

**TÜRKİYE' NİN MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARININ  
DURUM DEĞERLENDİRMESİ**

Afiyet Şehnaz HASKÖK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı**

EKİM 2005

**THE ASSESSMENT OF  
TURKEY'S PRESENT ENERGY RESOURCES**

Afiyet Şehnaz HASKÖK

**MASTERS OF SCIENCE THESIS**

**Department of Mechanical Eng.**

OCTOBER 2005

**TÜRKİYE' NİN MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARININ DURUM  
DEĞERLENDİRMESİ**

Afiyet Şehnaz Haskök

Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisans Yönetmeliği Uyarınca  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı  
Enerji-Termodinamik Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Y. Doç. Dr. Haydar ARAS

Ekim, 2005

AFİYET ŞEHNAZ HASKÖK' ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak "TÜRKİYE' NİN MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARININ DURUM DEĞERLENDİRMESİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Yrd. Doç. Dr. Haydar ARAS

Üye: Prof. Dr. Kemal TANER

Üye: Prof. Dr. Zekeriya ATAÇ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve .....  
Sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Günümüzde enerji üretim ve tüketim miktarları ülkelerin gelişmişliğinin en önemli göstergelerinden biri haline gelmiştir. Ülkemiz, enerji rezervleri açısından gerek fosil kökenli yakıtlar, gerekse yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığı ile oldukça zengin enerji kaynaklarına sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları; yenilenebilir kaynak oluşları, en az düzeyde çevresel etki yaratmaları, işletme ve bakım masraflarının az olması ve ulusal nitelikleri ile güvenilir enerji sağlama özellikleri sebebiyle ülkemiz için oldukça önemli bir yere sahiptir. Ülkemiz açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının bu kadar zengin olması ve ülkenin enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabilecek bir potansiyele sahip olmasına karşın ya hiç kullanılmamakta ya da potansiyelin çok altında değerlendirilmektedir. Özellikle fosil kökenli kaynaklar açısından henüz aranmamış çok büyük alanlar olmasına karşın ülkemizin önemli büyüklüklerdeki taşkömürü, linyit ve asfaltit kaynaklarına (10 Milyar ton civarında) sahip olduğu bilinmektedir. Türkiye petrol ve doğal gaz rezervlerine sahip değildir. Bunların önemli bir bölümü ithal edilmektedir. Günümüzde, toplam enerji kaynaklarının % 90'ını fosil kökenli kaynaklı yakıtlar teşkil etmekte ve bunların %45'i petrole dayanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin mevcut fosil kökenli enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çeşitli istatistiki veriler ve makaleler derlenmiş ve yorumlanmıştır.

### **Anahtar Kelimeler:**

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil kökenli enerji kaynakları, Türkiye'nin enerji talebi

## SUMMARY

In today's world, the consumption and production of energy is one of the most important signs of countries's development level. Turkey has very rich energy reserves in terms of both fossil and presence of renewable energy resources. The renewable energy resources play a very important role since they are renewable, have minimum environmental impacts, low maintenance operation costs and high reliability. Although renewable energy resources are very rich in Turkey and have a potential of supplying most of Turkey's energy needs, they are either not or under utilized. The presence of rich coal, lignite, and asphalt resources (roughly 10 billion tons) is already known although the country has vast, unexplored fossil fuel containing lands. Turkey doesn't have oil and natural gas reserves and meets most of her needs through import. Nowadays, fossil fuels form ninety percent of total energy resources and forty percent of them is oil. In this study, statistical data and scientific papers about Turkey's current fossil fuel and renewable energy resources were researched and analyzed.

### **Key words**

Renewable energy resources, fossil energy resources, demand of energy in Turkey

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarında, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Haydar ARAS'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### TÜRKİYE’NİN MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARININ DURUM DEĞERLENDİRMESİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. TÜRKİYE’DE ENERJİ ARZ VE TALEP DENGESİ.....	3
3. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	10
3.1. Güneş Enerjisi.....	10
3.1.1. Türkiye’deki güneş enerjisi potansiyeli.....	11
3.1.2. Güneş enerjisi uygulamaları.....	17
3.2. Rüzgar Enerjisi.....	21
3.2.1. Rüzgar enerjisi uygulamaları.....	26
3.3. Hidrojen Enerjisi.....	27
3.4. Hidrolik Enerji.....	31
3.4.1. Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP).....	33
3.5. Jeotermal Enerji.....	34
3.5.1. Türkiye’nin jeotermal enerji kaynakları.....	37
3.5.2. Türkiye’deki jeotermal enerji uygulamaları.....	39
3.6. Dalga Enerjisi.....	41
3.7. Biyokütle Enerjisi.....	48

## İÇİNDEKİLER (DEVAMI)

	<b><u>Sayfa</u></b>
4. TÜRKİYE’DE FOSİL KÖKENLİ ENERJİ KAYNAKLARI.....	52
4.1. Kömür.....	52
4.1.1. Linyit.....	54
4.1.2. Taşkömürü.....	57
4.1.3. Asfaltit.....	57
4.1.4. Bitümlü şist.....	58
4.1.5. Türkiye’de linyit ve taşkömürü tüketimi.....	59
4.1.6. Türkiye’de kömür endüstrisinin yapısı.....	60
4.1.7. Türkiye’nin kömür rezervleri.....	60
4.1.8. Türkiye’de kömür üretim ve tüketimi.....	63
4.1.9. Türkiye’de kömür ithalatı.....	63
4.1.10. Elektrik üretiminde kömür kullanımı.....	64
4.1.11. Çevresel konular.....	64
4.2. Petrol.....	65
4.2.1. Türkiye’nin petrol potansiyeli.....	67
4.2.2. Türkiye’de petrol üretimi ve tüketimi.....	70
4.2.3. Türkiye’de petrol arama faaliyetleri.....	73
4.3. Doğalgaz.....	81
4.3.1. Türkiye’de doğalgaz dağıtımı.....	82
4.3.2. Türkiye’nin doğalgaz politikası.....	83
5. SONUÇLAR.....	86
6. KAYNAKÇA.....	93

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Açıklama</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.	Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarının toplam üretim tüketim dengesi (Bin tep).....	9
3.1.	1986-2000 yılları arasında Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli.....	13
3.2.	Türkiye'de 1986-2000 yıllarında güneş enerjisi tüketiminin sektörel dağılımı....	13
3.3.	Türkiye'nin 2000-2020 yıllarındaki artan güneş enerjisi taleplerinin sektörel dağılımı.....	14
4.1.	Türkiye'de petrol üretimi (Bin Ton).....	70
4.2.	2002 yılına göre Türkiye'nin enerji üretimi içinde petrolün yeri.....	71
4.3.	Türkiye'nin petrol tüketimi.....	72
4.4.	2002 yılına göre Türkiye'nin enerji tüketimi içinde petrolün yeri.....	72

## TABLOLAR DİZİNİ

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1.	Türkiye'nin 2001 yılındaki birincil enerji kaynaklarının miktarı .....	8
3.1.	Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	12
3.2.	Bölgelere göre güneşlenme potansiyeli.....	15
3.3.	Türkiye'nin farklı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyeli.....	22
3.4.	Batı Ege'nin kıyısı boyunca rüzgar enerjisi potansiyeli.....	23
3.5.	2002 yılı itibarıyla dünyadaki kurulu gücün dağılımı.....	24
3.6.	2001-2010 yıllarındaki Türkiye'nin tahmini hidroelektrik enerji tüketimi.....	32
3.7.	Jeotermal enerjiyi direkt olarak en çok kullanan ülkeler.....	36
3.8.	Türkiye'nin kullanılabilir jeotermal kaynakları.....	38
3.9.	Türkiye'deki jeotermal seraların bölgeleri ve alanları.....	40
3.10.	Yıllık dünya yenilenebilir enerji doğal potansiyeli.....	42
3.11.	Türkiye'de yapımı tamamlanan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri.....	50
4.1.	Türkiye'de linyit rezervlerinin bölgesel dağılımı ve ortalama kimyasal özellikleri.....	56
4.2.	Türkiye'de asfaltit rezervleri ve kimyasal özellikleri.....	58
4.3.	1999 yılı itibarıyla Türkiye'nin kömür rezervleri.....	61
4.4.	Türkiye'deki linyit rezervlerinin bölgelere göre dağılımı.....	61
4.5.	Alt ısı değerlerine göre Türkiye'nin linyit rezervlerinin dağılımı.....	62
4.6.	2001 yılı sonu itibarıyla Türkiye'deki potansiyel petrol rezervleri.....	69
4.7.	Doğal Gaz / LNG alım satım anlaşmaları.....	84
5.1.	Konut sektörü enerji tüketim tahminleri.....	88

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

TEP	Ton Eşdeğer Petrol
KEP	Kilogram Eşdeğer Petrol
BİNTEP	Bin Ton Eşdeğer Petrol
MT	Milyon Ton
KT	Kilogram Ton
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz

### Açıklamalar

### Kısaltmalar

BYKP	Beş Yıllık Kalkınma Planı
KİT	Kamu İktisadi Teşekkülü
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜPRAŞ	Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
YSE	Yol Su ve Elektrik İşleri
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
EİEİ	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
MTA	Maden Tetkik Arama
BOTAŞ	Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi

## 1.GİRİŞ

Enerji, bir ülkenin sosyal ve ekonomik gelişiminde çok önemli bir role sahiptir. Enerji kaynaklarının tüketiminin ve yerli üretim kapasitelerinin bilinmesi, bir ülke için yaşam standartı ve ekonomik gelişmesi açısından önemlidir. Enerji üretim tesisleri, uzun vadeli yatırım ve büyük finansal kaynaklar gerektirmektedir. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için özel sektör yap-işlet-devret, yap-işlet gibi modellere teşvik edilmektedir. 1999'da toplam enerji üretimi 25,1mtep (milyon ton eşdeğeri petrol) olup, 2020'de bunun 70,2mtep ulaşması beklenmektedir. Toplam enerji kullanımı 1990'da 52,6mtep, 1999'da 76,8mtep olup 2020'de 298,4mtep'e ulaşması beklenmektedir [1].

Türkiye'nin ekonomisi 1980 yılından beri oldukça hızlı bir şekilde gelişmekte ve eldeki yerli kaynakların sınırlanmasına rağmen sanayileşme çabalarına bağlı olarak birincil ve ikincil enerji talebi hızla artmaktadır. Ülkemizin temel enerji kaynakları hidrolik ve linyittir. Türkiye petrol ve doğal gaz rezervlerine sahip değildir. Bunların önemli bir bölümü ithal edilmektedir. Türkiye'de elektrik; linyit, kömür, doğal gaz, fuel oil ve hidrolik güçten üretilmektedir [2].

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünyada enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir kaynak olarak görülmektedir [3]. Enerji ihtiyacına olan talebin her geçen gün artmasının sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarına eğilim tüm dünyada ve ülkemizde artmaktadır. Bunun nedeni, fosil yakıtlara göre avantajlarının çok daha fazla olmasından, çevreyi kirletmemesinden ve kendini sürekli yenilemesinden kaynaklanmaktadır [4].

Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından Türkiye önemli bir potansiyele sahiptir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı her geçen gün artmaktadır [5]. Türkiye' nin yenilenebilir enerji kaynakları sırası ile; güneş, rüzgar ve jeotermal enerjidir. Bunlara ek

olarak İç Anadolu'daki bor maden cevheri ve Karadeniz' in altındaki birikmiş hidrojen potansiyeli diğer yenilenebilir enerji kaynaklarımız olarak sayılabilir[4].

Gelişmekte olan Türkiye'nin karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi, ekonomik kalkınmayı tetikleyecek enerjiyi sağlamaktır. Gün geçtikte enerji ihtiyacına olan talebin artması ve ülkemizdeki enerji kaynaklarının kısıtlı olması, Türkiye'nin enerji ithalatına yönelmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin mevcut fosil kökenli enerji kaynaklarının ve yenilenebilir enerji kaynaklarının durum değerlendirmesi ile birlikte enerji sektörünün gelişimi ele alınmıştır. Buradaki amaç, mevcut durumun ortaya konulması ve dünyadaki uygulamaları da dikkate alarak Türkiye'nin enerji kaynaklarının kısaca açıklanmasıdır.

## 2. TÜRKİYE’DE ENERJİ ARZ VE TALEP DENGESİ

Enerjiyi kısaca bir cismin veya bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tarif etmek mümkündür. Enerji kaynakları birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Birincil enerji kaynakları; esas niteliği değiştirilmeden, tabii şekli ile yararlanılabilecek olan enerji kaynaklarıdır. Buna örnek olarak maden kömürünü ve yakacak odunu verebiliriz. İkincil enerji kaynakları; tabii nitelikleri bazı işlemlere tabi tutularak farklı nitelikte bir enerji türü oluşturan enerji kaynaklarıdır. Buna örnek olarak da termik ve hidrolik santrallerde kömür, petrol ve su enerjisinden elektrik üretilmesini verebiliriz.

Türkiye de enerji sektörünün gelişimini 5 ayrı evrede incelemek sektörün sorunları açısından faydalı olacaktır. Bu dönemler aşağıda sırası ile verilmiştir.

### **1923 – 1933 DÖNEMİ:**

Kurtuluş Savaşı kazanıldıktan kısa bir süre sonra ülkemizin karşı karşıya bulunduğu ekonomik sorunların tespiti ve çözüm yollarının aranması için 1923 yılında İzmir İktisat Kongresi toplanmıştır. Bu toplantıda enerji ile ilgili olarak;

1-Ereğli – Zonguldak havzası ile Soma ve diğer kömür yataklarının içinde buldukları durumu düzeltecek tedbirlerin alınması,

2-Bütün milli kuruluşların, demir yollarının, fabrikaların yerli kömür kullanmalarının sağlanması, hatta tarım makinelerinin bu yakıtla işletilmesi

3-Kok ve antrasit dışında ülke ihtiyacını karşılayan maden kömürlerimizin dış rekabete karşı korunması

4-Ereğli- Zonguldak havzasının jeolojik yapısının tespit edilmesi, haritalarının iyi bir şekilde hazırlanması, ayrıca bölgede mülkiyet durumunun ve sınırların belirlenmesi ve bu

konularla ilgili olarak görülmekte olan davaların kısa zamanda kesin bir sonuca bağlanması kararlaştırılmıştır. Bu dönemde ülkemizde enerji konusunda hakim olan görüş, enerji ihtiyacını zorunlu durumlar dışında yerli kaynaklardan özellikle maden kömürü ile karşılanması yolunda olmuştur.

### **1933 – 1950 DÖNEMİ**

İzmir İktisat Kongresi'nde öngörülen ve cumhuriyetin ilk yıllarında devletin fiilen izlediği liberal ekonomi politikası beklenen sonuçları vermemiştir. Bunun üzerine 1930'ların başlarında sanayi ve madencilikte olduğu gibi enerji alanında da devletçilik rejimi benimsenmiştir. Bu dönemde, sanayi planları hazırlanırken, kurulacak fabrikaların enerji ihtiyacı ve iktisadi gelişme dolayısıyla ülkede toplam enerji talebinde meydana gelecek artışın hangi kaynaklardan karşılanabileceği noktasının da tespitine çalışılmıştır. Bu yıllarda sistemli ve geniş kapsamlı bir enerji modeli hazırlanmamakla birlikte yine de bu konunun oldukça gerçekçi bir yaklaşımla ele alındığı anlaşılmaktadır. Bu dönemde enerji konusunun çeşitli boyutlarını ele alacak bir çok kamu müesseseleri kurulmuştur. Bu kurumların bir kısmı ülkemizin yeraltı ve yerüstü kaynaklarını bulmak ve ekonomik bakımdan ne derece yararlanılabilir olduğunu saptamakla, diğerleri ise belirlenen kaynakların işletilmesiyle görevlendirilmiştir. Bu görevleri üstlenen kurumlar arasında Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Etibank ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi örnek olarak verilebilir.

