tüketim durumu (bin TEP) [10].

DÜNYA ENERJİ TÜKETİMİ							
Yıllar	Fosil	Fosil Yüzdesi	Alternatif	Alternatif Yüzdesi	Hidrolik	Hidrolik Yüzdesi	Toplam
1980	6552582	94,88	353273	5,12	148165	2,15	6905855
1981	6488605	94,44	381702	5,56	150219	2,19	6870308
1982	6464844	93,94	417239	6,06	153955	2,24	6882084
1983	6505139	93,43	457135	6,57	160934	2,31	6962275
1984	6801100	92,85	523465	7,15	166193	2,27	7324566
1985	6988869	92,25	587234	7,75	168007	2,22	7576103
1986	7135309	92,01	619778	7,99	171881	2,22	7755087
1987	7353312	91,75	660980	8,25	172432	2,15	8014292
1988	7606718	91,5	706975	8,5	179125	2,15	8313694
1989	7745933	91,06	760081	8,94	177668	2,09	8506014
1990	7786398	90,73	795608	9,27	185048	2,16	8582007
1991	7741098	90,32	829331	9,68	188462	2,2	8570429
1992	7716610	90,09	848676	9,91	189263	2,21	8565286
1993	7785172	89,83	881120	10,17	200033	2,31	8666291
1994	7881824	89,74	901147	10,26	201688	2,3	8782972
1995	8033545	89,52	940235	10,48	211671	2,36	8973780
1996	8235944	89,46	970094	10,54	214877	2,33	9206038
1997	8307892	89,41	984051	10,59	219932	2,37	9291942
1998	8319899	89,2	1007281	10,8	220346	2,36	9327181
1999	8431508	88,98	1044204	11,02	223833	2,36	9475712
2000	8629473	88,87	1081134	11,13	228051	2,35	9710607
2001	8735042	88,82	1099565	11,18	220122	2,24	9834607
2002	8896502	88,64	1139978	11,36	225243	2,24	10036480
2003	9146368	88,81	1152485	11,19	228276	2,22	10298853

Tablo 2.2'e bakıldığında her ne kadar zamanla fosil enerji üretiminin toplam enerji tüketimindeki payı azalmış olsa da, fosil enerji üretimi artmaya devam etmiştir. Bunun yanında alternatif enerji kaynaklarına baktığımızda hem toplam enerji üretimindeki payı hem de genel olarak üretim miktarının arttığı görülmektedir.

Dünya yıllar itibarıyla nüfus artışına paralel olarak enerji tüketiminde de artış göstermektedir. Tablo 2.2 toplam enerji tüketimini ve fosil enerjini ve alternatif enerjinin



toplam enerji tüketimi içindeki paylarını göstermektedir. Tablodan görüldüğü gibi fosil enerji tüketim payındaki azalışa karşın alternatif enerji tüketim payı artmamaktadır.

Dünya enerji tüketimine uygun bir model bulmak ve gelecekteki dünya enerji tüketimini tahmin etmek amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 2.3). Yapılan analizde 1980-2003 yılları arasındaki dünya enerji tüketim verileri kullanılmıştır. Tablolardaki sembollerden  $Sd_i$  Serbestlik Derecelerini,  $b_i$  Denklem Katsayılarını,  $R^2$  Belirlilik Katsayısını, F Varyans Oran Katsayısını ve t Anlamlılık Katsayısını ifade etmektedir.

Tablo 2.3 Dünya toplam enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri

Fonksiyon	Model Özeti					Parametre Tahminleri			
	$R^2$	F	$Sd_1$	$Sd_2$	Anlamlılık Düzeyi	Sabit	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Lineer	0,964	589,0	1	22	0,000	6334307,0	109884,86652		
Logaritmik	0,827	105,0	1	22	0,000	5730059,1	866435,01497		
Ters	0,419	15,9	1	22	0,001	8092584,5	-2445260,50000		
Kuadratik	0,964	283,9	2	21	0,000	6298317,2	118190,20420	-332,20	
Kübik	0,966	189,6	3	20	0,000	6189585,3	165610,93880	-4978,90	123,90
Birleşik	0,957	487,0	1	22	0,000	6406268,1	1,01449		
Üs	0,845	119,7	1	22	0,000	5896560,4	0,11510		
S	0,439	17,2	1	22	0,000	15,9	-0,32888		
Büyüme	0,957	487,0	1	22	0,000	15,7	0,01439		
Üssel	0,957	487,0	1	22	0,000	6406268,1	0,01439		

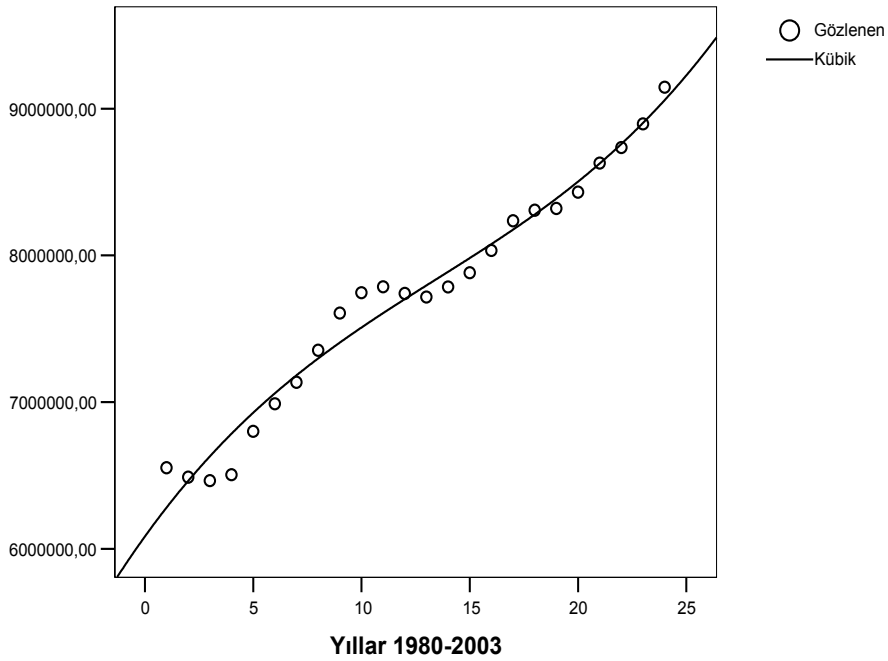
Tablo 2.3'e baktığımızda uygulanabilecek tüm modellerin F testine göre anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durumda  $R^2$  değerlerine bakılarak en yüksek  $R^2$  değerine göre değerlendirme yapılmıştır. İlk önce  $R^2$  değeri en büyük olan kübik model alınarak model parametrelerinin anlamlılıklarına t testine göre bakılmıştır (Tablo 2.4).

Tablo 2.4 Dünya toplam enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
Değişken	165610,939	51101,763	1,480	3,241	0,004
Değişken <sup>2</sup>	-4978,876	4698,893	-1,146	-1,060	0,302
Değişken <sup>3</sup>	123,911	123,711	0,667	1,002	0,328
Sabit ( $\beta_0$ )	6189585,273	150580,517		41,105	0,000

Tablo 2.4'e bakıldığında kübik ve karesel değişkenlerin parametrelerinin %5 anlamlılık düzeyine göre anlamsız çıktığı görülmektedir. Bundan dolayı, bu modelden vazgeçilmiştir. Şekil 2.1'de Dünya enerji tüketim değerleri ile kübik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

### Bin TEP



Şekil 2.1 Dünya toplam enerji tüketimi kübik model grafiği

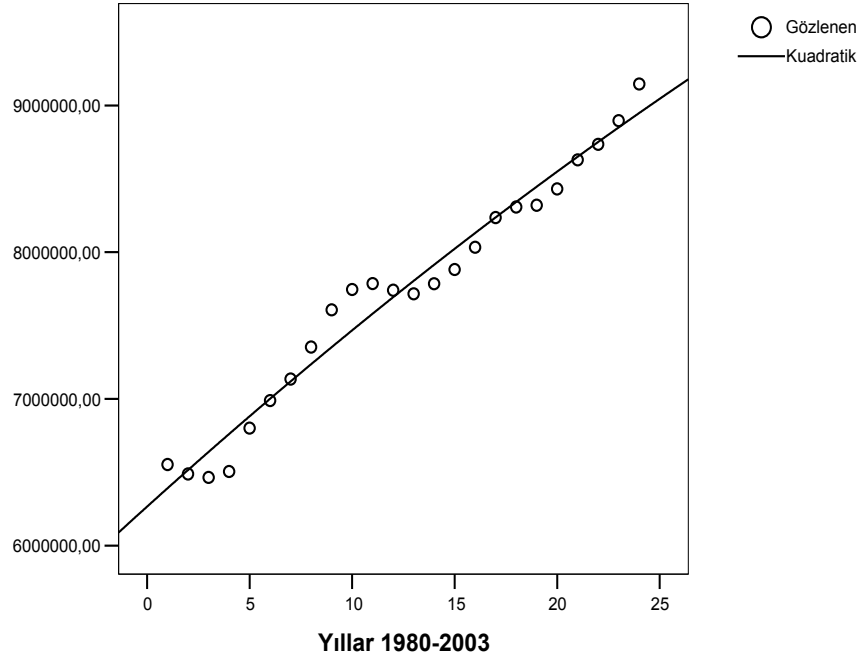
Kübik modelden sonra en anlamlı olan modeller olan lineer ve kuadratik modellere bakılmıştır. İlk olarak kuadratik model incelenmiştir (Tablo 2.5);

Tablo 2.5 Dünya toplam enerji tüketimi için alınan kuadratik model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
Değişken	118190,204	19234,913	1,056	6,145	0,000
Değişken <sup>2</sup>	-332,214	746,947	-0,076	-0,445	0,661
Sabit ( $\beta_0$ )	6298317,164	104363,408		60,350	0,000

Bu modelde tıpkı kübik modelde olduğu gibi katsayılar açısından anlamsız çıkmıştır (Tablo 2.5). Şekil 2.2’de Dünya enerji tüketim değerleri ile kuadratik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

### Bin TEP



Şekil 2.2 Dünya toplam enerji tüketimi kuadratik model grafiği

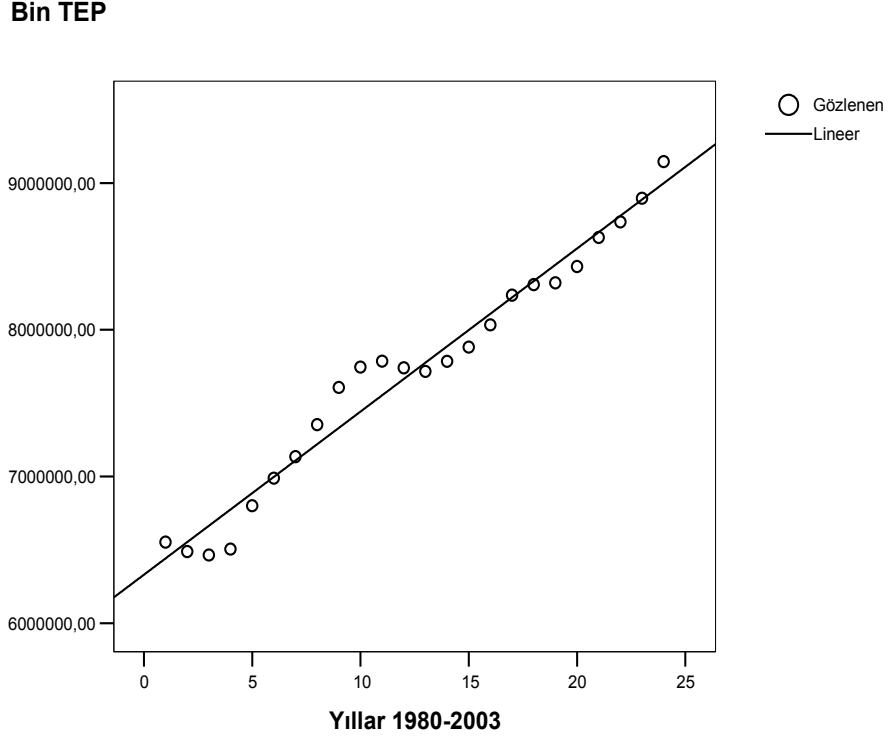
Kübik ve kuadratik model parametrelerini istenilen anlamlılık düzeyi dışında kalması nedeniyle lineer model incelenmiştir (Tablo 2.6);

Tablo 2.6 Dünya toplam enerji tüketimi için alınan lineer model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
<b>Değişken</b>	109884,867	4527,687	0,982	24,270	0,000
<b>Sabit (<math>\beta_0</math>)</b>	6334306,960	64694,714		97,911	0,000

Tablo 2.6’den da görüldüğü gibi lineer model katsayıları %5 anlamlılık düzeyini göre anlamlı bulunmuştur. Teorik olarak hem modelin kendisinin anlamlı çıkması hem de

katsayıların anlamı çıkması lineer modeli seçmemizi uygun kılmaktadır. Ayrıca yüksek bir belirlilik katsayısı elde edilmesi modelin kullanılabilirliğini artırmaktadır. Şekil 2.3'te Dünya enerji tüketim değerleri ile lineer modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 2.3 Dünya toplam enerji tüketimi lineer model grafiği

Lineer model kullanılarak yapılan projeksiyonların 2008-2030 yılları arasındaki sonuçları Tablo 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.7 Yıllar itibarıyla dünya toplam enerji tüketimi lineer model projeksiyon sonuçları (bin TEP)

YILLAR	DÜNYA TOPLAM ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	DÜNYA TOPLAM ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	DÜNYA TOPLAM ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ
2008	9520968,089	2016	10400047,02	2024	11279125,95
2009	9630852,956	2017	10509931,89	2025	11389010,82
2010	9740737,822	2018	10619816,75	2026	11498895,69
2011	9850622,689	2019	10729701,62	2027	11608780,55
2012	9960507,555	2020	10839586,49	2028	11718665,42
2013	10070392,42	2021	10949471,35	2029	11828550,29
2014	10180277,29	2022	11059356,22	2030	11938435,15
2015	10290162,15	2023	11169241,09		

## 2.2 Dünya Alternatif Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu

Dünya toplam enerji tüketim tahminleri bulunduktan sonra dünyada kullanılan alternatif enerji toplamının gelecekteki değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır (Tablo 2.8).

Tablo 2.8 Dünya alternatif enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri

Fonksiyon	Model Özeti					Parametre Tahminleri			
	R <sup>2</sup>	F	Sd <sub>1</sub>	Sd <sub>2</sub>	Anlamlılık Düzeyi	Sabit	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineer	0,982	1221,4	1	22	0,000	359829,6	35022,87174		
Logaritmik	0,917	243,1	1	22	0,000	139926,2	288119,39442		
Ters	0,536	25,4	1	22	0,000	934920,9	-872713,50000		
Kuadratik	0,997	3556,9	2	21	0,000	284541,2	52397,09966	-695,00	
Kübik	0,998	2664,7	3	20	0,000	266941,4	60072,84882	-1447,10	20,10
Birleşik	0,922	261,4	1	22	0,000	409556,8	1,05004		
Üs	0,97	714,1	1	22	0,000	284905,3	0,42637		
S	0,65	40,8	1	22	0,000	13,8	-1,38275		
Büyüme	0,922	261,4	1	22	0,000	12,9	0,04883		
Üssel	0,922	261,4	1	22	0,000	409556,8	0,04883		

Tablo 2.8'e baktığımızda uygulanabilecek tüm modellerin anlamlı olduğu görülmektedir. Özellikle lineer, kuadratik, kübik ve üs fonksiyonlarda yüksek ilişki olduğu

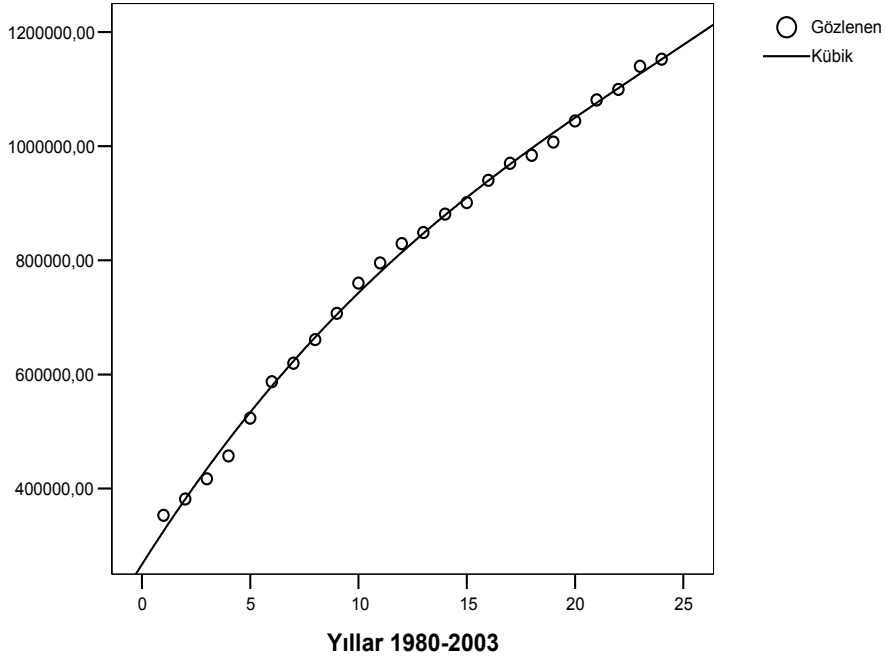
görülmektedir. En yüksek ilişkinin olduğu kübik modelden analize başlanmıştır (Tablo 2.9).

Tablo 2.9 Dünya alternatif enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
Değişken	60072,849	4373,451	1,700	13,736	0,000
Değişken <sup>2</sup>	-1447,100	402,146	-1,055	-3,598	0,002
Değişken <sup>3</sup>	20,057	10,588	0,342	1,894	0,073
Sabit ( $\beta_0$ )	266941,372	12887,160		20,714	0,000

Parametreler olarak değişken ve karesinin katsayılarının anlamlı olduğu görülmektedir. Ancak değişkenin küpü, %5 anlamlılık düzeyinin üstünde çıkmıştır (Tablo2.9). Şekil 2.4’de Dünya alternatif enerji tüketim değerleri ile kübik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