### **1950 – 1960 DÖNEMİ**

Atatürk döneminde özellikle 1933'den sonra devletçilik rejimi ile başlatılan fakat 1940'larda bir süre aksayan kalkınma hamlesi 1950'den itibaren bu kez çok partili demokratik rejim altında yeni bir canlılık kazanmıştır. 1950 –1960 dönemindeki

hükümetler geçmişe oranla liberal bir ekonomik anlayış içerisinde kalkınmayı esas alarak kabul etmişlerdir. Enerji sektöründe atılan önemli adımların başında hidrolik ve termik santraller kurmak ve bunları bir iletim sistemi içerisinde bütünleştirmek gelmektedir. Ayrıca kömür, petrol ve linyit üretimini arttırmak yolunda çabalar harcanmıştır. Enerji üretim ve tüketimi sanayileşmeye, kentleşmeye ve ekonomik büyümeye paralel olarak arttığı gibi, tüketilen enerji içinde ticari oranların payı yükselmeye başlamıştır. 1950 – 1960 döneminde enerji kaynakları araştırma, yatırım ve üretimiyle uğraşmak üzere kurulan başlıca kamu müesseselerinden bazıları aşağıda belirtilmiştir;

- 1.Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
- 2.Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı
- 3.T.C. Petrol Dairesi
- 4.Başbakanlık Atom Enerjisi Komisyonu
- 5.Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu

### **1960 – 1980 DÖNEMİ**

Planlı dönemde enerji sektörünü incelerken, ilk olarak I., II. ve III. Beş Yıllık Kalkınma Planlarında (BYKP) enerji sektörünün durumu genel hatlarıyla aşağıda özetlenmiştir.

**I. BYKP döneminde enerji sektörünün durumu :** Bu dönemde ülkemizin enerji kaynaklarını etkin şekilde kullanarak üretim maliyetini minimuma indirmek ana ilkesine uyarak, enerji türlerinin, fiyatlarının maliyet ve ülkedeki bulunabilme durumuna göre ayarlanacağı, enerji tasarrufunun teşvik edileceği, enerji politikası olarak öngörülmüştür. Ayrıca enerji talebinin karşılanmasında birincil enerji kaynaklarından maksimum düzeyde yararlanılması hedeflenmiştir. Bu dönemin başında Türkiye nüfusunun %69'u elektrikten yararlanamamaktaydı. Kamu sektörünün enerji sektörüne yaptığı yatırımların oranı 1963'te %8,9 iken 1968'de %13,8'e çıkmıştır. Özel sektör yatırımlarının oranı ise sabit kalmıştır.

II. BYKP döneminde enerji sektörünün durumu : Bu plan dahilinde ülkenin enerji ihtiyacının, darboğazlar yaratılmayacak şekilde karşılanacağı ilkesinden hareket ederek ticari yakıt tüketiminin arttırılması hedeflenmiştir. Ayrıca bu dönem içerisinde enerji talebini karşılamak için petrol ürünlerinin daha fazla kullanılabilceği tahmin edilmiştir. Yine bu dönemde kamu ekonomisi içerisinde önemli bir yer tutan Kamu İktisadi Teşebbüsler'in (KİT) sermayesinin iştiraki ile oluşturulacak karma teşebbüslerde, sermaye ve idare üstünlüğünün sınırlı sayıda özel teşebbüse devredilmesi de öngörülmüştür. Kamu sektörünün enerji sektörüne yaptığı yatırımların oranı 1968'de %13,8'dir. Bu dönem sonunda yani 1973'te bu oran %13,1'e gerilemiştir. Özel sektör oranları ise bu tarihlerde %0,6'dan %0,5'e düşmüştür.

III. BYKP döneminde enerji sektörünün durumu : Ülkede kullanılan birincil enerji kaynaklarına ilaveten dünyanın çeşitli ülkelerinde yaygın olarak kullanılan, diğer birincil enerji türleri içinde yer alan doğalgaz, nükleer ve jeotermal enerji kaynaklarının bu dönemde kullanıma başlanması hedeflenmiştir. Kamu yatırımlarının sektörel dağılımında enerji sektörünün bu dönemdeki oranı 1973'te %13,1 iken 1979'da bu oran %22,2'ye ulaşmıştır. Özel kesim yatırımlarının sektörel dağılımında ise enerji sektörünün oranı bu tarihlerde sabit kalmıştır.

Genel olarak planlı döneme bakacak olursak bu dönemde atılan ilk adım kömür dahil madencilik sektörünün hukuki ve idari sorunlarının çözümü ve petrol ihtiyacının karşılanabilmesi tedbirlerinin alınmasıdır. Yine bu dönemde Yol, Su ve Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü (YSE) , Türkiye Elektrik Kurumu Genel Müdürlüğü (TEK) ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) gibi kamu kuruluşları kurulmuştur.

Planlı dönemin en önemli olayı, 1973'ten itibaren maden-petrol ve enerji sektörlerinde devletçilik ilkesinin benimsenmesidir. Bu dönemin başından itibaren enerji sektörü hızlı bir gelişme göstermiş olmasına rağmen yine de elektrik üretimi yetersiz

kalmıştır. Her ne kadar planlı dönemde ve bilhassa 1970'lere doğru özel teşebbüs ve yabancı şirketlerin petrol alanındaki çalışmalara itirazlar ve kısıtlamalar getirilmiş ve öncelik kamu kesimine verilmiş ise de özel şirketlerin yurtiçi ham petrol üretimdeki payı bu yıllarda %60'ın üzerinde gerçekleşmiştir.

### **1980 – 2000 DÖNEMİ**

Türkiye'de toplam enerji tüketiminin %50'si net dış alımlarla karşılanmaktadır. Bu yüzden büyük bir payını da petrol oluşturmaktadır. Doğalgazında dış alımdaki payı yükselen bir eğilim göstermektedir. Türkiye'de petrol, doğalgaz, linyit, asfaltit, taş kömürü, hidrolik, jeotermal, odun, hayvan ve bitki artıkları ile ikincil enerji kaynakları üretilip tüketilmektedir. 1970-1990 dönemi süresince kaynak rezervlerimizi dünya rezervleri ile kıyasladığımızda; kömür kaynaklarımızın payının yaklaşık %0,6, jeotermal potansiyelimizin payının %0,8, hidrolik potansiyelimizin payının %1 ve uranyum rezervlerimizin payının %0,1 civarında olduğu belirlenmiştir. Petrol ve doğalgaz rezervlerimiz ise kıyaslanamayacak kadar azdır. Ülkemizde elektrik enerjisi sektörü, genel enerji dengesi ve ikincil enerji kaynakları içinde çok önemli ve öncelikli bir yer almaktadır. Elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi bir ülkenin kalkınmışlık düzeyini açıklar. Bu nedenle güvenilir olmayan bir yapıya sahip olan elektrik enerjisi sektörü, ülkenin tüm kalkınma hareketlerine engel olur. 1990 yılında Türkiye'de elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanmasına %91,6 oranında Türkiye Elektrik Kurumu, %8,4 oranında Çukurova Elektrik, Kepez, Aksu ve diğer otoprodüktörler katkıda bulunmuştur. Elektrik üretiminde 1990'da artış %9,5 olmuştur. Bu artışa paralel olarak hidrolik üretiminde 1990 yılında, 1989 yılına göre %22,5 artış olduğu gözlenmektedir. Ülkemizde Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında devreye alınan ve alınacak olan hidrolik santraller enerji gücümüzü arttıracaktır. Ancak ulaşım hatları ve dağıtım şebekeleri gibi donanımların bir an önce bitirilmesi zorunludur. Ayrıca elektrik enerji üretim ve dağıtım sistemlerinde bilimsel güvenilirlik etüdüleri yapılması şarttır. 1995 yılında 86,2474 Gwh olan elektrik enerjisi

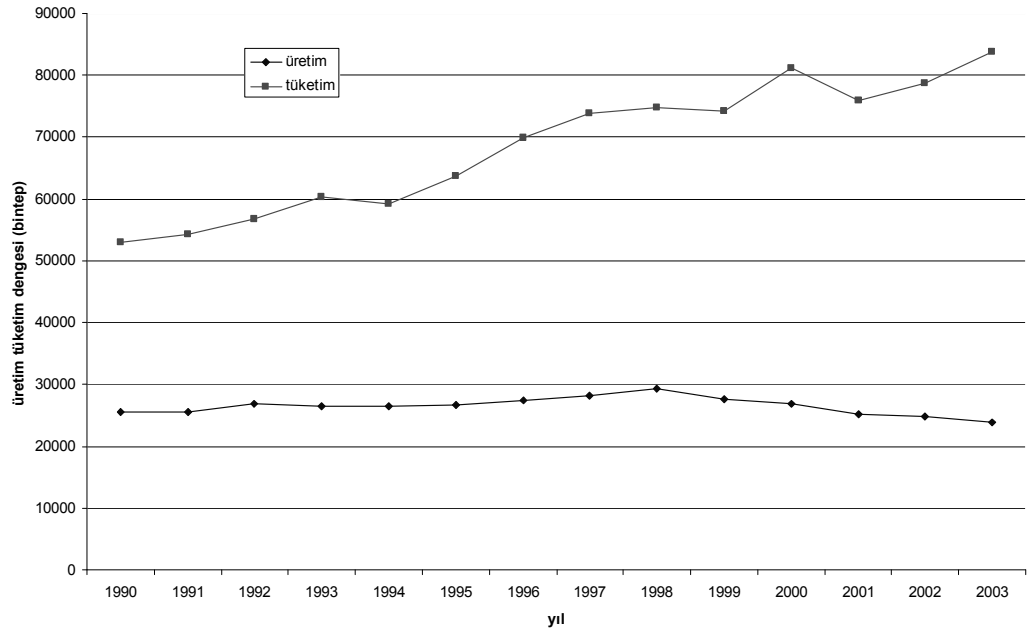
üretimi 1996 yılında %9.99 oranında artarak 94,8615 Gwh'a çıktığı görülmektedir. 1995 yılında üretilen elektrik enerjisinin %58,8 i termik , %41,2'si hidrolik iken 1996 yılında %57,3'ü termik %42,7's, hidrolik enerji olarak gerçekleşmiştir. Termik elektrik enerjisi üretiminde 1996 yılında %7,26 oranında artış sağlanırken hidrolik elektrik enerjisi üretiminde %13,88 oranında artış olmuştur[6].

Türkiye'nin birincil enerji kaynakları taş kömürü, linyit, asfaltit, bitümilli sıst, hidrolik güç, petrol, doğalgaz, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, nükleer enerji, biyogaz olmakla birlikte birincil enerji üretimi oldukça düşüktür. Kaynakların oldukça kısıtlı olması nedeniyle, ihtiyacın %52'si yurtdışından karşılanmaktadır. Türkiye'nin 2001 yılı itibariyle birincil enerji kaynakları Tablo 2.1'de verilmiştir [7].

**Tablo 2.1.** Türkiye'nin 2001 yılındaki birincil enerji kaynaklarının miktarı (mtep) [7]

Kaynaklar	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Taş Kömürü	428	456	245	1.126
Linyit				
Elbistan	3.357	-	-	3.357
Diğer	3.982	626	110	4.718
Toplam	7.339	626	110	8.075
Asfaltit	45	29	8	82
Bitümler	555	1086	0	1.641
Hidrolik				
Gwh/yıl	125.000			125.000
MW/yıl	34.729			34.729
Ham Petrol(milyon ton)	41,8	-	-	41,8

Tablo 2.1'in, Türkiye'de bulunan tüm enerji kaynaklarını göstermemesine rağmen, verilen enerji kaynakları miktarı gözönünde alınarak, ülkemizin oldukça zengin enerji potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarının toplam üretimi ve tüketimi arasındaki denge Şekil 2.1'de verilmiştir[7]. Şekil 2.1.'e göre Türkiye'nin birincil enerji üretimi, 1998 yılına kadar artış eğilimi göstermesine rağmen, 2003 yılından sonra azalma eğilimi göstermektedir. Buna bağlı olarak birincil enerji kaynaklarının tüketimi 1994, 1999 ve 2001 yıllarında dalgalanma olmasına rağmen, tüketim sürekli artış eğilimindedir.



**Şekil 2.1.** Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarının toplam üretim tüketim dengesi (Bintep) [7]

### 3. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Kömür, petrol, doğalgaz gibi yakıtlar fosil enerji kaynakları olup dünyadaki rezervleri oldukça sınırlıdır. Dolayısıyla bu kaynakların gelecekte tükenmesi kaçınılmazdır. Ancak yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımlanan güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji, hidrojen, dalga enerjisi, biyokütle enerjisi ve rüzgar enerjisi, enerjilerini direkt veya indirekt olarak güneşten almakta ve dolayısıyla da sürekli olarak yenilenmektedirler.

Yenilenebilir enerji kaynakları; yenilenebilir kaynak oluşları, en az düzeyde çevresel etki yaratmaları, işletme ve bakım masraflarının az olması ve ulusal nitelikleri ile güvenilir enerji sağlama özellikleri sebebiyle ülkemiz için oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynakları olarak; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrojen enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, dalga enerjisi ve biyokütle enerjisinin Türkiye'deki durumunu ve bu enerji kaynaklarının ülkemiz açısından sahip olduğu potansiyel ve kullanım alanları incelenmiştir.

#### 3.1. Güneş Enerjisi

Yeryüzünden 151.10<sup>6</sup> km uzaklıkta olan güneş, nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan yakıtların ana kaynağıdır ve dünyamıza ve diğer tüm gezegenlere enerji veren sonsuz denilebilecek güce sahiptir. İçinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Ancak bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Yeryüzüne ulaşabilen ışınım değerinin çok düşük olmasının nedeni, atmosferdeki CO<sub>2</sub>, su buharı ve ozon gibi gazların ışınımı absorbe etmelerinin yanı sıra, kat etmesi gereken yolun

uzunluğudur[8]. Çok büyük ve tükenmez bir enerji kaynağına sahip olan güneşten dünyaya gelen güç miktarı yaklaşık olarak  $1.8 \times 10^{11}$  MW' dir. Bu değer dünyadaki ticari enerji kaynaklarının bugünkü tüketim miktarının binlerce katıdır. Buna göre güneş enerjisi dünyanın, bugünkü ve gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayabilecek güçtedir [2].

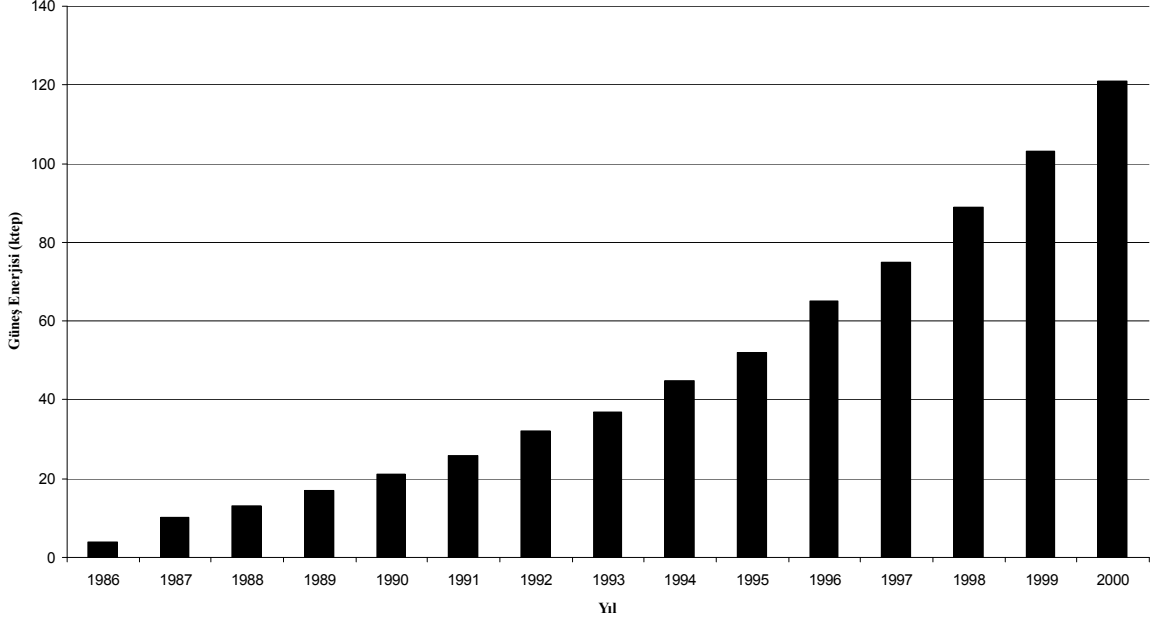
### 3.1.1. Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli

Türkiye,  $36^\circ$  ve  $42^\circ$  enlemleri arasında bulunmasından dolayı ülkenin önemli bir bölümü güneş enerjisinden yararlanmak için uygundur [2]. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından yapılan ölçümlere göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti  $1311 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$  (günlük toplam  $3,6 \text{ kWh/m}^2$ ) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin aylara göre güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri Tablo 3.1.'de verilmiştir[9]. Tabloya 3.1'ye göre Ocak ve Aralık aylarında güneşlenme süresi, 103 saat/ay ile minimum, Temmuz ayında ise 365 saat/ay ile maksimum değerindedir.