#### Bin TEP



Şekil 2.4 Dünya alternatif enerji tüketimi kübik model grafiği

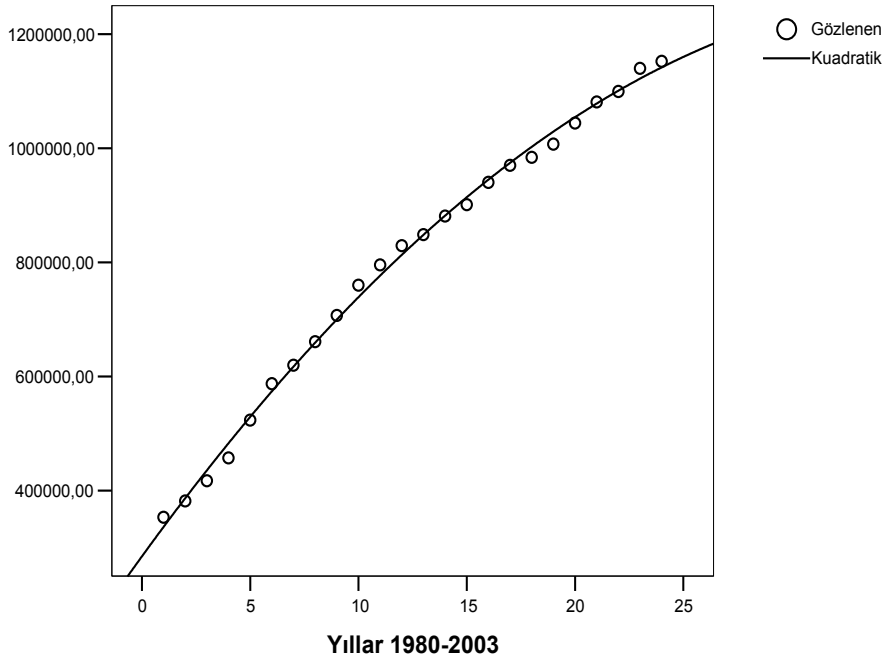
Kübik modelden sonra en yüksek  $R^2$  değerine sahip olan kuadratik model incelenmiştir (Tablo2.10);

Tablo 2.10 Dünya alternatif enerji tüketimi için alınan kuadratik model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
Değişken	52397,100	1744,565	1,483	30,034	0,000
Değişken <sup>2</sup>	-694,969	67,746	-0,506	-10,258	0,000
Sabit ( $\beta_0$ )	284541,241	9465,536		30,061	0,000

Kuadratik modelde alınan tüm parametreler Tablo 2.10’da görüldüğü gibi anlamlı çıkmıştır. Şekil 2.5’te Dünya alternatif enerji tüketim değerleri ile kuadratik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

#### Bin TEP



Şekil 2.5 Dünya alternatif enerji tüketimi kuadratik model grafiği

Kuadratik model seçilerek yapılan projeksiyonların 2008-2030 yılları arasındaki sonuçları Tablo 2.11’de verilmiştir.

Tablo 2.11 Yıllar itibarıyla dünya alternatif enerji tüketimi kuadratik model projeksiyon sonuçları (bin TEP)

YILLAR	DÜNYA ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	DÜNYA ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	DÜNYA ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ
2008	1219588,104	2016	1271821,207	2024	1235098,264
2009	1230982,025	2017	1272095,623	2025	1224253,174
2010	1240986,009	2018	1270980,101	2026	1212018,146
2011	1249600,054	2019	1268474,64	2027	1198393,179
2012	1256824,161	2020	1264579,241	2028	1183378,275
2013	1262658,33	2021	1259293,904	2029	1166973,432
2014	1267102,561	2022	1252618,629	2030	1149178,65
2015	1270156,853	2023	1244553,416		

Kuadratik modelde; değişkenler anlamlı çıkmış, eğrisi de gözlenen değerlere uyumlu olduğu Şekil 2.5’ten de görülmektedir. Ancak, Tablo 2.11’den görüldüğü gibi 2008-2030 yılları arsında seçilen kuadratik model sonucuna göre elde edilen sonuçlar teorik beklentiyle uyumlu değildir. Teorik olarak bu dönemde artması beklenen dünya alternatif enerji tüketiminin 2017 yılından itibaren azalma eğilimine girmiştir. Bu modelden de vazgeçerek lineer model analizi yapılmıştır (Tablo2.12).

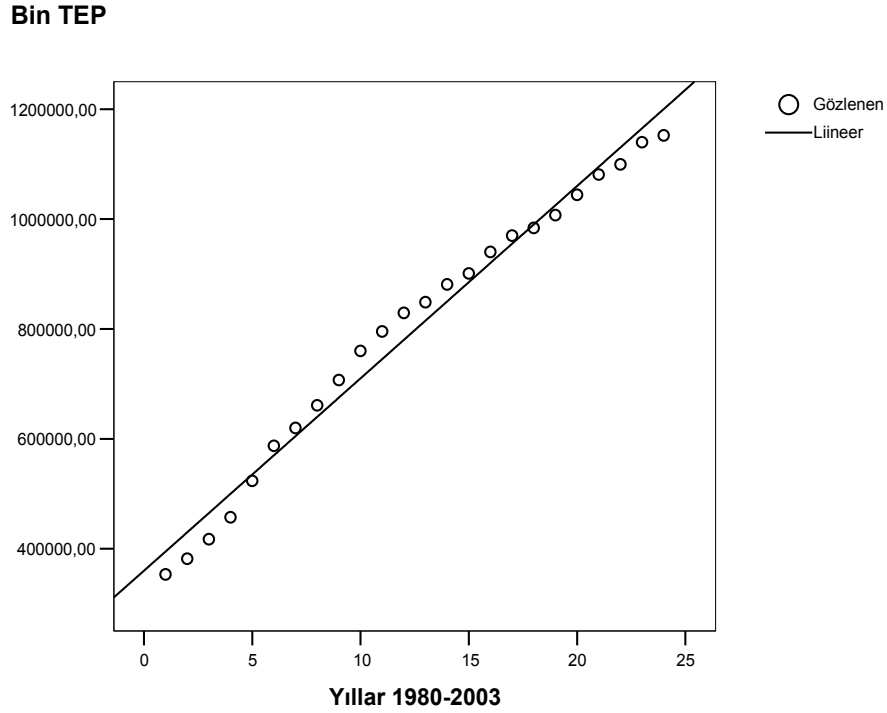
Tablo 2.12 Dünya alternatif enerji tüketimi için alınan lineer model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
<b>Değişken</b>	35022,872	1002,113	0,991	34,949	0,000
<b>Sabit (<math>\beta_0</math>)</b>	359829,562	14318,878		25,130	0,000

Tablo 2.12’den görüldüğü gibi lineer model katsayıları %5 anlamlılık düzeyini göre anlamlı bulunmuştur. Teorik olarak hem modelin kendisinin anlamlı çıkması hem de katsayıların anlamı çıkması lineer modeli seçmemizi uygun kılmaktadır. Ayrıca yüksek bir belirlilik katsayısı elde edilmesi modelin kullanılabilirliğini artırmaktadır. Şekil 2.6’da



Dünya alternatif enerji tüketim değerleri ile lineer modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 2.6 Dünya alternatif enerji tüketimi lineer model grafiği

Lineer model kullanılarak yapılan projeksiyonların 2008-2030 yılları arasındaki sonuçları Tablo 2.13'te verilmiştir.

Tablo 2.13 Yıllar itibarıyla dünya alternatif enerji tüketimi lineer model projeksiyon sonuçları (bin TEP)

YILLAR	DÜNYA ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	DÜNYA ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	DÜNYA ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ
2008	1375492,842	2016	1655675,816	2024	1935858,79
2009	1410515,714	2017	1690698,688	2025	1970881,662
2010	1445538,586	2018	1725721,559	2026	2005904,533
2011	1480561,457	2019	1760744,431	2027	2040927,405
2012	1515584,329	2020	1795767,303	2028	2075950,277
2013	1550607,201	2021	1830790,175	2029	2110973,149
2014	1585630,072	2022	1865813,046	2030	2145996,02
2015	1620652,944	2023	1900835,918		

Dünya toplam enerji ve alternatif enerji tüketim tahminlerinde bulunduktan sonra dünyada kullanılan temiz enerji ve nükleer enerji toplamının gelecekteki değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

### 2.3 Türkiye Toplam Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu

Tablo 2.14'de Türkiye enerji tüketim durumu verilmektedir.

Tablo 2.14 Türkiye enerji tüketim durumu (bin TEP) [10].

TÜRKİYE ENERJİ TÜKETİMİ							
Yıllar	Fosil	Fosil Yüzdesi	Alternatif	Alternatif Yüzdesi	Hidrolik	Hidrolik Yüzdesi	Toplam
1970	12615	66,85	6257	33,15	261	1,38	18872
1971	14026	69,82	6062	30,18	224	1,12	20088
1972	15858	70,76	6553	29,24	276	1,23	22411
1973	17830	72,74	6682	27,26	224	0,91	24512
1974	18526	72,55	7009	27,45	289	1,13	25535
1975	20090	73,22	7347	26,78	508	1,85	27437
1976	21967	73,98	7728	26,02	720	2,42	29695
1977	24569	75,7	7885	24,3	737	2,27	32454
1978	24431	75,01	8140	24,99	803	2,47	32571
1979	22292	72,59	8416	27,41	885	2,88	30708
1980	23254	72,73	8719	27,27	976	3,05	31973
1981	23179	72,32	8870	27,68	1085	3,39	32049
1982	25160	73,17	9228	26,83	1218	3,54	34388
1983	26564	74,42	9133	25,58	975	2,73	35697
1984	28141	75,19	9284	24,81	1155	3,09	37425
1985	30377	77,1	9022	22,9	1036	2,63	39399
1986	33224	78,23	9248	21,77	1021	2,4	42472
1987	37046	79,02	9837	20,98	1601	3,41	46883
1988	37169	77,58	10741	22,42	2490	5,2	47910
1989	40898	80,66	9807	19,34	1543	3,04	50705
1990	43327	81,77	9660	18,23	1991	3,76	52987
1991	44639	82,24	9639	17,76	1951	3,59	54278
1992	46682	82,35	10002	17,65	2285	4,03	56684
1993	49642	82,37	10623	17,63	2920	4,85	60265
1994	48776	82,49	10351	17,51	2630	4,45	59127
1995	52900	83,07	10779	16,93	3057	4,8	63679
1996	58634	83,93	11228	16,07	3481	4,98	69862
1997	62550	84,78	11229	15,22	3424	4,64	73779
1998	63229	84,63	11480	15,37	3632	4,86	74709
1999	63652	85,7	10623	14,3	2982	4,01	74275
2000	71160	87,58	10091	12,42	2656	3,27	81251
2001	66619	87,71	9332	12,29	2065	2,72	75951
2002	68390	87,23	10013	12,77	2897	3,7	78403
2003	73954	88,04	10051	11,96	3038	3,62	84005

Türkiye’de Planlı kalkınma döneminde, büyüyen ekonomiye, gelişen ve çeşitlenen sanayi faaliyetlerine ve değişen demografik yapıya paralel olarak ülkemizin birincil enerji ve elektrik tüketiminde önemli artışlar kaydedilmiştir. Ülke enerji ihtiyacının karşılanması için o nispette yapılacak olan enerji üretiminin nasıl yapılacağı ve hangi kaynakların kullanılacağı sorunu uzun soluklu bir çalışma olup büyük yatırımlara, uzun zamanlara ve istikrara ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden gelecek enerji ihtiyacının tahmin edilmesi daha şimdiden yapılması gerekmektedir.