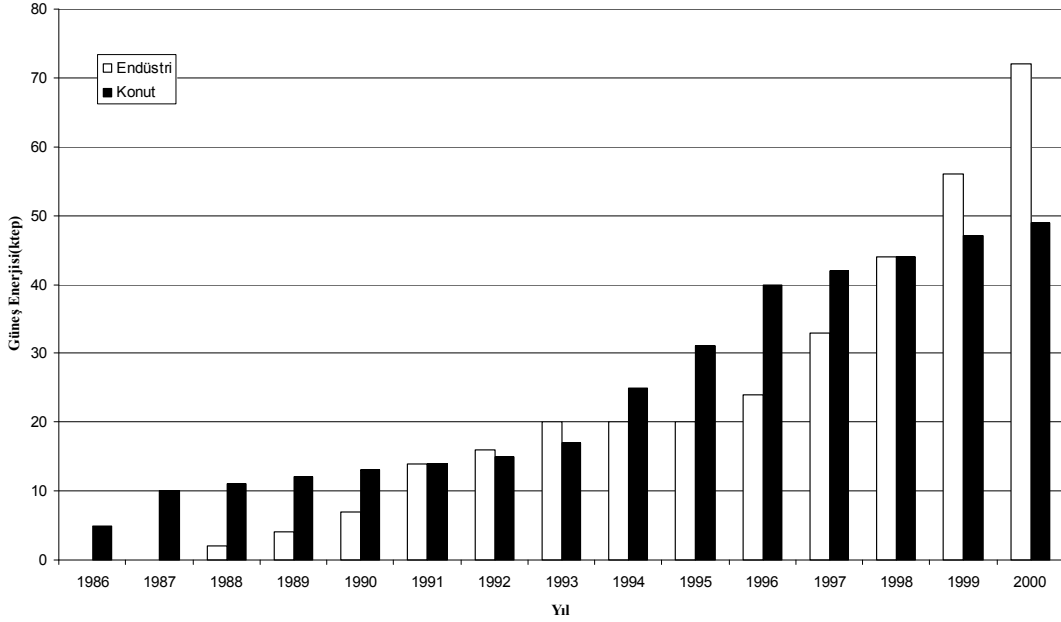
Ülkemiz yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olmasına rağmen bunun % 40'ı ekonomik bir şekilde kullanılmaktadır. 1986 ve 2000 yılları arasındaki Türkiye'nin güneş enerjisi tüketimi ve güneş enerjisi tüketiminin sektörel dağılımı Şekil 3.1 ve Şekil 3.2' de gösterilmiştir [2]. Şekil 3.1'e göre güneş enerjisi kullanımına ilişkin kaydedilen ilk verinin 1986 yılında sadece 5 ktep olduğu görülmektedir. Bu değer artarak 2000 yılında 121 ktep olmuştur. Şekil 3.2'ye göre ise, güneş enerjisinin tüketimi 1986 yılında endüstriyel alanda hiç yokken, 2000 yılında 72 ktep olduğu görülmektedir. Konutsal kullanımında ise 1986 yılı verilerine göre 5 ktep iken, 2000 yılında 49 ktep'ye yükselmiştir.

**Tablo 3.1.** Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli [9]

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,4	343
Eylül	10,6	123,28	280
Ekim	7,73	89,9	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308Kcal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

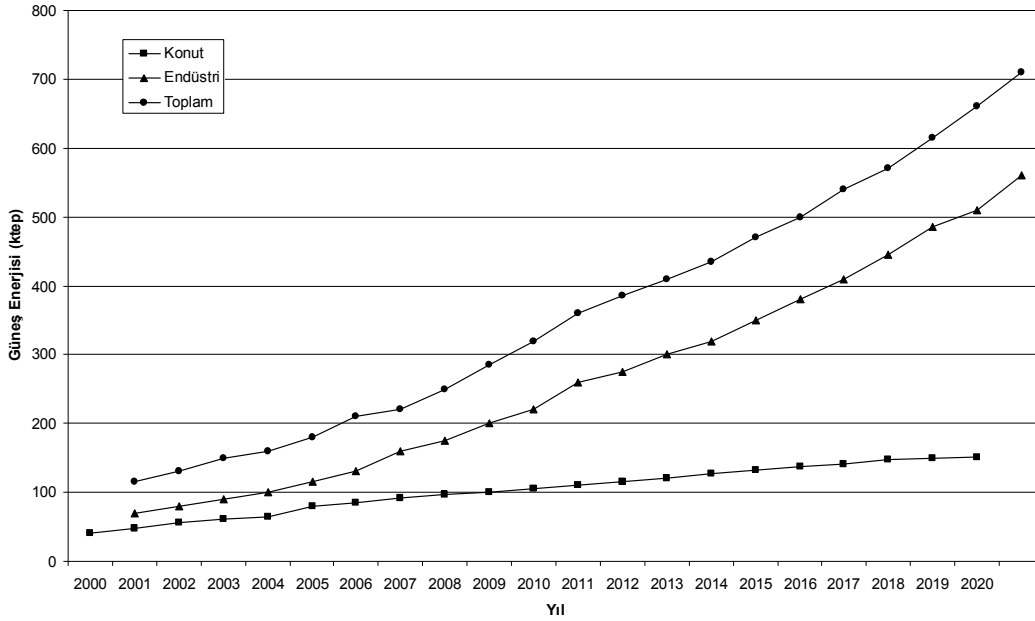


Şekil 3.1. 1986-2000 yılları arasında Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli [2]



Şekil 3.2. Türkiye'de 1986-2000 yıllarında güneş enerjisi tüketiminin sektörel dağılımı [2]

Türkiye'nin 2000-2020 yılları arasında gerçekleşen ve tahmin edilen güneş enerjisi taleplerinin sektörel dağılımı Şekil 3.3'de verilmiştir [2].



**Şekil 3.3.** Türkiye'nin 2000-2020 yıllarındaki artan güneş enerjisi taleplerinin sektörel dağılımı [2]

Şekil 3.3'de görüldüğü gibi güneş enerjisinin endüstride kullanımının 2020 yılına kadar artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Güneş enerjisinin konutlarda kullanımına bakıldığında oldukça yavaş bir artış gösterdiği gözlenmektedir. Şekil 3.3'e göre endüstride kullanımın konutlarda kullanıma oranla daha çok talep edildiği görülmektedir. 1996 yılındaki güneş enerjisinin konutlardaki tüketimi şu anki tüketimin sadece % 0,23 idi, 2001 yılı için ise ülkemizde kurulu olan güneş kolektörü miktarı 7,5 milyon m<sup>2</sup> civarındadır. Bu sistemler genellikle Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılmaktadır.[10,9].

Güneş enerjisi, ısıtma, havalandırma, klima, soğutma gibi pek çok alanda kullanılmaktadır ve her birinin kullanımı farklı kolektörlerle yapılmaktadır. Bu uygulamalara ilave olarak enerji depolanması da yapılmaktadır [10]. Güneş enerjisi sistemlerinin dizaynı ve güneş ışınımı ortalama değerlerinin performans analizleri uzun zamanlı olarak yapılmaktadır.

Ülkemizin coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli, birçok ülkeye göre daha şanslı durumdadır. Ülkemizin bölgelere göre güneşlenme potansiyeli ve yıllık elektrik güneş potansiyeli de Tablo 3.2' de verilmiştir. Tabloya göre Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri güneş enerjisi kullanımı için oldukça uygundur[9].

**Tablo 3.2** Bölgelere göre güneşlenme potansiyeli [9]

Bölge İsmi	Toplam Güneş Enerjisi	Güneş Enerjisi
	Kwh/m <sup>2</sup> -yıl	Saat/yıl
Güney Doğu Anadolu	1.460	2.993
Akdeniz	1.390	2.956
Doğu Anadolu	1.365	2.664
İç Anadolu	1.314	2.628
Ege	1.304	2.738
Marmara	1.168	2.409

Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli bir yılda 36 milyon ton kömüre eşdeğerdir. Ülkemizde güneş enerjisi yaygın olarak evlerin sıcak su gereksiniminin karşılanmasında kullanılmaktadır. Ülkemizin özellikle Güney ve Ege kıyıları başta olmak üzere tüm bölgelerinde güneş enerjisi kolektörleri halen yoğun olarak su ısıtmak amacıyla

kullanılmaktadır. Ayrıca bazı endüstriyel uygulamalar, hacim ısıtma uygulamaları (güneş mimarisi) ile elektrik üretiminde fotovoltaik pillerin kullanımı da yaygınlaşmaktadır [11]. Fakat dünyada güneş enerjisinden binaların ısıtılmasında, su damıtımında (distilasyon) ve kurutmada güneş fırınlarında, kaynak yapımında, havalandırma sistemlerinde, doğrudan elektriğe dönüştürülerek enerji elde edilmesinde ve hidrojen üretiminde yararlanılmaktadır.

Enerji üretimi amacına yönelik olarak yürütülen fizibilite çalışmaları sırasında, ülkemizin enerji konusunda mevcut meteorolojik verilerinin yeterli olmadığı saptandığından, bu amaca dönük olarak EİEİ ve DMİ ile ortak bir proje çalışması başlatılmıştır. Bu proje kapsamında; Antalya, İzmir, Ankara, Aydın-Yenihisar, Adana-Yumurtalık'da birer adet bilgisayar destekli güneş enerjisi gözlem istasyonu tesis edilmiş ve 5 yıl boyunca veri toplanması programlanmıştır. Ölçüm süresini doldurması nedeniyle İzmir'deki istasyon Kayseri'ye, Didim'deki istasyon da Balıkesir'e taşınmıştır. Güneş enerjisinin genel enerji tüketimimizdeki payı 2000 yılı itibarıyla %0,16'dır. Projeksiyonlar bu payın 2005'de %0,17 ve 2010'da %0,25 olacağını göstermektedir [11]. Güneş enerjisi konusunda yapılan araştırmalar, kullanımdaki en büyük engel olan depolama sorununu yüksek derecede ısı, mekanik veya elektrik gücü halinde depolanmasını sağlayarak çözebilecek gibidir. Bazı ülkeler şimdiden güneş enerjisi potansiyelini değerlendirme yönünde önemli adımlar atmıştır. Örneğin İsrail'de konutların %84'ünün sıcak su gereksinimi güneş enerjisi ile sağlanmakta ve 9 kata kadar olan konutlarda güneş enerjisi ile su ısıtılması zorunlu tutulmaktadır. Ayrıca, dünya üzerinde güneş enerjisini kullanan devasa elektrik üretim tesislerinden, binaların ısıtılıp soğutulmasına, sanayi tesislerinin çatılarına konulacak sistemlerle bu tesislerin sıcak su ihtiyaçlarının karşılanmasına, fotovoltaik pillerle elektrik üretimine kadar bir çok tesis kuruludur. Binalarda kullanılan enerjinin dörtte üçü ısıtma ve soğutmaya gitmektedir. Bu durum güneş enerjisi kullanımı için büyük bir potansiyel sağlamaktadır. Bina tasarım ve inşaatının uygun hale getirilmesi ile güneşten gelen enerjinin kontrol altına alınması ve kısım diğer yakıt türlerinden takviye edilerek ısıtma, absorpsiyonlu sistemler kullanarak da soğutma yapılabilmektedir. Güneş enerjisi destekli soğutma teknolojisinin en önemli müşterisi ticari binalar olacaktır.

Depolama sorununa bulunacak çözümlerin de katkısıyla güneş enerjisi ile yapılan soğutma geniş bir iklim kuşağında yaygınlaşabilecektir. Ancak bu alandaki üreticiler yeterli pazar bulup, seri üretime geçerek maliyetleri düşürmeden güneş enerjisinin geleneksel kaynaklara alternatif olması çok zordur. Fakat gaz ve petrol fiyatlarının yükselmesi ve güneş kolektörlerinin maliyetlerinin düşmesi ile maliyetler arasındaki fark kapanabilir. Daha şimdiden verimli kolektörlerle üretim maliyetleri 5-6 cent/kwh düzeylerine düşürülmüştür. 1973 petrol krizi öncesinde 3 \$/varil olan petrol fiyatının bugün 34 \$/varil olan fiyatı, enerji kaynakları kıt olan ülkelerin güneş enerjisi seçeneğine daha ciddi bakmalarını gerektirmektedir. Ülkemizin büyük bir bölümü 2000 saatten fazla güneş enerjisi almakta ve m<sup>2</sup> ye 1500 kwh'lık bir enerji düşmektedir. Bu nedenle güneş enerjisi uygulamalarının ekonomik ve teknik bakımdan oldukça uygun olduğu görülmektedir [12].

### 3.1.2. Güneş enerjisi uygulamaları

Güneş enerjisi uygulamaları termodinamik sistemler ve fotovoltaik sistemler olarak iki gruba ayrılabilir. Termodinamik sistemler, kendi içinde ise pasif güneş sistemleri ve aktif güneş sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Pasif güneş sistemleri, güneş enerjisi kullanımı için geliştirilen en eski sistemlerden biridir. Başlıca, binaların ısıtma ve soğutması için dizayn ve mimarisinde kullanılmaktadır. Güneş mimarisinde, güneş enerjisi yoğunluk ve süresinin ısı, ışık ve sağlığa yararlı, istenilen etkilerini elde edebilmek, buna karşın yüksek sıcaklık, aşırı aydınlık ve kişilere ve malzemelere zarar verecek, istenmeyen etkilerinden ise korunulacak şekilde kontrol edilmesi ve kullanılması çok önemlidir. Uygulama alanları arasında binaların kışın ısıtılmasını, yazın ise ısınmayı önleyecek koşulların sağlanmasını, seraların ısıtılmasını ve zirai ürünlerin kurutulmasını sayabiliriz. Güneş enerjisi binalarda, herhangi bir elektromekanik gereç kullanılmadan (normal olarak) ısıya dönüştürülür. Isı transferi ve sıcak akışkanın çevrimi doğal yolla olur. Pasif güneş ısı sistemleri, pencereler gibi enerji kolektör elemanları veya bina duvarları gibi depolama elemanlarını da içermektedir.

Pasif Güneş Tekniklerinin Başlıcaları:

Direk Toplayıcı : Bu sistemlerde, güneş enerjisi kuzey yarım küre için, güneye bakan yönde düşey bir pencere yardımıyla toplanır. Gün boyunca gelen güneş enerjisi gece kullanılmak üzere, taban, tavan ve duvarlar gibi bina elemanları tarafından emilir.

Termal Depolama Duvarları (Trombe duvarı) : Bu sistemlerde güneye bakan bir pencerenin arkasında, ısı kolektörü vazifesi gören bir duvar vardır. Bu sistemlerin avantajı, içerisini ekstrem şartlardan izole etmesi, duvar arkasındaki odanın sıcaklık değişimlerinden etkilenmemesi, istenmeyen veya malzemelere zarar verebilecek direk ışıktan da korumasıdır. Trombe duvarı, özellikle güneşli fakat soğuk kışların görüldüğü iklim kuşakları için çok uygundur.

Pasif güneş sistemlerini dizayn eden kişilerin, global güneş radyasyonu, uzun dalga atmosfer dışı ve atmosferik ışınım, güneşlenme süresi gibi bilgilere, sistemin optimizasyonunun ve performansının hesaplanabilmesi için gereksinim duyarlar. Bunlara ilave olarak bu sistemlerin performans tesbitinde; sıcaklık, rüzgar yönü ve şiddeti, nem ve buharlaşmanın da bilinmesini gerekmektedir.

Aktif güneş enerjisi sistemlerinde ısı, pek çok uygulama alanında, farklı sıcaklıklarda gereklidir ve faydalı enerji tiplerinin büyük bir bölümünü temsil eder. Güneş radyasyonunu ısıya dönüştüren sistemler çok çeşitlidir. En basit güneş kolektörleri ile bir kaç yüz watt, güneş güç istasyonlarıyla birkaç yüz megawatt'a kadar enerji elde edilebilir. Aktif sistemler, ısıtma, soğutma ve elektrik üretimi gibi amaçlarla kullanılabilir.

Aktif termal sistemler, güneş takip eden sistemler olabilir. Bu sistemlerde güneş enerjisi, güneş takip eden bir toplayıcı (kolektör) ile toplanır, daha sonra ısıya dönüştürülerek bir akışkana transfer edilir. Bunlar kolektör tiplerine göre sınıflandırılır.

-Düz Plakalı Kolektörler

-Borulu Kolektörler

- Yoğunlaştırıcı Kollektörler
- Güneş Havuzları

Termodinamik sistemlerde, düşük sıcaklık uygulamalarının en yaygını düzlemsel kollektörlerdir. Düzlemsel kollektörler güneş enerjisini ısı enerjisi olarak bir akışkana aktaran sistemlerdir. Ucuzluğu ve basitliği nedeniyle en yaygın kullanılan güneş enerjisi uygulamalarıdır. Evlerde, yüzme havuzlarında ve sanayi tesislerinde sıcak su sağlamakta kullanılır. Daha yüksek sıcaklıklar verebilen vakumlu kollektörler ise yutucu yüzey cam boru içine alınmış ve cam boru ısı kayıplarını azaltmak için vakumlanmıştır. Çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için düzlemsel kollektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca güneş enerjili soğutma sistemlerinde kullanılır.

Fotovoltaik sistemler; sistemlerdeki voltaik toplayıcılarda, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için Cd S ya da silikon maddelerinden güneş pili imal edilir bu maddeler üzerine gelen güneş ışınları anında elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Bu sistemlerde güneş izleme düzeni ile her an mümkün olan en yüksek güneş enerjisinden yararlanılır. Güneş izleme düzeneği pahalı olduğundan bu tip toplayıcılardan, izleme düzeneği olmadan da yararlanılmaktadır. Yapay uyduların elektrik enerjisi fotovoltaik toplayıcılardan sağlanmaktadır. Fotovoltaik toplayıcıların çok yüksek maliyeti kadar, sadece %10 mertebesinde verimli çalışmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır. Buna rağmen uydularda zorunlu olarak kullanılmakta ve radyo, hesap makinası, saat ve benzeri ev aletlerini çalıştırmaktadır. Fotovoltaik hücreler elektik enerjisi iletim hattı bulunmayan ya da uzak olan yerlerde evlerin hatta köylerin, çiftlik evlerinin, su pompalarının, çeşitli aletlerin uzaktan kumandasında da kullanılmaktadır. Güneş enerjisi uygulamalarını düşük sıcaklık (20-100°C), orta sıcaklık (100-300°C) ve yüksek sıcaklık (>300°C) olmak üzere üç grupta toplayabiliriz. En yaygın uygulamalardan bazıları ve kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

**Düşük Sıcaklık Uygulamaları**

- Kullanım sıcak suyu eldesi
- Konut ısıtılması-soğutulması
- Sera ısıtılması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Yüzme havuzu ısıtılması
- Güneş ocakları ve fırınları
- Deniz suyundan tatlı su eldesi
- Tuz üretimi
- Sulama
- Toprak solarizasyonu

**Orta Sıcaklık Uygulamaları**

- Endüstriyel kullanım için buhar üretimi
- Büyük ısıtma - soğutma sistemleri

**Yüksek Sıcaklık Uygulamaları**

- Güneş fırınları

Güneş enerjisi ile çalışan ilk motorun patenti 1861 yılında alınmış olmasına karşın güneş enerjili sistemler 1970'li yıllardaki enerji krizine kadar unutulmuştur. Fotovoltaik Endüstri Birliği (EPIA) ve Greenpeace tarafından yayınlanan raporda ( 17 Ekim 2001 İstanbul/Berlin ) dünyada 2040 yılına kadar küresel enerji gereksiniminin %26' sının güneş enerjisinden sağlanacağı ve 2 milyondan fazla kişiye istihdam imkanı sağlanacağı ifade edilmektedir [11].

Günümüzde modern güneş pillerindeki ileri teknolojiler ile %20-30 gibi bir artışla daha yüksek verimlere ulaşılabilmektedir. Bugün fotovoltaik yolla elde edilen elektrik enerjisinin maliyeti 0,1 \$/kwh düzeyindedir. Şu an için güneş enerjisi, üretim maliyeti bazında diğer kaynaklara göre daha pahalı görünmekle birlikte, güneş pillerinin verimlerinin artırılması konusunda sürdürülen çalışmalarla maliyetlerin daha aşağılara çekilmesi beklenmektedir.

Güneş pili sistemlerinin işletme özelliklerini incelemek üzere EİEİ Genel Müdürlüğünce başlatılan proje kapsamında 300 Watt gücünde bir sistem Aydın Yenihisar’ da kurulmuştur. Dünyada giderek yaygınlaşan şebekeye bağlı güneş pili sistemleri konusunda bilgi birikimi arttırmak amacıyla 4,70 kWh gücünde şebekeye bağlı bir fotovoltaik sistem EİEİ Genel Müdürlüğünce 1998 yılında Didim’ de kurularak ölçümlere başlamıştır. Bu sistemin 18-19 kwh/gün enerji ürettiği belirlenmiştir. Yine 1,2 kW gücünde benzeri bir sistem EİEİ Genel Müdürlüğü parkında kurulmuştur.

### **3.2. Rüzgar Enerjisi**

Türkiye’nin enerji ihtiyacının güvenli olarak karşılanması için birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de temiz ve dışa bağımlı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde en yaygın olan ve teknolojisi en hızlı gelişeni rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisinin bu kadar hızlı gelişmesinin nedeni, doğada serbest bir halde ve bol olarak bulunması ve enerji kaynağı çeşitliliği yaratmasının yanında dışa bağımlı olmayan temiz bir enerji kaynağı olmasıdır [13]. Rüzgar enerjisi, MÖ 4000 yıl kadar önce yelkenlileri hareket ettirmekte, mısır ve buğday öğütmekte ve sulamada kullanılmaktaydı. Günümüzde ise rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde yararlanılmaktadır[11]. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi atmosfer kirliliğine sebep olmaması nedeniyle ‘temiz enerji kaynağı’ olarak nitelendirilmektedir[14]. Rüzgar potansiyelinin en yoğun olduğu yerler Marmara, Güney Doğu Anadolu ve Ege Bölgeleridir.

Türkiye'nin farklı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyelleri Tablo 3.3'de ve Batı Ege sahili boyunca rüzgar enerjisi potansiyeli Tablo 3.4'de verilmiştir. Tablo 3.3'e göre rüzgar enerjisi potansiyelinin en yoğun olduğu bölge Marmara Bölgesidir. Marmara Bölgesini sırasıyla Güneydoğu Anadolu, Ege, İç Anadolu, Akdeniz, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesi izlemektedir. Literatürde verilen en yüksek rüzgar hızı değerleri Bandırma'da 5,1-5,2m/sn, Bozcaada'da 6,3-7 m/sn, Karaburun ve Karabiga'da 6,4m/sn, Nurdağı'nda 7,1 m/sn ve Şenköy'de 7 m/sn'dir [10].

**Tablo 3.3.** Türkiye'nin farklı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyeli [10]

Bölgeler	Yıllık ortalama rüzgar hızı (m/sn)	Yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Güneydoğu 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
Türkiye'nin ortalaması	2,58	25,82

**Tablo 3.4.** Batı Ege'nin kıyısı boyunca rüzgar enerjisi potansiyeli [10]

Konumlar	Yıllık ortalama rüzgar hızı (m/sn)	Yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Gökçeada	4,14	112,88
Çanakkale	4,13	93,50
Bozcaada	6,36	319,50
Edremit	2,44	19,80
Ayvalık	3,29	59,40
Dikili	2,50	20,50
İzmir	3,65	53,40
Bodrum	4,10	114,70
Türkiye'nin ortalaması	3,83	99,20

Rüzgarın elektrik enerjisinde ilk kullanımı 1882 yılında Amerika'nın New York şehrinde gerçekleştirilmiş olup bu konuda çalışmalar günümüzde yaygınlaşarak devam etmektedir. Özellikle 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi, modern rüzgar türbinlerinin gelişimine önemli katkıda bulunmuştur. Günümüzde rüzgar enerjisi teknolojisi; küçük ölçekli mekanik su pompajı, tek başına sistemlerle küçük birimlerin elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanması ve doğrudan şebeke bağlantılı rüzgar tarlası şeklindeki sistemler olarak gelişme göstermektedir. Rüzgar türbini kurulduğu arazinin %5'ini işgal ettiğinden ve türbin kanatları yerden epeyce yüksekte olduğundan kalan arazi tarım, otlatma ve diğer amaçlar için rahatlıkla kullanılabilir. Rüzgar türbinleri gece ve gündüz rüzgar olduğu sürece sürekli enerji üretmektedirler. Ayrıca rüzgar enerjisinin diğer elektrik üretim yöntemleriyle kıyaslandığında en önemli çevresel yararının hava kirleticileri ve sera gazları emisyonlarının olmamasıdır. Dünyada kurulu bulunan rüzgar santrallerinin 2002 yılı sonu itibarıyla toplam nominal gücü 31.128 MW' tır. Amerika, Danimarka, Almanya ve İspanya dünyada kurulu bulunan toplam rüzgar gücünün %70'ini üretmektedir. Amerika'da yaklaşık olarak bir nükleer santrale eşdeğer 985 MW' lık rüzgar santrali 1998

ortasından 1999 yılı sonuna kadar kurulmuştur. Danimarka kendi enerji ihtiyacının %10'unu rüzgar enerjisinden temin etmektedir. İspanyanın Navarra ili kendi ihtiyacının %20'sini rüzgar enerjisinden temin etmektedir. Tablo 3.5.'de 2002 yılı itibarıyla dünyadaki kurulu rüzgar gücünün dağılımı gösterilmektedir[11].

**Tablo 3.5.** 2002 yılı itibarıyla dünyadaki kurulu gücün dağılımı [11]

<b>Yer</b>	<b>Toplam MW</b>
Amerika	5 148
Avrupa	23 291
Asya	2 585
Afrika	137
Diğer	33

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Avrupa kıtasını ele aldığımızda Almanya, 2002 yılında tesis ettiği 3.247 MW yeni kapasite ile toplamda 12.001 MW kurulu güce ulaşarak, tüm dünyadaki kurulu rüzgar gücünün % 38' ine ulaşmış durumdadır. Türkiye, Avrupa'da rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından en iyi olan ülkelerden birisidir. Türkiye'deki rüzgâr enerjisi kaynakları, teorik olarak Türkiye'nin elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilecek düzeydedir. Türkiye'nin rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 88.000 MW düzeyindedir. Ülkemizde yapılan araştırmalar sonucunda rüzgar potansiyelinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ancak Türkiye rüzgar enerjisi bakımından İngiltere'den sonra dünyanın en büyük potansiyeline sahip olmasına karşın bu alanda yapılan yatırım yok denecek kadar azdır. Bugüne kadar ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) tarafından değerlendirilen 39 adet Rüzgâr Çiftliği projesi bulunmaktadır. Bu projelerin toplam kapasitesi 1.370 ile 1.440 MW'dır. Bu 39 projenin, 210 MW'lık kapasiteye sahip 8 tanesinin yatırımcılarla yapılan görüşmeleri sonuçlandırılmıştır. Türkiye'de ilk rüzgar elektriği, 1986 yılında Çeşme Altinyunus Tesisleri'nde kurulan 55 kW nominal güçlü (Vesta marka) rüzgar türbininden elde edilmiştir, bu türbinin; göbek yüksekliği 24,5 m,

pervane çapı 14 m olup nominal güce 12 m/s'lik rüzgar hızına erişmektedir. Çeşme şartlarında yılda ortalama 100000 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve bu miktar tesis elektrik ihtiyacının %4'ünü karşılamaktadır. 1992 yılında ise Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'nin bir şubesi olarak kurulmuştur. Türkiye'de uluslararası boyutta ilk rüzgar elektrigi, 21 Şubat 1998 tarihinde Çeşme Germiyan Köyü'nde üretilmiştir. Bir Türk şirketi tarafından bir Alman firmasından (Enercon) satın alınan ve üç rüzgar türbininden oluşan bu rüzgar çiftliği 1,7 MW kapasite ile üretime geçmiştir. Germiyan Rüzgar Çiftliği; 500 kW lık nominal güce sahip ve pervane çapı 40,3 m, senkron jeneratörlü olup 14 m/s hızda nominal güce ulaşmaktadırlar. Germiyan Rüzgar Çiftliği, otoprodüktör sistemiyle kurulmuş olup yılda 4,5 milyon kWh elektrik elde edileceği tahmin edilmektedir. Türkiye'deki Yap- İşlet- Devret modeli ile 28 Kasım 1998 tarihinde işletmeye açılan ilk rüzgar enerjisi tesisi ise Çeşme- Alaçatı'daki ARES adlı 12 türbinden oluşan rüzgar çiftliğidir. Burada kullanılan rüzgar türbinleri 600 kW gücündedir. İkinci Yap- İşlet- Devret modelindeki rüzgar santrali 17 adet 600 kW gücünde (Enercon marka) türbinden oluşan 10,2 MW kurulu güçlü Bozcaada'da kurulmuş ve 25 Haziran 2000'de devreye alınmıştır. Sonuçta şu anda işletmede bulunan rüzgar santrali kurulu gücü 18,9 MW olmuştur [15].

EİEİ ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından rüzgar enerji sektörünün alt yapısını oluşturmak ve sektörün kısa, orta, uzun vadede etkili ve verimli yönde gelişimini sağlamak amacıyla Türkiye'nin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi ve buna göre yatırım çalışmalarında yol gösterici olması nedeniyle "Rüzgar Atlası" çalışması bitirilerek Haziran 2002' de yayınlanmıştır. Rüzgar enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Bandırma, Bozcaada, Çeşme, Gökçeada, Çanakkale, Karadeniz Ereğlisi, Florya ve Siverek gibi bölgelerde yöresel potansiyel belirleme çalışmaları da yapılmıştır [11].

### 3.2.1. Rüzgar enerjisi uygulamaları

Rüzgar enerjisi uygulamaları; rüzgar enerji santralleri ve su pompaj uygulamaları olarak iki grupta toplanabilir. Rüzgar enerjisi santralleri; günümüzde rüzgar santrallerinde kullanılmak üzere 600kW ile 3600kW arasında çeşitli güçlerde rüzgar türbinleri piyasada olup, yoğunluk 700-1500kW güçteki türbinler üzerinde toplanmıştır. En çok kullanılan sistemlerin gücü 900-1000kW civarındadır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi, yüksek rüzgar hızına sahip yerlerde bilinen kaynaklarla ekonomik olarak yarışabilir duruma gelmiştir. Rüzgar türbinleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin, güçlerine göre; küçük (10kW'tan az), orta (10kW'tan fazla 100kW'tan güçten az) ve büyük (100kW'tan fazla) ölçekli, kullanım amaçlarına göre; su pompalama veya elektrik üretme, pozisyonlarına göre; yatay, düşey, kullanım şekillerine göre; yalnız başına veya şebeke bağlantılı, dönüştürme sisteminin güç elde edilen milinin yatay (yatay eksenli rüzgar türbini) veya düşey konumda olmasına göre sınıflandırılmaktadır. Rüzgar türbinleri ile elektrik elde etmekteki uygulamalar iki ana başlıkta toplanabilir:

*\*Dağıtım şebekesine bağlı olmayan uygulamalar:* Bu uygulamalar genellikle küçük güçlü rüzgar türbinleri ile konutlarda görülmektedir. Akü düzenekleri ile elektrik depolanarak kullanılmaktadır. Bu türbinlerin gücü 40-300kW arasındadır. Akü sisteminin kullanılmadığı durumlarda diğer enerji kaynakları (güneş gözeleri, diesel üreteçler gibi) ile birlikte kullanılan sistemler de bulunmaktadır.

*\*Dağıtım şebekesine bağlı uygulamalar:* Bu uygulamada genellikle birden çok yüksek güçlü (700-1000kW) rüzgar türbini kullanan rüzgar tarlaları (rüzgar santralleri) yer almaktadır. Bu şekilde elde edilen elektrik enerjisi dağıtım şebekesine verilmektedir.

Rüzgar enerjisi su pompaj uygulamalarında; rüzgar enerjisini mekanik enerjiye çevrilerek yaygın olarak kullanılır. Rüzgar enerjisi mekanik olarak, ev kullanımı,

çiftliklerde hayvanların su ihtiyacının sağlanması, drenaj (arazi, bataklık kurutma) ve küçük ölçekli arazi sulama gibi alanlarda kullanılmaktadır [16].