Tablo 2.14 yapılan analizler veri olarak kullanılmıştır. Bu analizlerde de 1970-2003 yılları arasındaki Türkiye toplam ve alternatif enerji tüketim değerleri veri olarak kullanılmıştır. Öncelikle Türkiye toplam enerji tüketimi model özeti ve parametre tahminleri yapılmıştır (Tablo2.15).

Tablo 2.15 Türkiye toplam enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri

Fonksiyon	Model Özeti					Parametre Tahminleri			
	r <sup>2</sup>	F	Sd <sub>1</sub>	Sd <sub>2</sub>	Anlamlılık Düzeyi	Sabit	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineer	0,97	1030,1	1	32	0,000	13028,1	1982,32620		
Logaritmik	0,742	92,1	1	32	0,000	-4544,5	20060,24901		
Ters	0,317	14,9	1	32	0,001	55151,0	-61360,20000		
Kuadratik	0,987	1136,1	2	31	0,000	19255,5	944,41817	29,70	
Kübik	0,987	780,4	3	30	0,000	21027,8	377,46843	69,60	-0,80
Birleşik	0,984	1945,6	1	32	0,000	20204,0	1,04490		
Üs	0,873	219,5	1	32	0,000	12524,5	0,47857		
S	0,453	26,5	1	32	0,000	10,9	-1,61284		
Büyüme	0,984	1945,6	1	32	0,000	9,9	0,04392		
Üssel	0,984	1945,6	1	32	0,000	20204,0	0,04392		

Türkiye toplam enerji tüketimi için yapılan analizde de Dünya toplam enerji tüketiminde yapılan analizde olduğu gibi tüm modeller anlamlı çıkmış ve tüm modeller için yüksek belirlilik katsayısı değerleri elde edilmiştir.

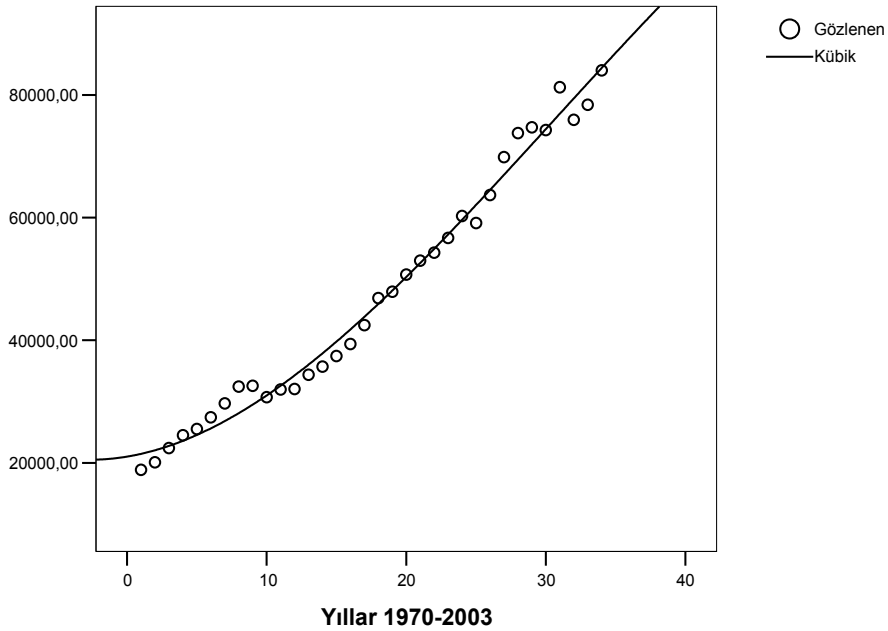
Tablo 2.15’e baktığımızda uygulanabilecek tüm modellerin anlamlı olduğu görülmektedir. En yüksek R<sup>2</sup> değerinin kübik ve kuadratik fonksiyonlara ait olduğu görülmektedir. Kübik model alınarak inceleme yapılmıştır (Tablo 2.16);

Tablo 2.16 Türkiye toplam enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
Değişken	377,468	443,551	0,188	0,851	0,402
Değişken <sup>2</sup>	69,570	29,221	1,247	2,381	0,024
Değişken <sup>3</sup>	-0,760	0,549	-0,448	-1,384	0,177
Sabit ( $\beta_0$ )	21027,774	1818,854		11,561	0,000

Tablo 2.16'ya bakıldığında seçilen kübik modele göre iki parametrenin katsayıları %5 anlamlılık düzeyine göre anlamsız çıktığı görülmektedir. Şekil 2.7'de Türkiye enerji tüketim değerleri ile kübik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

## Bin TEP



Şekil 2.7 Türkiye toplam enerji tüketimi kübik model grafiği

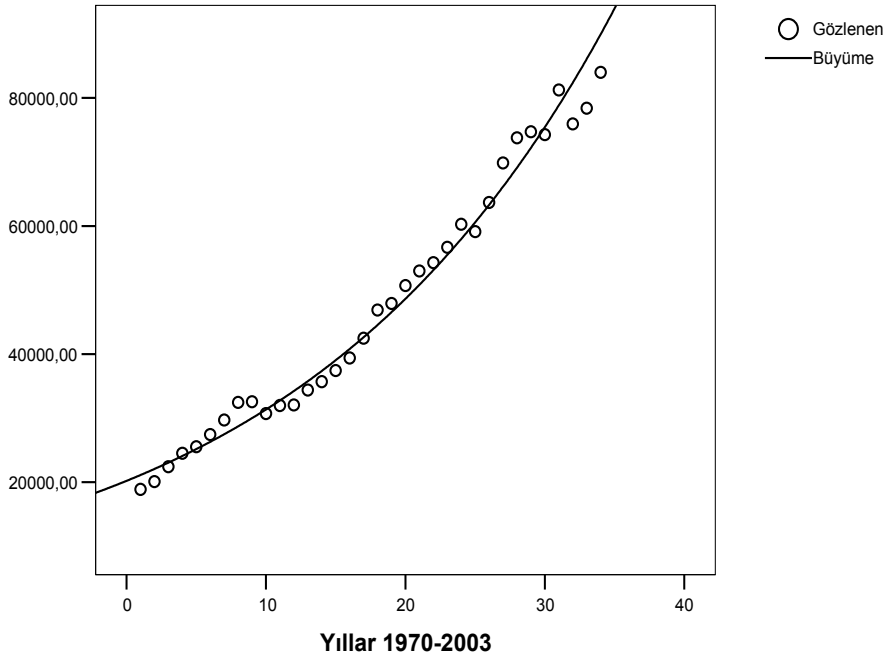
Kübik model parametrelerinin istenilen anlamlılık düzeyini sağlaması sonucu diğer fonksiyonlardan biri olan büyüme fonksiyon analizlerini yapılandır (Tablo 2.17).

Tablo 2.17 Türkiye toplam enerji tüketimi için alınan büyüme fonksiyon model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
Değişken	0,044	0,001	0,992	44,109	0,000
Sabit ( $\beta_0$ )	9,914	0,020		496,244	0,000

Tablo 2.17'den de anlaşılacağı gibi parametreler istenilen anlamlılık düzeyini sağlamaktadır. Yapılan t testi sonuçları anlamlı çıktığından birleşik fonksiyon Türkiye enerji tüketimi projeksiyonları için model olarak kullanılabilir. Şekil 2.8'de Türkiye enerji tüketim değerleri ile büyüme fonksiyon modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

#### Bin TEP



Şekil 2.8 Türkiye toplam enerji tüketimi büyüme fonksiyon model grafiği

Türkiye toplam enerji tüketimi için, 2030 yılına kadar büyüme fonksiyonu modeli kullanılarak yapılan projeksiyon sonuçları, Tablo 2.18'de verilmektedir.