### 3.3. Hidrojen Enerjisi

Birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesiyle elde edilen ikincil enerjilere ‘enerji taşıyıcılar’ da denilir. Hidrojen, 21. yüzyıla damgasını vuracak bir enerji taşıyıcısıdır. Kolayca ve güvenle her yere taşınabilen, taşınmasında çok az enerji kaybı olan, her yerde (sanayide, evlerde ve taşıtlarda) kullanılabilen, tükenmez, temiz, kolaylıkla ısı, elektrik ve mekanik enerjiye dönüşebilen, karbon içermeyen, ekonomik ve hafif olan hidrojenin yalnız 21. yüzyılın değil, güneş ömrü olarak kestirilen gelecek 5 milyar yılın da yakıtı olacağı söylenebilir[17]. Hidrojen bir doğal yakıt olmayıp, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak su, fosil yakıtlar ve biyokütle gibi değişik hammaddelerden üretilebilen sentetik bir yakıttır[18].

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde hidrojenin önemi her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır. Yıldız ve gezegenlerde serbest halde en çok bulunan element olan hidrojen, dünyada da fazla miktarda bulunmasına rağmen serbest halde bulunmamaktadır. Bununla birlikte hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Hidrojenin, içten yanmalı motorlarda kullanım çalışmalarına 1900’lü yıllarda başlanmış ve günümüzde de yoğun bir şekilde çalışmalara devam edilmektedir. Gaz haldeki hidrojen renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Hafif olan kütlesi nedeniyle çok yüksek yayılma özelliğine sahiptir. Gaz haldeki hidrojen aynı hacimdeki havadan 15 kat daha hafiftir. Hidrojen enerjisi, tüm enerji çeşitleri içinde neredeyse en ucuzu durumundadır. Birim kütle başına diğer bilinen tüm yakıtlardan daha fazla kimyasal enerjiye sahiptir. 1 metreküp sudan 108.7 birim hidrojen üretilmekte, bu ise yaklaşık olarak 422 lt. benzine eşdeğerdir. Bu enerjinin bir

özelliği de istenilen biçimde (katı, sıvı, gaz, metal-hidrit vs) kolayca depolanabiliyor olmasındır.

Kullanım alanları incelendiğinde hidrojenin, fosil yakıtlara göre oldukça fazla alanda kullanılabilceği ortaya çıkmaktadır; hidrojen alevli yanma, doğrudan buhar üretimi, katalitik yanma, kimyasal dönüştürme, elektrokimyasal dönüştürme uygulamalarında yakıt olarak kullanılabilirken, fosil yakıtlar sadece alevli yanma uygulamalarında kullanılabilmektedirler[11].

Hidrojen aşağıda sıralandığı gibi çeşitli avantajlara sahip ideal bir enerji taşıyıcısıdır.

\*Hidrojen yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere herhangi bir enerji kaynağı kullanılarak üretilebilir.

\*Hidrojen elektrik kullanılarak üretilebilir ve nispeten yüksek verimle de elektriğe çevrilebilir. Hidrojenin güneş enerjiden doğrudan üretim süreçleri de geliştirilmiştir.

\*Son kullanımda hidrojen kullanılacak enerji şekline dönüşürken en yüksek verime sahiptir. Hidrojen fosil yakıtlardan %39 daha verimlidir. Kısaca hidrojen birincil enerji kaynaklarını korur.

\*Hidrojen gaz şeklinde (büyük ölçekli depolamada), sıvı şeklinde (hava ve uzay ulaşımında) veya metal hidrit şeklinde (araçlar ve diğer küçük ölçekli depolamada) depolanabilir.

\*Hidrojen boru hatları veya tankerler ile büyük mesafelere taşınabilir (bir çok durumda elektrikten daha ekonomik ve verimlidir).

\*Hidrojen diğer yakıtlardan farklı güvenlik ekipmanı ve prosedürü gerektirse de onlardan daha fazla tehlikeli değildir. Hidrojen güvenlik sıralamasında propan ve metanın (doğal gaz) arasındadır. Yangın tehlikesi ve zehirlilik dikkate alındığında hidrojen en güvenilir yakıttır.

\*Hidrojen elektrikten veya güneş enerjisinden üretilirken, taşınırken veya depolanırken ve son kullanımda herhangi bir kirletici üretmez veya çevreye zararlı herhangi bir etkisi

yoktur. Hidrojenin yanması veya yakıt hücresinde tüketilmesi sonucu son ürün olarak sadece su üretilir. Yanma yüksek sıcaklıkta olursa havadaki azot ve oksijenden NO<sub>x</sub> oluşabilir. Ancak bu sorun diğer yakıtlarla aynıdır ve kontrol edilebilir.

\*Çevresel hasarlar ve yüksek kullanma verimi dikkate alındığında güneş hidrojen enerji sistemleri en düşük etkin maliyete sahiptir[18].

Hidrojenli yakıtlarda, hidrojen; sıvı ve yüksek basınç altında gaz halde depolanmaktadır. Yakıt özellikleri incelendiğinde, hidrojenin motorlarda yakıt olarak kullanılması durumunda petrol kökenli motor yakıtlara oranla birçok avantaja sahip olduğu görülmektedir. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında, yanma ürünü olarak su buharı açığa çıkarması ile çevreye hiçbir zararı yoktur. Boru hatları ile taşınabilmesinin yanında depolanabilmesi de hidrojeni elektrik enerjisine göre daha avantajlı kılmaktadır. Hidrojenin boru hatları ile iletiminin maliyeti elektrik dağıtım hatlarının maliyetinin sadece ¼' ü kadardır. Geleceğin yakıtı hidrojen için en uygun sistem hidrojenli yakıt pili teknolojisidir. Yakıt pilleri sisteme dışarıdan sağlanan yakıt ve elektrokimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli olan oksitleyicinin kimyasal enerjisini doğrudan elektrik ve ısı formunda kullanabilir enerjiye çeviren güç üretim elemanıdır. Bir yakıt pili "Yakıt İşleme Ünitesi", "Güç Üretim Sistemi" ve "Güç Dönüştürücü" olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Komple bir yakıt pili güç üretim sistemi bir yakıt kaynağı, bir hava kaynağı, bir soğutma ünitesi ve bir de kontrol ünitesi içeren bir otomobil motoruna benzetilebilir. Güç Dönüştürücü ünitesinde hücrede üretilen doğru akım ticari kullanım için alternatif akıma çevrilmektedir. Yakıt pili uygulama alanları; Uzay Çalışmaları / Askeri Uygulamalar, Konutsal Uygulamalar, Sabit Güç Üretim Sistemi /Yüksek Güç Üretim Sistemi Uygulamaları, Taşınabilir Güç Kaynağı Uygulamaları, Atık/Atık Su Uygulamaları, Taşıt Uygulamaları şeklindedir.

Ayrıca yakıt pilleri otobüs, kamyon, otomobil ve her türlü taşıt için yakıt görevi yapabilecek özelliklere sahiptir. Yakıt pilli araçlar, benzin ve motorin ile çalışan araçlara göre daha temiz ve enerji bakımından daha verimli bir uygulamadır. Günümüzde taşıt

emisyonlarının çevre kirliliği üzerindeki etkileri düşünüldüğünde, yakıt pili ile çalışan araçlar çevre dostu ve karlı bir seçimdir. Yakıt pilleri kullanımında taşıt gürültü kirliliği de görülür düzeyde azalmaktadır. Bir diğer avantaj da yakıt olarak hidrojen kullanıldığında araçlarda emisyon olarak sadece su oluşmasıdır.

Hidrojen gazının depolanması üzerinde çalışmalar da son hızıyla devam etmektedir. Çeşitli depolama sistemleri içerisinde yüksek basınçlı hidrojen en iyi sistem olmakla birlikte hafif araçlarda gerekli olan hacim ve ağırlık kriterlerini karşılayamamaktadır. Ancak bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

Yakıt pilleri ile gerek taşıt gerekse güç istasyonları uygulamalarında gelecekte çok önemli kullanım alanına ve sektörde büyük bir paya sahip olacağı açıktır. Dünyada önde gelen otomotiv şirketleri ve devletler, yakıt pillerinin geliştirilmesi ve araştırılması için çok yüksek miktarlarda para ve zaman harcamaktadır. Çevre faktörünün önem kazandığı bu zamanda çevre dostu olmasının yanında yüksek verime de sahip olan yakıt pilleri gelecekte uygun fiyat uygulamalarıyla öne çıkacak ve alternatif yakıtlar içinde önemli bir yer alacaktır.

Ülkemizde yakıt pillerine verilen önem diğer alternatif yakıtlara olduğu gibi düşük düzeyde olup, enerji politikamızda geleceğe dair yatırımlar içinde yakıt pillerinin de yer alması ve dünya ile aynı seviyede araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Ülkemizde yakıt pili konusunda İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) ve Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ)'nde çalışmalar yapılmakta ve dünya çapında başarılarla imza atılmaktadır. Konutlarda yakıt pilinin kullanımı ve Türkiye'de yakıt pili üretimi amacıyla, TÜBİTAK-TİDEB tarafından desteklenen bir proje başlatılmıştır. Proje kapsamında, doğrudan hidrojenle çalışan veya bir yakıt işlemci (reformer) ilavesi ile, doğal gaz veya LPG ile de çalışabilecek, bir prototip üretilmesi hedeflenmektedir.

Sonuç olarak çevre kirliliğine yol açmadan çeşitli alanlarda kullanılacak esnek bir yakıt olan hidrojen, 21. yüzyılın yakıtı olarak düşünülmekte; üretimi, taşınma ve depolanması ve kullanılmasına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi için kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir[11].

### 3.4. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, elektrik üretiminde en önemli kaynaklardan biridir ve birçok ülkede enerji ihtiyacının %25 den fazlası bu kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu enerjinin en yaygın kullanım şekli nehirler üzerine barajlar inşa ederek büyük su rezervuarlarında suyu biriktirmek ve bu suyun potansiyel enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek esasına dayanmaktadır.

Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidrolik enerji potansiyeli 216 Milyar kWh civarındadır. Yine ülkemizin 2001 yılı başı itibarıyla tespit edilen teknik ve ekonomik hidrolik enerji potansiyeli 1262milyar kWh' dir. Bu potansiyelin yalnızca % 34'i (44.460 GWh) kullanılabilir, %9'u ( 10.773 GWh) inşa halinde ve % 57 'si ( 70.876 GWh) ise çeşitli aşamalardan oluşan proje (ilk etüt ön inceleme, master plan, planlama ve kesin proje) düzeyindedir[11]. 1262milyar kWh'lık potansiyel, ön inceleme seviyesinde etüt edilmiş hidrolik projelerle, master plan, fizibilite (planlama yapabilirlik), kesin proje, inşa ve işletme aşamalarından oluşan toplam 566 adet hidrolik projenin enerji üretim kapasitesini ifade etmektedir. 566 adet hidrolik santralın 130 'u işletmede, 31 'i inşa halinde ve 405 adedi ise proje seviyesindedir. Ülkemizde su kaynaklarının geliştirilmesinde görev üstlenen EİEİ ve DSİ (Devlet Su İşleri) gibi kuruluşlarının yeni enerji imkanlarının yaratılmasına yönelik yapmış oldukları ön inceleme çalışmalarıyla hidrolik enerji potansiyeline her yıl yeni ilaveler kazandırılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda Türkiye'nin ekonomik hidrolik potansiyeli yıldan yıla ufak da olsa farklılıklar göstermektedir. 433 milyar kWh brüt teorik hidrolik potansiyeli ile dünya hidrolik potansiyeli içinde %1 paya

sahip olan Türkiye, 126 milyar kWh ekonomik olarak yapılabilir potansiyeli ile de Avrupa ekonomik potansiyelinin yaklaşık % 15'i düzeyinde hidrolik potansiyele sahip bulunmaktadır.

Hidrolik santrallerin üretimi, yağış koşullarına bağımlı olduğundan her yıl toplam üretim içindeki payı değişim göstermekle birlikte, Türkiye'de elektrik enerjisinin yaklaşık %30-40'ı sudan üretilmektedir[11]. Şu anda mevcut hidrolik güç tesisleri, Türkiye'nin enerji talebine yeterli cevabı verememektedir. Tablo 3.6.'da, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına göre gelecek 10 yıldaki tahmin edilen hidrolik enerji üretimi verilmiştir[10]. Tablo 3.6.'da verilen bilgilere göre, Türkiye'nin hidrolik enerji üretimi 2001 yılından 2010 yılına 46730 GWh'dan 88309GWh'a yükselecektir.

**Tablo 3.6.** 2001-2010 yıllarındaki Türkiye'nin tahmini hidrolik enerji üretimi [10]

Yıl	Üretim	
	ktep	GWh
2001	4019	46730
2002	4584	53302
2003	5129	59635
2004	5770	67091
2005	6268	72884
2006	6542	76068
2007	6725	78200
2008	7031	81756
2009	7374	85749
2010	7595	88309

Güçlü Hidrolik enerji santral uygulamaları, literatürde klasik yenilebilir enerji üretimleri arasında yer alırken, Küçük Hidrolik Santraller yoluyla üretilen enerji, yeni ve yenilebilir enerjiler kapsamına sokulmaktadır; ancak Türkiye’de bu kaynaktan bugüne kadar yararlanılmamıştır. Güçleri 10 MW’ın altında kalan ve çoğunlukla birkaç MW’ın aşmayan bu tür olanakların değerlendirmesi de önem arz etmektedir. Özellikle Çoruh, Dicle, ve Harşit havzalarındaki önemli enerji kapasitesine sahip hidrolik projelere gereken önem verilmesi gerekir[19]. Türkiye’nin Cumhuriyet devrinde ilk inşa edilen barajı Çubuk 1 barajıdır. Ankara şehrinin yerli su ihtiyacını karşılamak için inşa edilmiştir. 1999 yılının Ocak ayı başında 193 baraj inşası tamamlanmıştır.

### **3.4.1. Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP)**

Hidrolik güç tesislerinin kurulmasına ek olarak Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP) Türkiye’de hidrolik gücün kullanımı için oldukça iyi bir örnektir. GAP, dünyanın en geniş güç üretme, sulama ve geliştirme projesidir. 3 milyon hektar tarım arazisini kapsamaktadır. Bu miktar Türkiye’nin ekilebilir alanının %10’undan fazladır. Sulanan alan Türkiye’nin şu anda sulanan alanının yarısından daha fazladır. Fırat ve Dicle nehirleri üzerindeki GAP projesi 22 baraj ve 19 hidrolik güç tesisini kapsamaktadır[10]. 27 milyar kWh elektrik gücüne sahip olup, 1.7 milyon hektar alanı sulayacaktır. Atatürk Barajı dünyanın en geniş hacimli 6. barajıdır ve elektrik enerji üretiminin ortalama değeri 8.5 milyar kWh/yıldır. Fırat 5304 MW kurulum kapasitelidir, 20 milyar kWh enerji üretecek ve 1 milyon hektar alanı sulayacaktır. 14 baraj ve 11 hidrolik güç tesisi bu bölgede planlanmıştır. Dicle projesi 2172 MW donanım kapasitelidir, 7 milyar kWh elektrik enerjisi üretir ve 700 000 hektar alanı sulayacaktır. 8 baraj ve 8 hidrolik güç tesisi vardır.

GAP bölgesinde bazı önemli elektrik güç üretim bölgeleri Karayaka Barajı 1000MW, Atatürk Barajı 2400MW, Keban Barajı 1360 MW’dır. Ayrıca kömür ve linyitle çalışan ısıllı güç tesisleri de vardır. Tüm tesisin kapasitesi 5960MW ve toplam yıllık enerji

21 900 GWh'dır. GAP, bu kapasiteyle Türkiye'nin %25 elektriğini ve hidrolik enerjinin %85'ini sağlayacaktır.

Türkiye'nin nüfusunun artmasıyla elektrik için endüstriyel taleplerde artmaktadır. Şimdiki hidrolik kurulu gücü Türkiye'nin enerji talebini karşılayamamaktadır. EİEİ tarafından yapılan çalışmalar sonucunda 101kW ile 10MW arasındaki hidrolik potansiyeli, hidrolik enerjinin küçük miktarı gibi kabul edilmektedir. Türkiye'nin küçük hidro güç gelişimi 1902'de başlamış ve birçok aktarma tesisleri kırsal bölgelerin belediyeleri, özel girişimciler ve bazı devlet organizasyonları tarafından şu ana kadar kurulmuştur.

Hidrolik santrallerin çevreye olumlu ve olumsuz etkileri vardır. Olumlu etkiler; enerji üretimi, taşkın önlenmesi, ziraati geliştirme, balıkçılığı teşvik, ağaçlandırma ile çevrenin estetik ve su kalitesini yükseltmektir. Hidrolik enerjinin mikroklimatik, hidrojeolojik ve biyolojik çevre etkileri vardır. Baraj gölünün geniş yüzey alanı buharlaşmayı artırır, tarım arazilerinde tuzlanma ve çoraklaşma olabilir, sudan kaynaklanan bazı hastalıklar artabilir, rezervuar altında kalacak bitki ve ağaçlar bir müddet su kalitesini düşürebilir. Güneş sayesinde toplanan su buharlaşır, daha sonra kar ve yağmur olarak yeryüzüne geri döner. Barajlar çevresindeki bölgenin ekolojisini de değiştirir. Barajlarda toplanan su akan suya göre daha soğuktur, bu yüzden bazı balık türlerinin yokolmasına neden olabilir. Baraj seviyesi, nehirlerin su seviyesini doğal ortamından daha aşağıya veya yukarıya çekebilir. Bu da nehir çevresindeki bitki gelişimini olumsuz etkiler[20].

### 3.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkürenin daha sıcak olan merkezinden yüzeye doğru sürekli olarak akan yerkürenin iç ısıdır. Dünya genelinde yeryüzüne ısı akışı ortalama 82 miliwatt/m<sup>2</sup> olarak varsayılır. Yerkürenin yaklaşık 10 km derinliği içindeki kayaçların içerdiği ısının dünya enerji gereksinimini 6 milyon yıl karşılayacak büyüklükte olduğu tahmin edilmektedir. Jeotermal enerji iklimden bağımsızdır[11].

Yer yüzeyine yakın çok sıcak bölgeler jeotermal alanları oluşturmaktadır. Jeotermal alanlardaki sıcak kayaç ve yüksek sıcaklıklı yer altı suyu diğer alanlara göre daha sığ derinliklerde bulunmaktadır. Jeotermal sistemlerde ısı taşıyıcı akışkanlar meteorik kökenlidirler. Düşen yağışların bir kısmı geçirimli bölgelerden ısıtıcı kayaçların bulunduğu derinliğe kadar inerler, ısınarak tekrar yüzeye çıkar veya çıkarılırlar. Bu hiçbir zaman jeotermalin sürekliliği ve sonsuzluğu anlamına gelmemektedir. Jeotermalin sürdürülebilir olması doğru işletimi ile yakından ilgilidir. Ancak ülkemizde bu konuda yasal bir boşluk olup topluma ait bu kaynakların belli bir kısmı yanlış kullanım nedeni ile devre dışı kalmaktadır.

Jeotermal enerjinin tarihi eski Romalıların doğal sıcak su olarak termal banyolarda ısıtma ve sağlıkta kullanılmaya başlamasıyla başlar. ABD’ de ilk olarak 1891 yılında Idaho’da daha sonra 1900 yılında Oregon’da konut ısıtılmasında kullanılmıştır. 1904 yılında İtalya’nın Larderello şehrinde ilk defa jeotermal enerjiden elektrik üretilmiştir. 1960 yılında Amerika Kaliforniya’da ticari jeotermal enerjiden (kuru buhar) elektrik enerjisi üretilmiştir. 1969 yılında Fransa’ da büyük şehirlerin jeotermal enerji ile ısıtılmasına başlanılmıştır.

Jeotermal enerji kaynaklarını; kuru buhar kaynakları, sıcak su kaynakları (atmosfere açık veya kapalı), derin yer kabuğu ısısı (sıcak kayalar) ve magma (mutlaka geliştirilmesi gerekli) olarak tanımlayabiliriz[11].

Elektrik üretiminde jeotermal enerji kullanımı 1913’den beri uygulanmaktadır. Son 30-40 yılda ise hem elektrik üretiminde hem de direkt kullanımda miktarı giderek artmıştır. 2000 yılında, 80 ülkede jeotermal kaynaklar tespit edilmiş, 58 ülkede bu kaynakların kullanıldığı görülmüştür. Tablo 3.7.’de jeotermal enerjinin dünyadaki durumu ve Türkiye’nin bu enerjiyi direkt olarak kullanan ülkeler arasındaki yeri gösterilmektedir.

Jeotermal enerjinin direk kullanımının teknolojisi, güvenilirliği, ekonomikliği ve çevre dostu olması tüm dünyada belirlenmiş durumdadır. Dünyada 21 ülkede jeotermal buhardan elektrik üretilmektedir. Düşük ısılı jeotermal enerji birçok ülkede ısı oluşturmak amacıyla kullanılır. (yaklaşık 10 000MW kapasiteli)[21]. Jeotermal enerji temiz, ucuz ve yenilenebilir olup, çeşitli amaçlarda kullanılabilir. Ev ve işyeri ısıtması, sıcak su sağlanması, CO<sub>2</sub> ve kuru buz üretimi, ısı pompaları, sera ısıtması, yüzme, endüstriyel işlemler, elektrik üretimi bunlara örnektir[22].

**Tablo 3.7.** Jeotermal enerjiyi direkt olarak en çok kullanan ülkeler[21]

Ülke	Kurulmuş MWt	Üretim(GWh/a)
Çin	2282	10531
Japonya	1167	7482
USA	3766	5640
İzlanda	1469	5603
Türkiye	820	4377
Yeni Zellanda	308	1967
Gürcistan	250	1752
Rusya	308	1707
Fransa	326	1360
İsveç	377	1147
Macaristan	473	1135
Meksika	164	1089
İtalya	326	1048
Romanya	152	797
İsviçre	547	663

### 3.5.1. Türkiye'nin jeotermal enerji kaynakları

Dünyanın en önemli jeotermal enerji bölgesi olan Alp-Himalaya kuşağında yer alan Türkiye, önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahiptir [1]. Kaynak değerlendirmeleri Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından bir çok kez yapılmıştır. Türkiye, jeotermal kaynaklar açısından Avrupa'nın 1. dünyanın 7. ülkesi konumundadır ve muhtemel jeotermal potansiyelin kullanımının getirebileceği ekonomik kazanım 9 milyar\$/yıl'dır. Sadece doğal çıkışların boşalıklarına göre 600MWt civarındadır. Günümüze kadar sürdürülen jeotermal enerji çalışmaları kapsamında açılan kuyularla 2538.83MWt potansiyel görünür hale getirilmiştir. Türkiye'nin görünür termal kapasitesi ise 3138.83 MWt'dir. Türkiye'de 1000'den fazla sıcak su kaynağı ve maden suyu kaynağı (373 K ve 413K'lık) ve 313-505K sıcaklık aralığında jeotermal akışkan çıkan kuyu noktası bulunmaktadır. Jeotermal kaynaklar, sıcaklık içeriğine göre düşük entalpili (20-70<sup>0</sup>C sıcaklık), orta entalpili (70-150<sup>0</sup>C sıcaklık), yüksek entalpili (150<sup>0</sup>C'den yüksek sıcaklık) olmak üzere kabaca üç grupta sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde 1962 yılından bu yana MTA Genel Müdürlüğü'nce sürdürülen araştırmalar ve daha sonra uygun sahalarda gerçekleştirilen ayrıntılı etütlerle sıcaklığı 35<sup>0</sup>C üzerinde jeotermal akışkan içeren 170 adet saha bulunmuştur[23]. Türkiye'nin jeotermal potansiyeli 38.000MW kadardır. Bunun %88'i termal kullanım için (473K'dan düşük sıcaklık), kalanı ise elektrik üretimi için (473K'dan yüksek sıcaklık) uygundur. Türkiye'nin kullanılabilir jeotermal kaynaklarından bazıları Tablo 3.8.'de verilmiştir[22].

Tablo 3.8.'de görüldüğü gibi; Aydın-Germencik (473-505K), Denizli-Kızıldere (463-485K), Çanakkale-Tuzla (413-473K), Aydın-Salavatlı (435-444K), Kütahya-Simav (426-435K), İzmir-Seferihisar (410-426K) ve İzmir-Balçova (353-399) elektrik üretimi için uygun yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlardır.

**Tablo 3.8.** Türkiye'nin kullanılabilir jeotermal kaynakları [22]

Bölge	Sıcaklık aralığı (K)
İzmir-Balçova	353-399
İzmir-Seferihisar	410-426
Kütahya-Simav	426-435
Aydın-Salavatlı	435-444
Çanakkale-Tuzla	413-473
Denizli-Kızıldere	463-485
Aydın-Germencik	473-505

Büyük Menderes fay hattı zengin potansiyele sahiptir. Özellikle bu bölgedeki Germencik-Ömerbeyli Bölgesi 1982'de bulunmuş olup, Türkiye'nin II. zengin bölgesi durumundadır. Türkiye'de ilk jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik çalışmaları Birleşmiş Milletler Gelişme Programı desteğiyle 1966'da başlamıştır. İlk kuyu 1968'de ilk santral 1974'de yapılmıştır. Türkiye'deki tek faal jeotermal enerji santrali Denizli'deki Kızıldere Jeotermal Enerji Santralidir. Bu santral 1984'de 20.4 MW kapasiteyle açılmıştır. Fakat bölgenin yüksek oranda yoğunlaşmayan gaz ihtivasi ve bu gazın yüksek oranda CO<sub>2</sub> (%97-99) ve NH<sub>3</sub> içermesi nedeniyle bu alanın yanına 1986'da sıvı CO<sub>2</sub> ve kuru buz üretim tesisi yapıldı. Başka bir fabrika yıllık 40.000 tonluk kapasiteyle gaz buharından CO<sub>2</sub>'yi çıkartma işlemini yapmaktadır. Elektrik ve kuru buz üretimi yanında burası sera ısıtmasında, ev ve iş yeri ısıtmasında da kullanılmaktadır. Yaklaşık 10.700m<sup>2</sup>'lik sera alanı santralin atık sularıyla ısıtılmaktadır. Türkiye'nin başka yerlerinde de bu uygulamalar yapılmaktadır[22].

### 3.5.2. Türkiye’de jeotermal enerji uygulamaları

Türkiye’de MTA tarafından yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkan jeotermal sahalarda toplam derinliği 137 000 m olan 344 adet araştırma ve üretim kuyusu, 300 civarında gradyan sondajı açılmıştır. Türkiye’deki jeotermal sahaların %38’inde henüz kuyu açılmamıştır. Türkiye’de toplam 600 dolayında sıcak su kaynağının yer aldığı yüzey sıcaklığı 35<sup>0</sup>C’nin üzerinde akışkan içeren ve jeotermal alanların %95’ini oluşturan alanlardan 161 tanesi düşük ve orta sıcaklıklı sahalardan olup konut ısıtması, sera ısıtması, endüstriyel uygulamalar, termal turizm ve balneolojik yararlanmalar için uygundur. Geriye kalan %5 oranındaki 9 adet sahadan Denizli- Kızıldere, Aydın- Germencik, Çanakkale-Tuzla, Aydın- Salavatl, Kütahya- Simav, Manisa-Salihli, İzmir- Seferihisar ve Aydın-Yılmazköy sahaları yüksek sıcaklıklı olup, elektrik üretimine uygun akışkan sıcaklığına sahiptir[24].

Jeotermal enerji direkt olarak ısıtma-soğutma, endüstri, sera, balıkçılık ve sağlık amaçlı kullanılabilir. Bu da mevcut teknoloji ve mühendislik teknikleriyle yapılmaktadır. Dünyada jeotermal direk olarak; %42 banyo-yüzme, %35 merkezi ısıtma, %9 sera, %6 balıkçılık ve %6 endüstri sektöründe kullanılmaktadır. Jeotermal enerji çeşitli formlarda kullanılabilir; elektrik üretimi, direk kullanım, mesken ısıtması, ısı pompaları, sera ısıtması ve endüstriyel kullanım olarak sıralanabilir. 1960’lardan önce Türkiye’de, jeotermal kaynaklar yalnızca banyo ve tıbbi amaçlarda kullanılırdı. Son 35 yılda ise kullanım alanı artmıştır. 1964’de ilk defa otel ısıtması, 1987’de 16,2MW’lık bölge ısıtması yapılmıştır. Bugün Türkiye’de biomass ve su enerjisinin ardından jeotermal enerji III. sırada gelmektedir. Jeotermal elektrik üretimi Türkiye’de tüm kapasitenin %0,09’nu oluşturmaktadır. 2020’de bu rakamın %32’ye çıkması tahmin edilmektedir. Ancak elektrik üretiminin aksine jeotermal ısı üretimi daha hızlı artmaktadır[22].

Jeotermal ısıtma ile sera ısıtması Türkiye’de giderek önem kazanmaktadır. Bu da yeşil sebze ve meyve üretimi için stratejik önem taşımaktadır. Tablo 3.9.’da jeotermal seraların yerleri gösterilmektedir. Son yıllarda jeotermal enerji ile ısınan sera miktarı 30,9 hektara ulaşmıştır[22].

**Tablo 3.9.** Türkiye’deki jeotermal seraların bölgeleri ve alanları [22]

Bölge	Alan(ha)
Afyon-Ömerli	0.55
Ankara-Kızılcahamam	0.14
Aydın-Germencik	0.05
Balıkesir-Edremit	4.362
Balıkesir-Edremit	0.2
Balıkesir-Gönen	0.6
Balıkesir-Havran-Dernek	0.5
Çanakkale-Ezine-Kestanbol	0.2
Denizli-Golemezli	0.1
Denizli-Kızıldere	1.075
Denizli-tekkehamam	0.8
İzmir-Balçova	0.9
İzmir-Bergama	0.2
İzmir-Dikili	1.0
İzmir-Seferihisar	0.6
Kütahya-Gediz	0.85
Kütahya-Simav	12.0
Nevşehir-Kozaklı	0.4
Tokat-Niksar	0.05
Urfa-Kırcaali	6.1
Yalova	0.06
Yozgat-Saraykent	0.2
Toplam	30.937

### 3.6. Dalga Enerjisi

Dünyanın enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla yapılan çalışmaların da en önemli yerini en fazla potansiyele sahip enerji kaynağı olan denizler oluşturmaktadır. Deniz enerjisi, çevreyi kirletmeden, sürekli kendini yenileyen tükenmez bir kaynaktır. Bu konuda Avrupa Birliği tarafından yapılan araştırmalara göre, 2010'da denizlerden elde edilecek enerji ile 1 milyon evin enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretilebileceği tasarlanmaktadır[11]. Deniz kökenli tüm yenilenebilir enerjileri; deniz dalga enerjisi, gel-git (med-cezir) enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz tuzluluk gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi ve deniz yüzeyi buharlaşma enerjisi olarak sıralamak mümkündür[25]. Bu yöntemlerden üçünü kısaca açıklarsak; gelgit enerjisi ayın çekim kuvveti ile denizlerin yükselip alçalan seviye farklarını, deniz sıcaklık enerji değişimi ise deniz suyunda oluşan sıcaklık farklarını, dalga enerjisi de deniz üstünde esen rüzgarların meydana getirdiği dalgalar arası farkları ifade etmektedir.

Çevre faktörleriyle birlikte türbinlerin verimi de gözönüne alındığında, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz tuzluluk gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi ve deniz yüzeyi buharlaşma enerjisini günümüz teknolojisiyle ekonomik olarak elektrik enerjisine dönüştürme olanağı yoktur.

Deniz dalgalarında trilyonlarca watt elektrik üretebilecek kadar potansiyel bulunduğu bilinmektedir. Dalga enerjisi üreten sistemler, enerjiyi ya okyanusun yüzeyindeki dalgalardan, ya da suyun altındaki dalgalanmalardan elde etmektedirler[11].

Deniz dalgaları; rüzgar, denizlerdeki hareketli taşıtlar, denizlerin altındaki depremler veya ay ve güneşin çekim kuvveti gibi dış etkiler sonucunda dengesi bozulan deniz yüzeyinin tekrar eski denge konumuna dönmek için yaptığı hareketlerdir. Rüzgar

etkisiyle oluşan deniz dalgaları, rüzgar dışındaki etmenlerle oluşan deniz dalgalarına göre süreklidirler.

Dalga enerjisi potansiyelinin; doğada mevcut hali doğal potansiyel, doğal potansiyelin teknoloji aracılığı ile kullanılabilir enerjiye dönüştürülmüş haline ise, teknik potansiyel denir. Diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırılması sonucu ekonomik olarak nitelenen hali de ekonomik potansiyel olarak adlandırılır. Tablo 3.10.'da, yıllık dünya yenilenebilir enerji doğal potansiyeli verilmektedir. Tablo 3.10.'un incelenmesinden, dünya deniz kaynaklı doğal enerji potansiyelinin; hidrolik ve biyomas enerjisinin doğal potansiyelinden fazla, rüzgar enerjisi doğal potansiyelinin ise % 25'i kadar olduğu anlaşılmaktadır[25].