Tablo 2.18 Yıllar itibarıyla Türkiye toplam enerji tüketimi büyüme fonksiyonu projeksiyon sonuçları (bin TEP)

YILLAR	TÜRKİYE TOPLAM ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	TÜRKİYE TOPLAM ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	TÜRKİYE TOPLAM ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ
2008	112036,561	2016	159205,8715	2024	226234,2692
2009	117067,0524	2017	166354,2858	2025	236392,2884
2010	122323,4151	2018	173823,6672	2026	247006,4072
2011	127815,7907	2019	181628,427	2027	258097,1046
2012	133554,7765	2020	189783,6241	2028	269685,7793
2013	139551,4453	2021	198304,9932	2029	281794,7906
2014	145817,3672	2022	207208,9755	2030	294447,5019
2015	152364,6318	2023	216512,7505		

#### 2.4 Türkiye Alternatif Enerji Tüketim Analizi ve Projeksiyonu

Yapılacak karşılaştırmalar ve fosil enerji kaynakları projeksiyonlarının elde edilmesi için gerekli olan alternatif enerji kaynakları tüketiminin gelecekteki değerleri de tahmin edilmelidir. Bu doğrultuda uygun bir model kurularak tahminler yapılmıştır (Tablo 2.19);

Tablo 2.19 Türkiye alternatif enerji tüketimi için model özeti ve parametre tahminleri

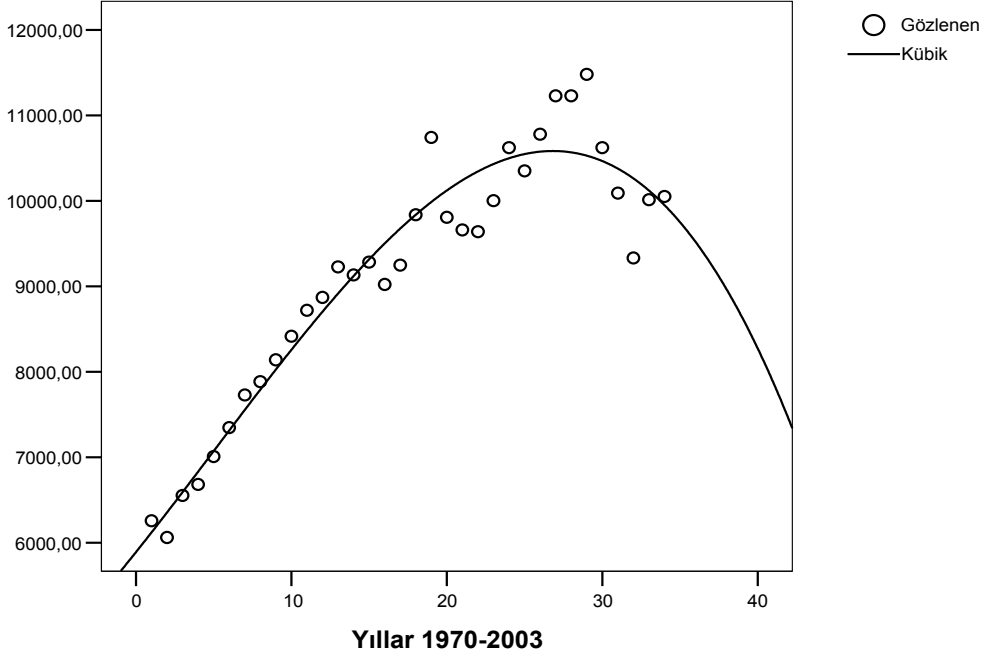
Fonksiyon	Model Özeti					Parametre Tahminleri			
	R <sup>2</sup>	F	Sd <sub>1</sub>	Sd <sub>2</sub>	Anlamlılık Düzeyi	Sabit	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineer	0,784	116,0	1	32	0,000	6823,9	132,86555		
Logaritmik	0,857	192,5	1	32	0,000	4960,5	1607,70860		
Ters	0,507	32,9	1	32	0,000	9849,8	-5785,10000		
Kuadratik	0,92	179,0	2	31	0,000	5494,9	354,36510	-6,30	
Kübik	0,928	128,0	3	30	0,000	5890,0	227,96961	2,60	-0,20
Birleşik	0,775	110,2	1	32	0,000	6881,7	1,01558		
Üs	0,894	269,8	1	32	0,000	5467,9	0,19215		
S	0,564	41,4	1	32	0,000	9,2	-0,71397		
Büyüme	0,775	110,2	1	32	0,000	8,8	0,01546		
Üssel	0,775	110,2	1	32	0,000	6881,7	0,01546		

Tablo 2.19'dan görüleceği üzere F testi sonucunda modeller anlamlı bulunmuştur. Bağımsız değişkenin katsayısının teorik olarak pozitif olması beklenmiştir. Teorik olarak enerji değişkeni katsayısının pozitif çıkması beklenir. Elde edilen sonuçlara göre fonksiyonların katsayıları teorik beklentiyle uyumludur Tablo (2.20).

Tablo 2.20 Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan kübik model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
<b>Değişken</b>	227,970	79,157	1,519	2,880	0,007
<b>Değişken<sup>2</sup></b>	2,570	5,215	0,618	0,493	0,626
<b>Değişken<sup>3</sup></b>	-0,169	0,098	-1,341	-1,729	0,094
<b>Sabit (<math>\beta_0</math>)</b>	5890,046	324,595		18,146	0,000

Yapılan t-testi sonucuna göre kübik fonksiyon katsayıları  $\alpha=5\%$  için anlamlı bulunmamıştır. Anlamlı fonksiyonlar içinde kübik fonksiyondan sonra en yüksek  $R^2$  değerine sahip kuadratik fonksiyon seçilmiştir. Şekil 2.9'da Türkiye alternatif enerji tüketim değerleri ile kübik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

**Bin TEP**

Şekil 2.9 Türkiye alternatif enerji tüketimi kübik model grafiği

Grafik incelendiğinde düşüş eğilimi olduğu görülmektedir. Bu durum teorik beklentiye uymadığı için bu modelden vazgeçilmiştir.

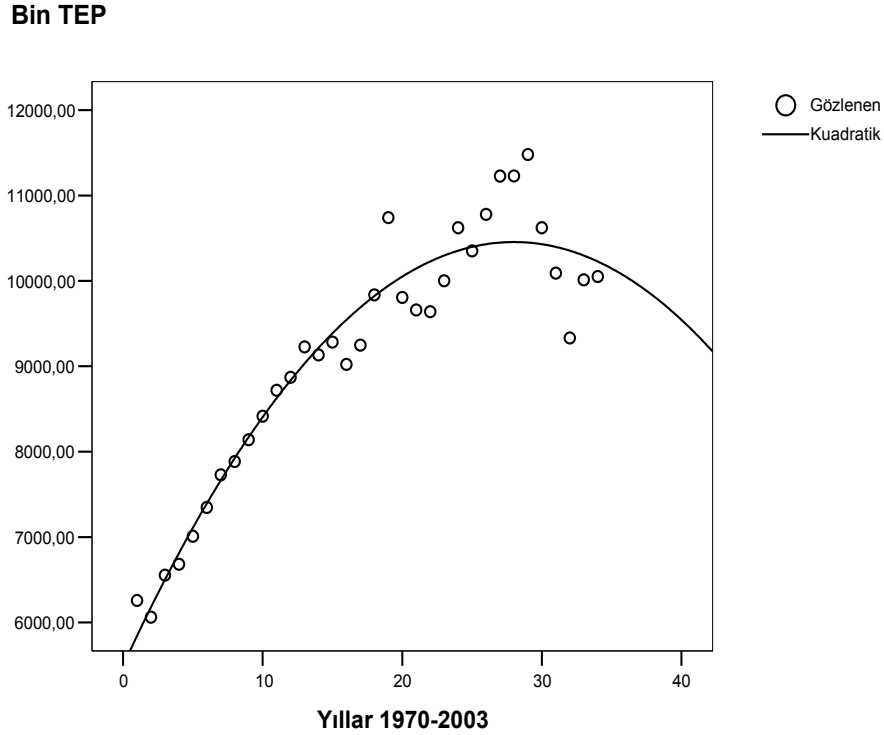
Türkiye alternatif enerji tüketimi için kuadratik model incelemesi yapılmıştır (Tablo2.21);

Tablo 2.21 Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan kuadratik model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
<b>Değişken</b>	354,365	31,330	2,361	11,311	0,000
<b>Değişken<sup>2</sup></b>	-6,329	0,868	-1,521	-7,288	0,000
<b>Sabit (<math>\beta_0</math>)</b>	5494,944	237,825		23,105	0,000



Yapılan kuadratik model analizi sonuçlarına göre tüm parametrelerin katsayıları anlamlı çıkmıştır (Tablo 2.21). Şekil 2.10'da Türkiye alternatif enerji tüketim değerleri ile kuadratik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.



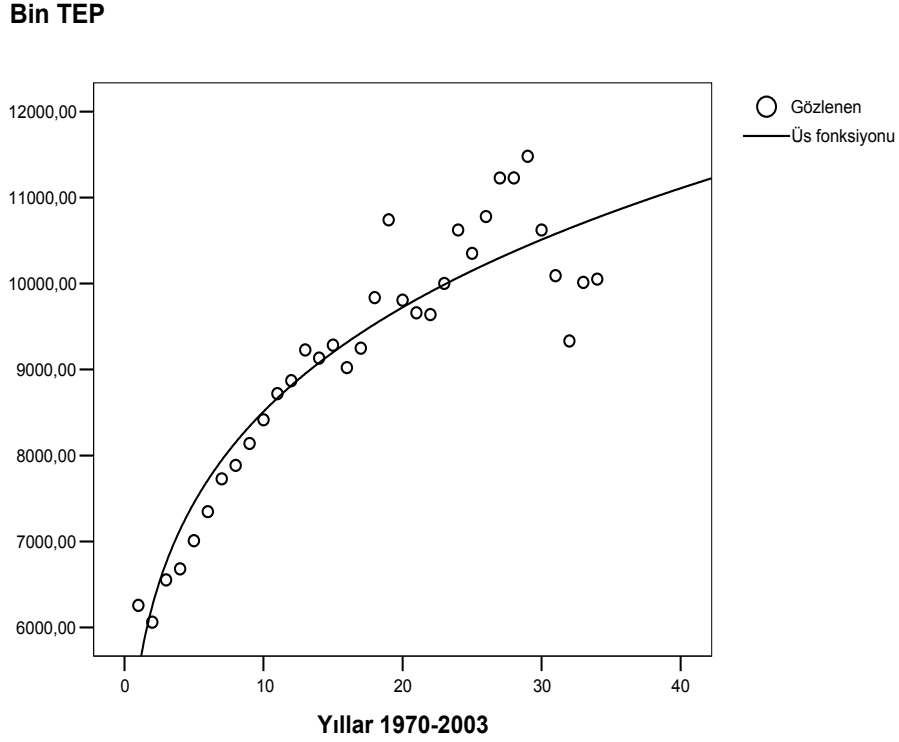
Şekil 2.10 Türkiye alternatif enerji tüketimi kuadratik model grafiği

Kübik modelde olduğu gibi grafikte eğri yıllara göre azalış trendi içinde olduğu için teorik beklentiyi karşılamamaktadır. Bu durumda üs fonksiyonu kullanılarak analizler yapılmıştır (Tablo 2.22).