**Tablo 3.10.** Yıllık dünya yenilenebilir enerji doğal potansiyeli [25]

Güneş Kaynaklı Enerji Türü	Güneş Enerjisi	Rüzgar Enerjisi	Deniz Kaynaklı Enerjiler	Hidrolik Enerji	Biyomas Enerjisi
Dünya Potansiyeli [Milyar kWh]	1 524 240 000	30 844 000	7 621 000	46 000	1 524 000

Türkiye için söz konusu enerji gurubu içerisinde en önemlisi deniz dalga enerjisidir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan dalga konvektörleri ile bu enerjiden yararlanılması düşünülmelidir [19].

#### *Dalga Enerjisinin Sağladığı Faydalar*

- \* Primer enerjiye bedel ödenmez.
- \* Temiz, sınırsız ve ucuz enerji üretir. İlk yatırımından başka hiçbir girdisi yoktur.

\*Nüfus yoğunluğu kıyılarda toplanmış olan Ülkemizde, enerji, üretilen yerde tüketileceğinden uzun iletim hattına gerek yoktur.

\* Öngörülen enerji ihtiyacına göre boyutlandırılır. Büyük dalga boyutu maliyeti düşürür.

\* Dalyan görevi görerek denizlerdeki balık neslinin çoğalmasına yardım eder, ekolojik dengeye katkıda bulunur.

\* Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmez.

\* İleri teknoloji gerektiren, politik baskı ve ambargo malzemesi olabilecek, hiçbir girdisi yoktur. Tamamen yerli teknoloji ve yerli imalattır.

\* Her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretir.

\* Dalgalardan elde edilen Ucuz Elektrik Enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerimizde ısınma amaçlı kullanılacağından, soluduğumuz havanın kalitesini yükseltecektir.

\* Dalga Elektrik Santrallerinin üzeri otel, sosyal tesis, disko, gazino, restaurant v.s. olarak kullanılabilir. Sistemde gürültü dahil, hiçbir kirlenici yoktur.

Dalga Elektrik Santralleri, Adalar için ideal enerji santralleridir.

#### *Dalga Enerjisinin Kullanım Alanları*

\* Her boyut ve güçte santral, deniz yüzeyinde kurulabilir.

\* Küçük boyutlu konut, otel, hastahane ve sera gibi uygulamalar

\* Toplu konutlar, tatil köyleri, kasaba boyutunda aydınlanma, ısıtma ve sıcak su elde etmek amaçlı uygulamalar.

\* Sanayi bölgeleri ve büyük enerji tüketiminde bulunan, çimento fabrikaları, izabe tesisleri gibi endüstri kuruluşlarının ucuz enerji ihtiyacı amaçlı uygulamalar.

\* Toplu konutlar, tatil köyleri, kasaba boyutunda aydınlanma, ısıtma ve sıcak su elde etmek amaçlı uygulamalar.

\* Nüfus yoğunluğu deniz kenarında bulunan ülkemizde, Dalga Elektrik Santralleri, üretim yeri ile tüketim yerinin yan yana olması sebebiyle, iletimde büyük kazanç sağlanmış olacaktır.

\* Dalga Elektrik Santralleri'nin, ulusal elektrik sistemine bağlanılarak, üretiminin üst sınırlarda olduğu zamanlarda, mevcut hidrolik santrallerimizi devreden çıkararak rezerv olarak kalmasını sağlayacak uygulamalar.

\* Pilot bölge olarak seçilmesi düşünülen Karadeniz de, ENERJİ ADALARI oluşturularak istenilen büyüklükte enerji santralleri kurulabilecektir.

Dalga Elektrik Santralleri kurmak için gerekli altyapı ülkemizde fazlası ile mevcuttur. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz, Dalga Enerjisi cennetidir.

#### *Dalga Enerjisinden Beklenen Sonuçlar*

- \* Primer enerjiye bedel ödenmeyecektir.
- \* Temiz, sınırsız ve ucuz enerji üretilecektir. İlk yatırımdan başka hiçbir girdisi yoktur.
- \* Ucuz enerji, odunla ısınan yörelerde tercih edilerek ormanların kesilmesi önlenecektir.
- \* Ucuz enerji kullanılması, Ülkemizin dış piyasalarda rekabet şansını arttıracaktır.
- \* Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmeyecektir.

Dalga enerjisinden elde edilen doğal enerji kullanımı yaygınlaştığında ısınma amaçlı kullanılacağından; havadaki karbon ve nitrojen türevleri azalacak ve ülkemizde daha sağlıklı nesiller olacaktır[26].

Dalga enerjisi potansiyeli ile ilgili rakamlarda dikkat edilmesi gereken nokta, bu tahminlerin belli kabullere dayandığı ve bu kabullerin her zaman tartışmaya açık olduğudur. Dalga enerjisi potansiyelinin daha gerçekçi olarak belirlenebilmesi için, dalga enerjisinden yararlanılacak olan bölgede uzun yıllara dayanan ve oldukça pahalı olan ölçümler yapmak gerekmektedir. Bu ölçümlerin yapılamadığı durumlarda ise, daha ekonomik olan rüzgar ölçümleri yapılmakta, rüzgar-dalga arasındaki bağıntıyı veren ve bir çok ölçüm sonucundan elde edilmiş yarı ampirik formüllerle dalga enerjisi hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu enerjiden de, ölçüm alınan noktaya yerleştirilen bir veya

daha fazla dalga türbini yardımıyla elde edilebilecek olan elektrik enerjisi miktarı saptanabilmektedir[25].

Bütün kıyılarımızdan aynı oranlarda dalga enerjisi eldesi mümkün olmamakla birlikte, deniz dalga konvertörlerinin tek sıra halinde dizilmesi gerekmediğinden, açık cephe kıyı uzunluğunun büyük önemi yoktur. Ayrıca dalga konvertörlerinin, deniz rüzgar türbinleri ile entegre bağlantılı olarak şebekeyi beslediği sistem üzerinde de durulmaktadır.

Deniz dalga enerjisinin kökeninde rüzgar enerjisi yatmaktadır. Rüzgar, güneş enerjisinin etkisi ile meydana gelen daha yoğun bir enerji kaynağı olarak düşünüleceği gibi, deniz dalgaları da rüzgarın enerjisini daha da yoğunlaştıran, düzenleyen ve depolayan doğal oluşumlardır[27]. Türkiye'nin Marmara Denizi dışında açık deniz kıyıları 8210 km'yi bulmaktadır. Türkiye'de dalga rasatları ve bunlara ilişkin ölçüm verileri bulunmamaktadır. Tüm kıyılarda bu tür tesislerin kurulması deniz trafiği, turizm, balıkçılık, kıyı tesisleri vb. nedenlerle olanaklı değildir[19]. Türkiye kıyılarının 1/5'den yararlanarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli, 18,5 milyar kWh olarak tahmin edilmektedir. Dalga enerjisinin kullanımı, Türkiye'nin gündemine henüz girmemiştir. Fakat, başta Norveç olmak üzere, dünyada çeşitli kıyılarda öncü santraller kurulmuştur.

Bu güne kadar, dalgaların büyük gücünü fark eden insanlar, bu gücün nasıl alınabileceği üzerinde düşünmüşler, buldukları zamanın teknolojilerini uygulayarak elektrik enerjisi elde etmeye çalışmışlardır.

Gelgit hareketlerinden elektrik üretmek için, alçalan ve yükselen gelgit arasındaki farkın en az beş metre olması gerekmektedir. Yeryüzünde bu büyüklükte gelgitlerin bulunduğu yaklaşık kırk bölge bulunmaktadır. Gelgit enerjisi üretmek için körfezler en ideal bölgeleri oluşturmaktadır. Gelgitlerden enerji elde etmek için körfeze boydan boya baraj veya barikat kurularak gelgitler sıkıştırılarak, barajın diğer tarafındaki su yeterli

seviye farkına ulaştığında geçitler açılarak, su türbinlere doğru akıtılmakta ve türbinler elektrik jeneratörleri vasıtasıyla elektrik üretimini sağlamaktadırlar. Bir diğer gelgit teknolojisi olarak da gelgit çitlerinin tasarlanmasıdır. Gelgit çitleri, dev turnikeleri andırmaktadır. Bu turnikeler gelgitler olduğunda dönerek enerji üretecektir. Gelgit enerjisinden yararlanmak için tasarlanan bir diğer yöntem ise suyun altına yerleştirilecek olan gelgit türbinleridir. Avrupa Birliği yetkilileri tarafından Avrupa'da bu iş için uygun 106 bölge tespit edilmiştir. Ayrıca Filipinler, Endonezya, Çin ve Japonya'da gelecekte geliştirilebilecek sualtı türbin alanlarında bulunmaktadır. Bugün dünyada iki ticari gelgit barajı bulunmaktadır. Biri Fransa'da bulunan 240 MW gücünde La Rance santrali, diğeri de Kanada'da bulunan 16 MW Annoapolis santralidir. Ayrıca gelgit olaylarının yaşandığı İngiltere'de gelgit barajı yapma yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Gelgit enerjisinden gelgit çitleri ile elektrik üretmek üzere yapılan en büyük çalışma ise daha hayata geçmemiş bir proje olan Dalupiri Geçidi projesidir. Filipinlere bağlı Dalupiri ve Samara adaları arasındaki geçite gelgit çitleri konularak gerçekleştirilmesi düşünülen proje kapsamında 2200 MW elektrik üretilmesi planlanmaktadır.

Hesaplamalara göre yeryüzündeki okyanuslardaki gelgit hareketleri hergün devamlı olarak 3 bin milyar kW enerji kapasitesi taşımaktadır. Bu enerjinin yüzde 2' sinin (toplam 60 milyar watt) elektrik enerjisine dönüştürülebileceği sanılmaktadır. Gelgit enerjisinden, Rusya ve Fransa gibi ülkelerde 400 kW' tan 240 milyon kW' a varan kapasitelerde yararlanılmaktadır [11].

Gel-git enerjisinden, bu ancak okyanus kıyılarında yararlanılabileceği için, bu enerjinin Türkiye açısından önemi yoktur. Ancak, Marmara Denizi dışında kıyı uzunluğu yaklaşık 8210 km'yi bulan Türkiye için, dalga enerjisinin önemli bir potansiyel oluşturduğu yadsınamaz bir gerçektir. Dalga cephesinin gücü, okyanuslar dışında 10–40 kW/m arasında değişmekle birlikte, Akdeniz kıyıları için bu değer yaklaşık 13 kW/m olarak verilmektedir. Türkiye dışında Akdeniz'de yapılmış ölçümler, bu gücün yıl boyu 8,4–15,5 kW/m arasında değiştiğini göstermektedir. Türkiye'de dalga rasatları ve bunlara ilişkin ölçüm verileri

yetersizdir. Fakat, rüzgar ölçüm değerleri, deniz düzeyine uyarlanarak, rüzgarların oluşturacakları dalga yüksekliklerini belirlemek ve buradan da elde edilecek dalga enerjisini hesaplamak mümkündür.

Araştırmacılar tarafından, birim genişliğe etkiyen ortalama dalga gücü; Kuzeydoğu Atlantik'te 100 kW/m , Portekiz Sahilleri'nde 5-26 kW/m, Kanada'da 0,6-101,6 kW/m, Güney Afrika'da 10-14 kW/m ve Çin'de 0,7-4,5 kW/m olarak verilmektedir. İnceleme yapılan zaman diliminde, birim genişliğe etkiyen ortalama dalga gücü 14,84 kW/m olarak saptanan Çeşme'nin, dalga enerjisinin değerlendirilmesi açısından diğer ülkeler ile de yarışabilecek potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır [25].

1932 yılında dalgaların büyük gücünü hisseden Osborn Havelock papazları 1933 de dalga enerjisi düşüncelerine patent almışlardır. Dalga enerjisi konusunda 1932 yılından 2001 yılına kadar alınan patent sayısı 259 iken günümüz teknolojilerinin ve imalat sektörünün gelişmesi sonucu 2003 mart ayı itibariyle, iki yıl içinde 292 ye ulaşmıştır [26].

Ülkemizde henüz güvenilir dalga istatistikleri yapılmamıştır. Ancak rüzgar hızı ölçümlerine dayanarak bazı yorumlar yapılabilmektedir. 8 milyon m civarında olan kıyı uzunluğumuz 20 kW/m'lik potansiyeli ile 1,6 .10<sup>5</sup> MW'lık bir güce tekabül etmektedir. Bu değer mevcut elektrik kapasitemizin yaklaşık 32 katıdır. Rüzgar ve güneş enerjisinin ortaklaşa etkisi ile oluşan dalga enerjisinin üretim verimliliği %25 alınsa bile 40000 MW 'lık bir değer ifade eder ki buda 2000 yılı tahmini elektrik üretimi talebimiz kadardır [19].

Bugün üretim maliyetinin yüksek olduğu gerekçesiyle ihmal edilmek istenen dalga enerjisinden elektrik üretmenin maliyeti teknolojinin gelişmesiyle daha da aşağıya düşecektir. Nitekim dalga enerjisini geliştirmek için çalışan ve bu alanda yatırım yapanlar dalga enerjisinin bugünkü noktada rüzgarın 10 sene önceki konumunda olduğunu iddia etmekte ve umutlarını kaybetmemektedirler [11].

### 3.7. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, yeni-yenilenebilir enerji kaynakları içinde ciddi bir teknik potansiyele sahiptir. Biyokütle terimi ile belli bir zaman, alan yada hacim ölçüsünde toprak üstü ve altındaki yaşayan bitkisel ve hayvansal maddelerin miktarı anlaşılır [28]. Ana bileşenleri karbo-hidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler "Biyokütle Enerji Kaynağı", bu kaynaklardan üretilen enerji ise "Biyokütle Enerjisi" olarak tanımlanmaktadır. Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Fotosentez ile enerji içeriği yaklaşık olarak  $3.10^{21}$  J/yıl olan organik madde oluşmaktadır. Bu değer dünya enerji tüketiminin 10 katı enerjiye karşılık gelmektedir[11]. Dünya üzerinde yer alan biyokütlenin yaklaşık %90'ı ormanlarda gövdeler, dallar, yapraklar ve döküntü maddeleri ile yaşayan hayvanlar ve mikroorganizmalardan oluştuğu ve dünya ormanlarının yıllık net biyolojik üretiminin yaklaşık  $50 \times 10^{19}$  ton olarak tahmin edilmektedir. Bu üretim miktarı zirai alanları, çayırılıklar, otlaklar, stepler, tundralar ve geri kalan vejetasyon formlarından fotosentez ile oluşan bütün birincil miktarlarından daha fazladır [28].

Biyokütle, elektrik ve diğer enerji şekillerinin üretiminde kullanılan yenilenebilir önemli bir kaynaktır. Biyokütle güneş enerjisinin depolandığı organik madde olarak tekrar enerjiye dönüştürülebilir. Biyokütle yakacakları, biyo-yakacak, katı, sıvı yada gaz olarak biyokütle kaynağından elde edilir. Tarımsal bitkiler ve atıkları, endüstriyel odun ve tomruk atıkları, çiftlik hayvanı atıkları ve yöresel organik madde atıkları biyokütle kaynaklarıdır. Biyoyakacak teknolojileri biyokütlerdeki enerjiyi ulaşım, ısınma ve elektrik üretiminde etkin kullanmaktadır. Günümüzdeki ısı tesislerinde, odun atıkları, tarımsal/çiftlik atıkları ve besin maddesi üretimi işleminde oluşan atıklar (örneğin, sert meyve kabukları) ve çöp yığınlarından oluşan metan gazı kullanılmaktadır. Isı tesislerinde odun ve tarım materyallerinin yakılması sürecinde çevreye kömür ve petrole kıyasla çok daha az  $SO_x$ ,  $NO_x$ , ve  $CO_2$  bileşiklerinin verilmesi, biyokütlenin çevre dostu bir enerji kaynağı olduğunu vurgulamaktadır. Yanma sonucunda oluşan enerji ya elektrik enerjisine dönüştürülerek

elektrik şebekesine verilmekte, ya da ısı tesislerinde yer alan dev su tanklarındaki suyun ısıtılması sağlanmaktadır. Sıcak su borularla yerleşim yerlerindeki evlerin, okulların, hastahanelerin vb. radyatörlerine ulaştırılmaktadır. Böylece petrol ithalatı azaltılmaktadır [28].