Tablo 2.22 Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan üs fonksiyonu model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
<b>Değişken</b>	0,192	0,012	0,945	16,424	0,000
<b>Sabit (<math>\beta_0</math>)</b>	5467,895	175,265		31,198	0,000

Seçilen üs fonksiyonu model parametrelerinin anlamlı olduğu Tablo 2.22'den görülmektedir. Şekil 2.11'de Türkiye alternatif enerji tüketim değerleri ile lineer modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 2.11 Türkiye alternatif enerji tüketimi üs fonksiyonu model grafiği

2008'den 2030'a kadar üs fonksiyonu kullanılarak yapılan gelecek alternatif enerji tüketim tahminleri, Tablo 2.23'te verilmiştir.

Tablo 2.23 Yıllar itibarıyla Türkiye alternatif enerji tüketimi üs fonksiyonu projeksiyon sonuçları (bin TEP)

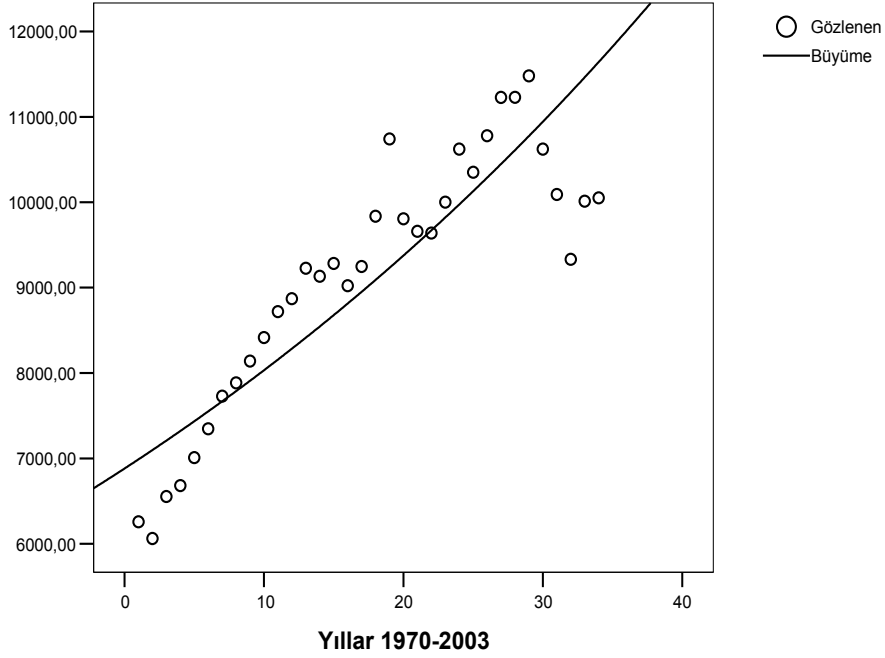
YILLAR	TÜRKİYE ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	TÜRKİYE ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	TÜRKİYE ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ
2008	11054,42115	2016	11457,93031	2024	11809,2673
2009	11108,32863	2017	11504,37514	2025	11850,22389
2010	11161,15813	2018	11550,04476	2026	11890,59384
2011	11212,95674	2019	11594,96753	2027	11930,39563
2012	11263,76841	2020	11639,17025	2028	11969,64685
2013	11313,63427	2021	11682,67823	2029	12008,36424
2014	11362,59281	2022	11725,51546	2030	12046,5638
2015	11410,68018	2023	11767,70464		

Burada da elde edilen sonuçlar teorik beklentiyle pek fazla uyumlu değildir. Son üç yılda ekonomisinde hızlı bir büyüme trendi yakalayan Türkiye yakın yıllarda alternatif enerji kaynaklarını yatırım yapma niyetindedir. Bu çerçevede değerlendirildiğinde tıpkı toplam enerji tüketiminde olduğu gibi büyüme fonksiyonunun seçilmesi uygun olacaktır (Tablo 2.24).

Tablo 2.24 Türkiye alternatif enerji tüketimi için alınan büyüme fonksiyonu model katsayıları

Parametreler	Standardize Edilmemiş		Standardize Edilmiş	t	Anlamlılık Düzeyi
	$\beta_1$	Standart Hata	$\beta_1$		
Değişken	0,015	0,001	0,880	10,498	0,000
Sabit ( $\beta_0$ )	8,837	0,030		298,994	0,000

Uygulanan t testi sonucuna göre parametreler anlamlı bulunmuştur (Tablo 2.24). Şekil 2.12’de Türkiye alternatif enerji tüketim değerleri ile büyüme fonksiyonu modelinden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi verilmiştir.

**Bin TEP**

Şekil 2.12 Türkiye alternatif enerji tüketimi büyüme fonksiyonu model grafiği

2008'den 2030'a kadar büyüme fonksiyonu kullanılarak yapılan gelecek alternatif enerji tüketim tahminleri Tablo 2.25'te verilmiştir.

Tablo 2.25 Yıllar itibarıyla Türkiye alternatif enerji tüketimi büyüme fonksiyonu projeksiyon sonuçları (bin TEP)

YILLAR	TÜRKİYE ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	TÜRKİYE ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	YILLAR	TÜRKİYE ALTERNATİF ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ
2008	12578,36439	2016	14234,8523	2024	16109,48878
2009	12774,39294	2017	14456,69652	2025	16360,54843
2010	12973,47652	2018	14681,9981	2026	16615,52074
2011	13175,66273	2019	14910,81091	2027	16874,46669
2012	13380,99993	2020	15143,18967	2028	17137,44821
2013	13589,53723	2021	15379,18995	2029	17404,52818
2014	13801,32449	2022	15618,86821	2030	17675,77048
2015	14016,41237	2023	15862,28174		

### 3. İRDELEME

Çalışmada Türkiye ve Dünyadaki 2008, 2012, 2030 yıllarındaki toplam ve alternatif enerji tüketim projeksiyon sonuçları elde edilmeye çalışılmıştır. Burada temel amaç gelecekteki toplam enerji içindeki fosil ve alternatif enerji oranlarını belirleyerek alternatif enerji kullanımını artırıcı tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Çünkü bulunan bu sonuçlar; özellikle de fosil enerji tüketimindeki artış; gelecekte aynı durumun devam etmesi durumunda Türkiye’de ve dünyada enerji temini ve çevreye etkileri açısından büyük sıkıntılar doğuracaktır. Sonuçlar Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.1 Türkiye ve dünya toplam ve alternatif enerji tahminleri

<b>TÜRKİYE</b>			
<b>Yıllar</b>	<b>Toplam Enerji</b>	<b>Fosil Enerji</b>	<b>Sürdürülebilir Enerji</b>
<b>2008</b>	<b>112037</b>	<b>99458</b>	<b>12578</b>
<b>2012</b>	<b>133555</b>	<b>120174</b>	<b>13381</b>
<b>2030</b>	<b>294448</b>	<b>276772</b>	<b>17676</b>
<b>DÜNYA</b>			
<b>Yıllar</b>	<b>Toplam Enerji</b>	<b>Fosil Enerji</b>	<b>Sürdürülebilir Enerji</b>
<b>2008</b>	<b>9520968</b>	<b>8145475</b>	<b>1375493</b>
<b>2012</b>	<b>9960508</b>	<b>8444923</b>	<b>1515584</b>
<b>2030</b>	<b>11938435</b>	<b>9792439</b>	<b>2145996</b>

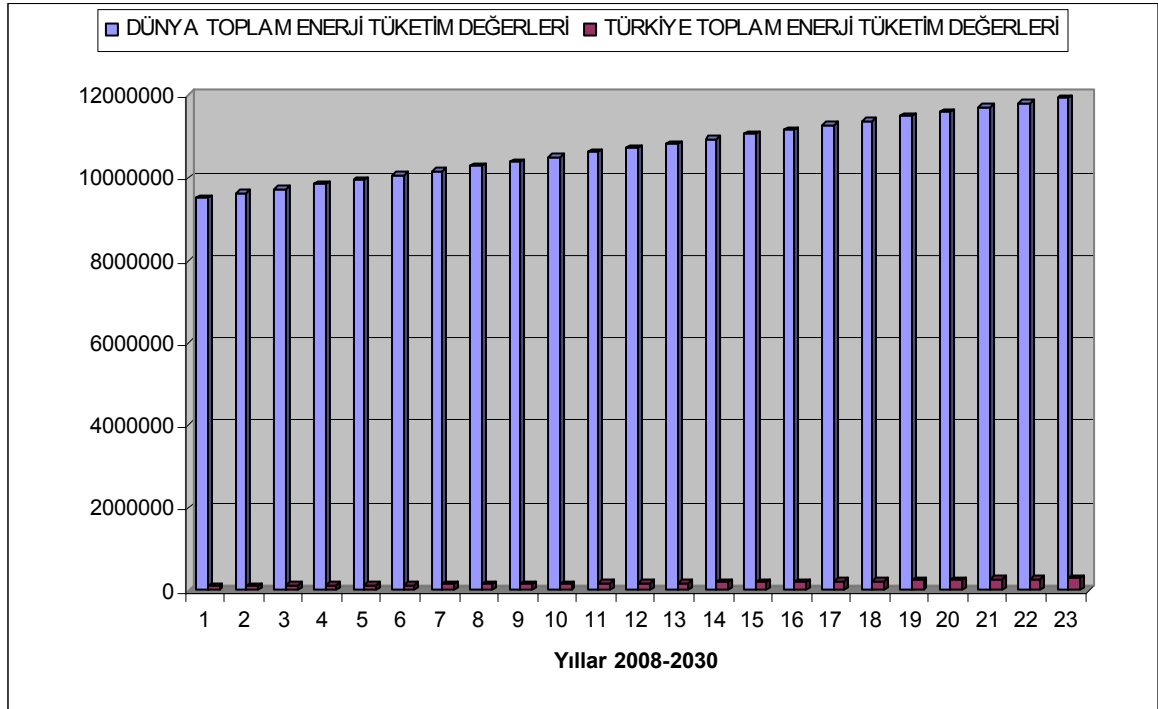
Tablo 3.2’de Türkiye ve dünya enerji tüketim tahminleri oranları

<b>TÜRKİYE</b>			
<b>Yıllar</b>	<b>Toplam Enerji</b>	<b>Fosil Enerji</b>	<b>Sürdürülebilir Enerji</b>
<b>2008</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>11</b>
<b>2012</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>10</b>
<b>2030</b>	<b>100</b>	<b>94</b>	<b>6</b>
<b>DÜNYA</b>			
<b>Yıllar</b>	<b>Toplam Enerji</b>	<b>Fosil Enerji</b>	<b>Sürdürülebilir Enerji</b>
<b>2008</b>	<b>100</b>	<b>86</b>	<b>14</b>
<b>2012</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>15</b>
<b>2030</b>	<b>100</b>	<b>82</b>	<b>18</b>

Tablo 3.2'ye bakıldığında ülkemizde alternatif enerji tüketim payının azalacağı, buna karşın dünyada bu oranda artış olacağı görülmektedir. Tablo 3.1'de ülkemizdeki alternatif enerji tüketimini artmasına rağmen toplam enerji tüketimi içindeki payı azalmaktadır. Dünyada ise alternatif enerji kaynakları tüketimi hem miktar olarak artmakta, hem de toplam enerji tüketimi içindeki payı artma trendi içindedir.

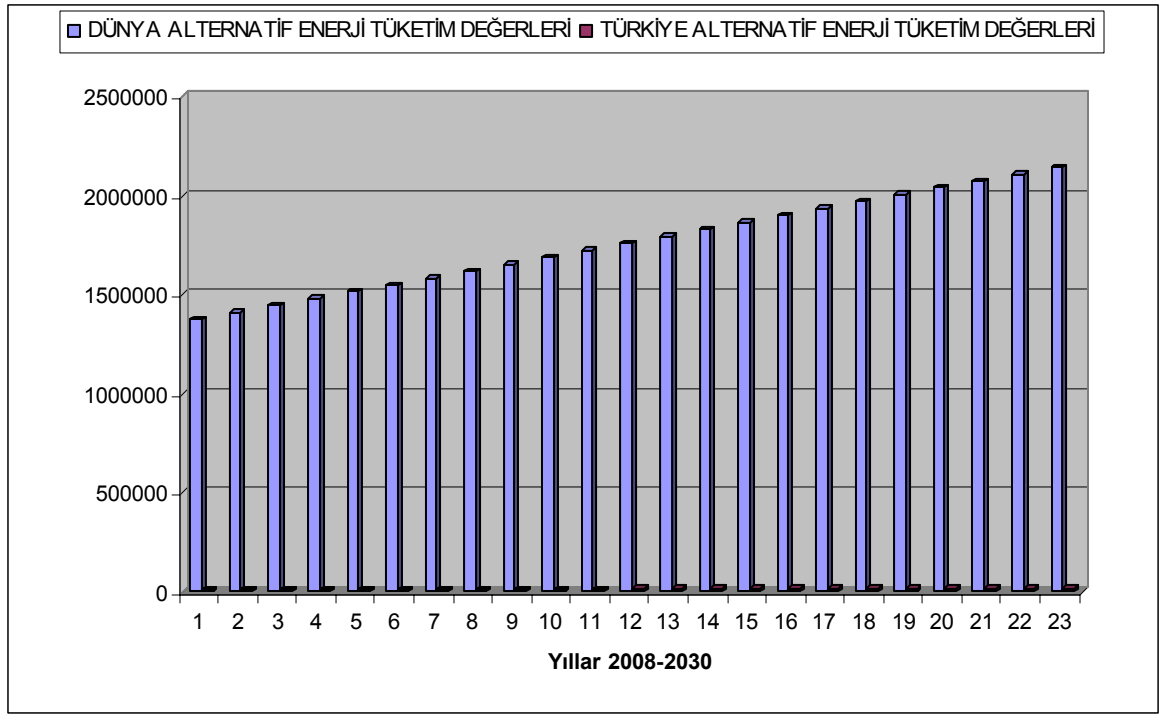
Bunlara ek olarak yapılan çalışmadan elde edilen bu sonuçlar Dünya toplam ve alternatif enerji tüketimleri için en uygun modellerin lineer modeller olduğunu, Türkiye için ise en uygun modellerin büyüme fonksiyonu modelleri ile örtüştüğünü göstermektedir.

Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de Dünya ve Türkiye'deki 2008-2030 yılları için hesaplanan toplam ve alternatif enerji tüketim değerleri verilmektedir.



Şekil 3.1 Dünyada ve Türkiye'de toplam enerji tüketim durumu

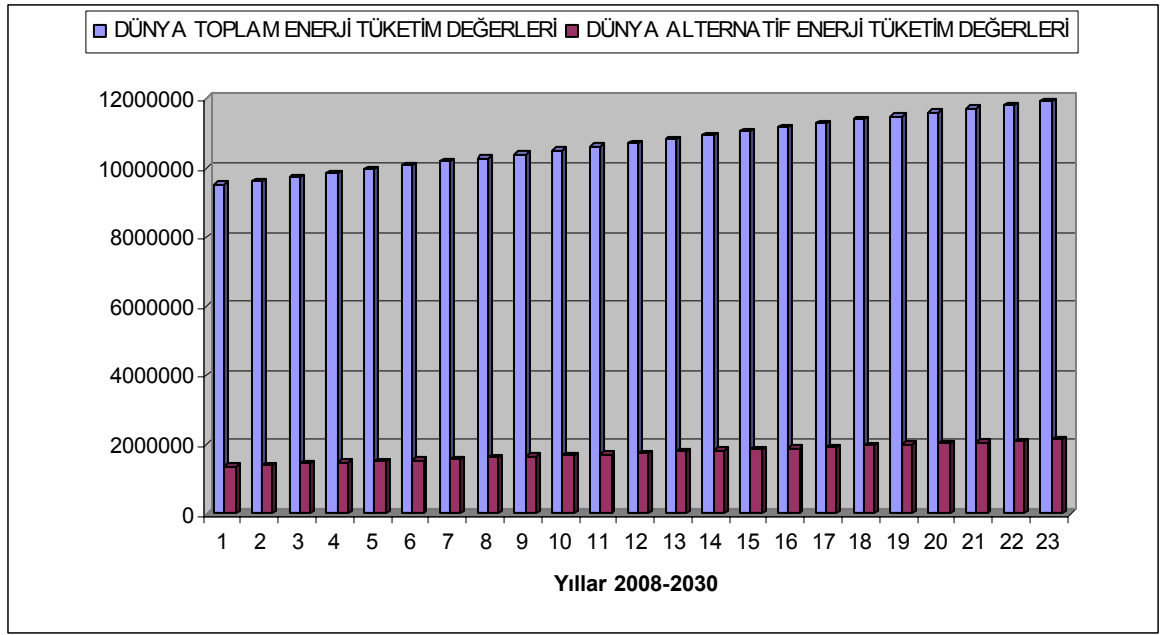
Toplam enerji tüketim değerlerine bakıldığında, Türkiye enerji tüketiminin dünyadaki enerji tüketimini göre daha hızlı bir artış trendi içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2 Dünyada ve Türkiye’de alternatif enerji tüketim durumu

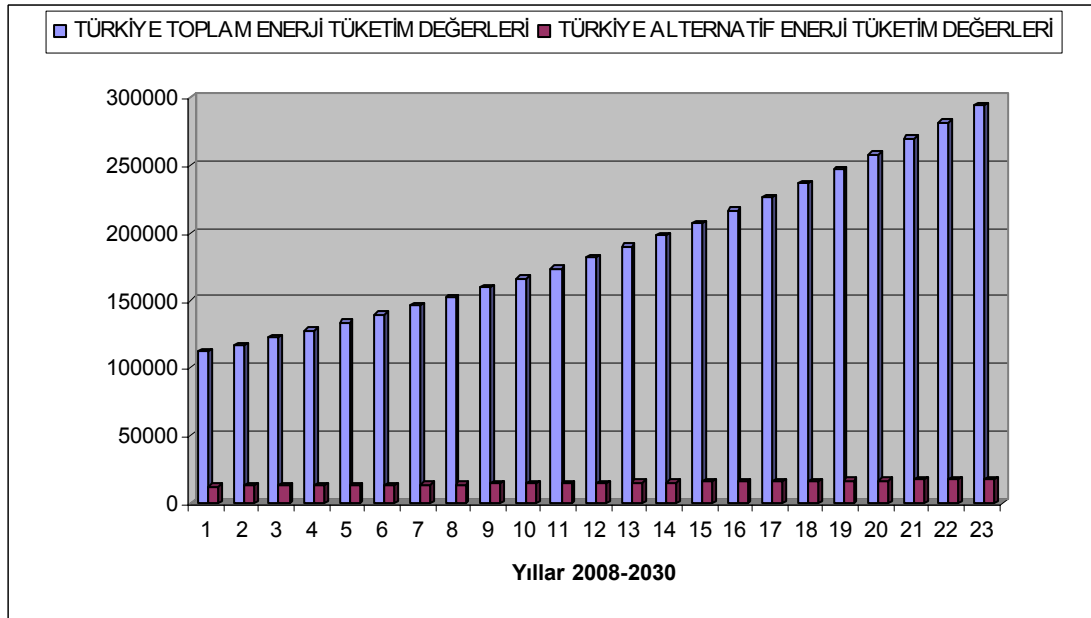
Şekil 3.2’de hem dünya hem de Türkiye alternatif enerji tüketiminin 2008-2030 yılları arasında sürekli artış göstereceği görülmektedir. Her ne kadar alternatif enerji kullanımlarında artış trendi beklense de artışın ne kadar etkili olacağı toplam enerji tüketimi içindeki payına göre anlam kazanacaktır.

Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de Dünya ve Türkiye’deki 2008-2030 yılları için hesaplanan toplam ve alternatif enerji tüketim değerleri verilmektedir.



Şekil 3.3 Dünya toplam ve alternatif enerji tüketim durumu

Şekil 3.3 incelendiğinde dünyada toplam enerji tüketimini artmasına rağmen alternatif enerji tüketiminin daha hızlı bir atış gösterdiğini, dolayısıyla toplam enerji tüketiminde alternatif enerji kullanım payını zamanla artığı görülmektedir.



Şekil 3.4 Türkiye toplam ve alternatif enerji tüketim durumu



Şekil 3.4'te Türkiye alternatif ve toplam enerji tüketimlerinin artış trendinde olduğu görülmektedir. Ancak alternatif enerji tüketim trendinin toplam enerji tüketiminin artış trendine göre daha az artış göstermesi, alternatif enerjinin oransal olarak toplam enerji tüketimi içindeki payının düşmesine neden olmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada enerji kaynaklarının Dünya ve Türkiye'deki tüketim durumu incelenmiş; 1970-2003 yılları arasındaki veriler kullanılarak, Dünya ve Türkiye'deki fosil ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının gelecekteki değerleri tahmin edilmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Analiz sonuçlarına göre dünya toplam ve alternatif enerji tüketim projeksiyonlarında lineer modelin, Türkiye toplam ve alternatif enerji tüketim projeksiyonlarında ise büyüme fonksiyonu modelinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

Dünya toplam enerji tüketiminin, 2008 yılında 9520968 bin TEP, 2012 yılında 9960508 bin TEP ve 2030 yılında 11938435 bin TEP; alternatif enerji tüketiminin ise 2008 yılında 1375493 bin TEP, 2012 yılında 1515584 bin TEP ve 2030 yılında 2145996 bin TEP olacağı tahmin edilmiştir. Dünya fosil enerji tüketiminin ise sırasıyla 8145475, 8444923, 9792439 bin TEP olarak tahmin edilmiştir.

Türkiye toplam enerji tüketiminin, 2008 yılında 112037 bin TEP, 2012 yılında 133555 bin TEP ve 2030 yılında 294448 bin TEP; alternatif enerji tüketiminin ise, 2008 yılında 12578 bin TEP, 2012 yılında 13381 bin TEP ve 2030 yılında 17676 bin TEP olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye fosil enerji tüketiminin ise, sırasıyla 99458, 120174, 276772 bin TEP olarak tahmin edilmiştir.

Projeksiyonlar sonuçları; alternatif enerji tüketiminin, toplam enerji tüketimi içindeki payının Türkiye'de azalacağını, Dünya'da ise artacağını göstermiştir.

## 5. ÖNERİLER

Çalışmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında Dünya ve Türkiye’de toplam enerji tüketimi paralel olarak hızlı bir artış trendinde olduğu bulunmuştur. Aynı şekilde Dünya ve Türkiye’de alternatif enerji kullanım miktarının da artmakta olduğu görülmektedir. Ancak çevre için çok önemli olacak olan alternatif enerji kullanımı ve bunun toplam enerji tüketimi içindeki payı Dünya ve Türkiye için farklılık göstermektedir. Dünya’da genel olarak toplam enerji tüketimi içindeki kullanım payını artıran alternatif enerji kaynakları için bulunan bu sonuç Türkiye için elde edilememiştir. Türkiye alternatif enerji kullanımının toplam enerji tüketimi içindeki payı düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu da Türkiye’nin gelecekteki enerji temini ve çevre etkileri açısından tehdit oluşturabilecek bir durumdur ve bu konuda önlem alınmalıdır. Bu önlemler hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve hidrojen gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımını artırıcı programlar oluşturularak alınabilir..

Görünen bu durum çerçevesinde artan enerji talebinin zamanında ve güvenilir olarak karşılanabilmesi amacıyla, ülke gerçekleri ve imkanları ile çevresel durum göz önünde bulundurularak ve ekonomik gelişme programlarına uygun olarak belirlenecek enerji politikalarının saptırılmadan uygulanması gerekmektedir. Bunun yanında sera gazı emisyonlarının azaltılmasına en büyük katkıyı alternatif enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin yaygınlaşması sağlayacaktır. Ancak bu tesislerin yatırım maliyetlerinin yüksek olması, yaygınlaşmalarının önünde bir engel olmaktadır. Türkiye’de seragazı emisyonlarının azaltılmasında katkı sağlayacağı göz önünde bulundurularak alternatif kaynaklı üretim tesisleri çeşitli teşviklerle desteklenmelidir. Bu politikaların oluşturulması ve ekonomik olarak uygun alternatif enerji kaynaklarının kurulması başlı başına ayrı bir inceleme konusunu oluşturmaktadır.

Ayrıca bu çalışma da kullanılan lineer ve büyüme modelleri dışında, farklı açıklayıcı değişkenler ve farklı modeller kullanılarak gelecekteki enerji tüketimleri tahmin edilebilir. Bunun yanında enerji tüketimi alt sektörlerine ayrılarak (sanayi, hizmet, tarım, ulaştırma) her bir sektör tüketim tahminleri ayrı ayrı hesaplanabilir. Daha sona tüketim miktarları birleştirilerek toplam enerji tüketim tahminleri elde edilebilir. Bu yöntemler de farklı bir araştırma metodu olarak kullanılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Taflan, H. S., Dünya ve Türkiye'deki Mevcut ve Alternatif Enerji Kaynakları ve Politikaları, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gebze, 2003.
2. Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi 7. Cilt, Milliyet Yayınları, İstanbul,1995.
3. Okandan, E., 2006, Türkiye'nin Petrol Arama ve Üretim Potansiyeli", [http://www.pal.metu.edu.tr/articles/petrol\\_nerede.htm](http://www.pal.metu.edu.tr/articles/petrol_nerede.htm) 07 Şubat 2006
4. Tanrıverdi, A. R., 2006. Petrol Nedir ?. <http://www.pmo.org.tr> 23.Ocak.2006.
5. <http://www.opec.org/aboutus/history/history.htm>, 21 Mayıs 2005.
6. [http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech\\_papers/17th\\_congress/4\\_2\\_07.asp](http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech_papers/17th_congress/4_2_07.asp), 13 Haziran 2005.
7. Altaş, M., Enerji İstatistikleri, Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul, 2003
8. <http://www.enerji.gov.tr/petrolarz talep.htm>, 01 Temmuz 2005.
9. <http://www.pigm.gov.tr/istatistik/hampetrolrezerv.htm>, 07 Temmuz 2005.
10. Altaş, M., 2002 Enerji İstatistikleri, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, İstanbul, 2003
11. [http://www.botas.gov.tr/dogalgaz/dg\\_ticareti.asp](http://www.botas.gov.tr/dogalgaz/dg_ticareti.asp), 03 Ağustos 2005.
12. [http://www.taek.gov.tr/cnaem/nukreaktor\\_tekno.html](http://www.taek.gov.tr/cnaem/nukreaktor_tekno.html), 13 Ağustos 2005.
13. Topal, B., Türkiye Elektrik Enerjisi Talebi İstatistik Analizi, Doktora Tezi, 1990, İstanbul
- 14.Özsümbül, B., Türkiye'nin Enerji Potansiyeli, Gelişimi ve Gelecekteki Enerji Portresinin Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1999.
15. Bükecik, C., Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'de Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2002.
16. Ültanır, M. Ö. 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, Türk Sanayiciler ve İşadamları Derneği Yayını, Yayın No. TÜSİAD-T/98-12/239, İstanbul 1998.

17. EİE Tarfindan Mühendislik Hizmetleri Yürütülen Hidroelektrik Santral Projeleri, Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü Yayını, 2004, Ankara
18. <http://www.dsi.gov.tr>, 24 Ağustos 2005.
19. Şen, Z., Temiz Enerji ve Kaynakları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2002.
20. Hutter, G. W., The Status of World Geothermal Power Generation, Geotermics, Vol. 30, 2001, pp1-27.

## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Trabzon'da doğdu. Ortaöğretimini Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1995 yılında Trabzon Yomra Fen Lisesi'nde lise öğrenimine başladı. Lise öğreniminin son yılında Trabzon Lisesi'ne devam etti. 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek öğretime başladı. 1 yılı Yabancı Dil Hazırlık (İngilizce) olmak üzere toplam beş yılda mezun oldu. Mezun olduğu 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılı Ocak ayında D.H.M.İ.'de AIS memuru olarak görev aldı. Aynı yılın Aralık ayında T.C. Ziraat Bankası A.Ş. Bankacılık Okulu'nda uzman yardımcılığı eğitimi aldı. 2006 yılı Temmuz ayında T.C. Merkez Bankası'nda memur olarak başladığı yeni görevine halen devam etmektedir. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.