Biyokütle enerjisi, Amerika'da hidrolik enerjiden sonra ikinci sıradaki yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hesaplamalar Amerika'nın enerji ihtiyacının %3'ünü biyokütleden sağladığı şeklindedir. Örneğin etanol üretmek için mısır gibi çabuk büyüyen ot ve ağaçlar odun talaşları ve evsel atıklar kullanılmaktadır. Üretilen etanol ile de taşıtları çalıştırmak mümkündür. Etanol ayrıca benzine göre daha temiz emisyon veren bir yakıttır. Odun (enerji ormanları, çeşitli ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçek, soya v.b.), karbohidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, enginar, vb.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.), protein bitkileri (bezelye, fasulye, buğday v.b.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.), hayvansal atıklar ile şehirselle ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlarına ulaşılmaktadır. Biyokütle kökenli, en önemli Diesel motoru alternatif yakıtı biyomotorindir. Biyomotorin ( Biodiesel), biyodizel, Dizel-Bi, Yeşil Dizel adları ile de bilinmektedir. Biyomotorin üretiminde bitkisel yağ olarak kolza, ayçiçek, soya ve kullanılmış kızartma yağları, alkol olarak metanol, katalizör olarak alkali katalizörler (sodyum veya potasyum hidroksit) tercih edilmektedir. Çok yakın bir zamanda Avrupa Birliği biyomotorin standartının kullanıma açılması beklenmektedir. Biyomotorin üretmek ve kullanmak için Türkiye yeterli ve uygun alt yapıya sahiptir. Türkiye'de kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinin enerji amaçlı tarımı mümkündür. Türkiye'de biyomotorin sadece bir firmada üretilmekte ve Ar-Ge çalışmalarına TTGV Projesi olarak destek verilmektedir. 13 Nisan 2002'den beri Trakya'da 4 köyde B50 (%50 Biyomotorin+ %50 Motorin), 850.000 TL'ye satılmaktadır [11].

Biyokütle enerjisinin dünyada ilk kullanımına örnek 19. Yüzyılda İngiltere'de fosseptiklerde oluşan gazın sokak aydınlatmasında kullanılmasıdır. Türkiye'de 1970'de

Toprak Su Araştırma Enstitüsü, 1977’de Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu konuya ilgi göstermişler, daha sonraları Maden Tetkik Arama Enstitüsü, üniversiteler bu konuda çeşitli araştırma çalışmaları başlatmışlardır. Ülkemizde, hayvansal dışkı kaynaklı biyokütleden 2.8-3.9 milyar m<sup>3</sup> biyogaz üretilbileceği anlaşılmıştır. Bu potansiyelin yıllık enerji cinsinden değeri 24.5 milyar kWh'dir. Bununla da toplam ülke enerji tüketiminin yaklaşık %5'i karşılanabilecektir. Dünya enerji konseyinin 1990 yılı verilerine göre dünya enerjisinin %15'i biyokütleden sağlanmaktadır. Ancak bazı teorik çalışmalara göre biyokütle 2050 yılına kadar dünyanın katı ve sıvı yakıt gereksinmesinin %38'ini ve elektriğin %18'ini sağlayabilecektir.

Türkiye’de son zamanlarda organik atık, biyokütle enerji eldesine yönelik kamu ve özel sektör yatırımları artmaya başlamıştır. Öncelikle Büyükşehir belediyeleri çöp atıklarının çözümüne yönelik olarak atık yakma ve enerji üretim tesisleri kurmaya başlamışlardır. Türkiye’de yapımı tamamlanan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri Tablo 3.11.’de verilmiştir [11].

**Tablo 3.11.** Türkiye’de yapımı tamamlanan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri [11].

Kurum Adı	Bölgesi	Yeri	Kapasite (MW)	Yakıt Tipi
AKSA Enerji	Bursa	Bursa	1.2	Çöp
Belka	Ankara	Ankara	3.2	Biogaz
İstaç	İstanbul	Kemer-Burgaz	6	Çöp
İzaydaş	İzmit	Köseköy	5.2	Çöp

Biyokütle denildiğinde, enerji amaçlı tarım ürünleri veya üretilmiş tarım ürünlerinin artıkları anlaşılmaktadır. Biyogaz ise, biyokütle metaryallerden anaerobik fermantasyonla yanıcı metan gazının (CH<sub>4</sub>) ayrışmasıdır. Biyogaz içerisinde %55-65 metan (CH<sub>4</sub>), %30-40

CO<sub>2</sub> ve az miktarlarda azot (N), hidrojen sülfür (HS<sub>2</sub>), O<sub>2</sub> ve diğer gazlar vardır [29]. Bugün için biyogaz üretim potansiyeli olan atık maddeler; kırsal atıklar, yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıklar, atık su arıtma tesislerinden biyolojik arıtma süreci sonunda elde edilen çamurlar, katı atıkların organik özellik taşıyan bileşenleri ve bu atıklara benzer özellikteki diğer atıklar şeklinde sıralanabilir. Bu atıkların biyogaz üretimi için kullanılmasıyla bir yönüyle atık bertarafı gerçekleştirilirken, diğer yönüyle de enerji elde edilmiş olur. Ayrıca, organik bir kaynak niteliğindeki atıklardan gübrenin tezekk olarak yakılması ulusal ekonomi için büyük zarardır. Bu bağlamda biyogaz tesislerinin yaygınlaştırılması önemlidir. Biyogaz tesislerinin yanı sıra, şebeke ile bağlantılı çalışan “çöp termik santralleri ” ile elektrik üretimi sağlanabilmektedir. Kuzey Avrupa ülkelerinde biyogaz materyalle ve biyogazla çalışan otoproduktör kojenerasyon tesisleri bulunmaktadır. Dünya ölçeğinde biyokütleden elde edilen enerjinin toplam enerji üretimindeki oranı %12 civarındadır. Gelişmekte olan bazı ülkelerde bu oran %40’ lara varmakta olduğu ifade edilmektedir. Bir tür biyogaz materyeli olan çöpün, çöp termik santralleriyle enerji üretiminde kullanılması, özellikle kentsel çöpün ortadan kaldırılmasıyla birlikte iki tür işlevi içermektedir. Böylelikle çöp yığınlarında açılan özel sondaj kuyuları ile metan gazı elde edilmektedir. Doğal biçimde, çöplerin fermentasyona uğraması sonucunda oluşan metan gazı, çöp yığınlarından sızma durumunda patlamalara neden olduğu gibi, atmosfere dağılması durumunda da sera etkisine yol açmaktadır. Metan sondaj kuyuları ile alınan gaz çevre sorunu oluşturmadan, gaz türbinli bir santralde yakıt olarak değerlendirilebilmektedir [11].

#### 4. FOSİL KÖKENLİ ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji konusu, bir ülkenin gelişmişlik seviyesi ve yaşam standardı ile direkt olarak ilgilidir. Türkiye genç ve dinamik nüfusuyla ciddi bir endüstrileşme süreci içerisinde. Hızlı nüfus artışı ve yaşam standartının artışı ile birlikte tüketimin artışı, Türkiye'nin enerji ihtiyacını yıllık ortalama %6,7 oranında artırmaktadır. Ekonomik gelişme için uygun maliyetli ve güvenli bir enerji desteği şarttır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çoğunluğunda fosil yakıtlarla olan enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Bu bölümde fosil kökenli enerji kaynakları olarak; kömür, petrol, doğalgazın Türkiye'deki durumunu ve Türkiye için arz talep dengesini geniş olarak ele alacağız.

##### 4.1 Kömür

Türkiye'nin konvansiyonel enerji kaynaklarından bir olan kömür, enerji potansiyelimizin büyük bir bölümünü kapsamaktadır. Kömür gelecekte de önemli bir enerji kaynağı olmaya devam edecektir. Türkiye, Ortadoğu kömürünün %90'ını tüketmektedir. Türkiye'nin kömür tüketimi 84 milyon tona ulaşmış olup, çoğunluğu düşük kalorili lokal üretilen linyittir. Yakın gelecekte toplam tüketiminin (taş kömürü + linyit) 20 milyon daha artması beklenmektedir [30].

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmenin dünya enerji talebini hızla artırması sonucunda, kömür ve petrol gibi yakıtların kullanımı günümüze kadar önemini korumuştur. Petrol rezervlerinin dünyanın bellibaşlı yerlerinde ve kömüre göre sınırlı olması, zaman zaman dünya ekonomisinde politik pazarlıklara ve dolayısıyla krizlere neden olmuş, bu da haklı olarak dünya milletlerinin daha güvenilir enerji kaynaklarına veya kendi öz kaynaklarına yönelmelerine neden olmuştur. Bu çerçevede ülkemizde de enerji taleplerini önemli ölçüde karşılayabilecek olan kömür, en yaygın doğal kaynak olarak ekonomik

biçimde işletilebilmelidir. Bu incelemede durum, ulusal ekonomimize uygun bir kömür madenciliği politikası oluşturulmasına yönelik olarak, rezerv, üretim ve yatırım başlıkları itibariyle ve ana hatlarıyla ele alınmıştır [31].

Ülkemizde taskömürü, II. Mahmut zamanında 1822 yılında gemici Hacı İsmail tarafından Zonguldak'ta bulunmuştur. Bu tarihten 7 yıl sonra Bahriye erlerinden Uzun Mehmet'in aynı köyde taşkömürünü yeniden bulması üzerine, 1848 yılında havzada ilk kez üretime başlanmıştır. Daha sonraları çeşitli yabancı sermayeli şirketler tarafından işletilen havza, 1936 yılında devletleştirilmiş ve 1957 yılında, işletmecilik yeni kurulan "Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu" na devir edilmiştir. Son olarak 1983 yılında ise, yalnızca Zonguldak Havzası'ndaki taşkömürü yataklarını işletmek üzere "Türkiye Taşkömürü Kurumu" oluşturulmuştur.

Linyit kömürünün ülkemizde ilk bulunuşuna ilişkin kesin bilgi bulunmamaktadır. Buna karşılık, 1914-1918 yılları arasında, harp ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla başta Soma olmak üzere Anadolu'da birçok işletmenin açılmış olduğu da bilinmektedir.

Asıl arama faaliyetlerine 1935 yılında MTA'nın kurulmasıyla başlanmıştır. Etüd ve arama çalışmaları, 1950 yılına kadar genel jeolojik etüdlere şeklinde yürütülmüş olup, bu tarihten sonra çalışmalar, sondajlı aramalarla, sistemli ve uzun vadeli projeler şeklinde yürütülmüştür. 1967 yılına kadar nisbeten iyi kaliteli kömürlerin etüd ve arama çalışmaları yapılmıştır. 1967 yılında ülkemizin en büyük kömür yatağı olan Elbistan Havzasının ortaya çıkması, düşük kaliteli kömürlerin termik santrallarda kullanılmasının gündeme gelmesi ile kömür arama çalışmaları aniden hızlanmıştır[32]. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizlerinin bir sonucu olarak özellikle 1980'li yıllardan sonra Türkiye'de linyite birincil enerji olarak büyük ağırlık verilmiştir. Türkiye'de enerji tüketimi artış hızı nüfus artış hızından üç misli fazladır. Bu talebi karşılamak için şu anda var olan 6383 MW'lık kömüre dayalı termik santral kurulu güç kapasitesine ilaveten 2020 yılına kadar 12069 MW'lık linyite dayalı

kurulu güç kapasitesinin ilavesi planlanmaktadır. Bu planlamalar esnasında yerli linyit kaynaklarımız yüksek kül, nem, sülfür ve düşük ısıl değerleri ile çevre üzerinde yarattıkları olumsuz etkilerden dolayı daha az tercih edilir hale gelmektedirler. Bu bağlamda Türkiye’de 1992 yılında enerji talebinin yerli üretimle karşılanma oranı %50 iken bu oran 1998 yılında %37’ye gerilemiştir. Yapılan tahminlerde bu oranın 2020 yılında %25’e gerileyeceği öngörülmektedir [19].

Ülkemiz linyit rezervleri ve üretim miktarları açısından dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşömüründe ise alt düzeyde değerlendirilebilir. Linyit üretimi hem yeraltı hem açıkocak işletmecilik yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. Linyit rezervleri ve üretimlerinin % 90’ı kamu sektörünün kontrolünde olup özel sektör payı ise %10’dur [31].

#### **4.1.1. Linyit**

Türkiye’de linyit yatakları Alp Orojenezinin etkisiyle oluşmuş dağ silsilesinin arasındaki havzalarda gelişmiştir. Linyit sahaları ülkemizde bütün bölgelere yayılmış olup ısıl değerleri 1000-5000 KCal/kg arasında değişmektedir [32]. Türkiye’de farklı nem, kül, sülfür, kalorik değer gibi özelliklere sahip linyit çeşitleri bulunmaktadır. Linyit rezervlerinin büyük bir bölümü düşük kalitededir. Rezervlerin yalnızca %14’ü %20’den büyük nem oranına sahiptir. Ortalama nem oranı ise %40 civarındadır. Az kül bırakan linyit rezervleri de fazla değildir. Sülfür oranı ise % 1-6 arasında değişmektedir[30].

Bölgeler bazında linyit rezervleri ve ortalama kimyasal özellikleri Tablo 4.1.’de gösterilmektedir [32]. Bugüne kadar kamu ve özel sektör eliyle kömür aramalarına yönelik yapılan çalışmalar neticesinde 1965 yılında 0.445 milyar ton olan Türkiye linyit rezervi yaklaşık 10 kat artarak 1975 yılında 4.1 milyar ton’a, 1999 yılında ise 8.3 milyar ton’a ulaşmıştır. Dünya rezervi içinde Bağımsız Devletler Topluluğu-(BDT) hariç %8.5 paya

sahiptir. 1970’li yılların başlarından itibaren, petrol krizlerine bağlı olarak özellikle elektrik üretimine yönelik yatırımların hızlanması ile linyit madenciliğimizin gelişmesi hızlanmıştır. 1970 yılında 5.782000 ton olan linyit üretimi 1999 yılında 13.287000 ton’a ulaşmıştır.

Türkiye’de işletmede olan linyit sahaların toplam rezervi; 1.73 Milyar ton, yıllık üretim kapasitesi; 65.955000 ton, açık işletme üretim kapasitesi; % 86.87, yeraltı işletme üretim kapasitesi; % 13.13’dür. İşletmeye alınabilecek linyit sahaların toplam rezervi; 3.37 Milyar ton, yıllık üretim kapasitesi; 65.416000 ton, açık işletme üretim kapasitesi; % 100’dür [19].

**Tablo 4.1.** Türkiye'de linyit rezervlerinin bölgesel dağılımı ve ortalama kimyasal özellikleri[30]

BÖLGELER	Rezerv(Ton)	Nem(%)	Kükürt(%)	Kül(%)	Isıl Değer (Kcal/Kg)
Kuzey Batı Anadolu Bölgesi (Kütahya, Balıkesir, Bursa, Manisa, Çanakkale)	1,8	20	1,7	20	3.500
Güney Orta Anadolu Bölgesi (Adana,K.Maraş)	3,7	50	2	20	1.200
İç Anadolu Bölgesi (Ankara,Konya,Çankırı, Çorum,Yozgat,Sivas)	1,4	30	3,2	25	3.000
Güney Batı Anadolu Bölgesi (Aydın,Muğla,Denizli, Isparta,Burdur,Afyon)	0,9	30	2	20	2.500
Trakya Bölgesi (Tekirdağ,Edirne,Kırklareli, İstanbul)	0,35	30	3	20	2.500
Doğu Anadolu Bölgesi (Bingöl,Erzincan, Erzurum,Van)	0,15	20	1,2	20	3.000
Toplam	8,3	36,5	2,1	21	22.330

#### 4.1.2. Taşkömürü

Ülkemizin en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak ve civarındadır. Zonguldak havzasında bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda 1.4 milyar ton rezerv saptanmıştır. Bu rezervin yaklaşık 150 milyon tonu görünür niteliktedir. Havza, Karadeniz Ereğli'den başlayarak Kandilli, Zonguldak, Amasra, Pelitovası, Azdavay ve Söğütözüne kadar uzanan bölgeyi kapsamaktadır. Bölge karbonifer devrinde çökelmiş, Hersiniyen ve Alpin Orojenezlerinin etkisiyle kıvrılmış, kırılmış ve çok karmaşık bir yapı kazanmıştır. Havzada çok sayıda kömür damarı olmakla beraber 22 damar işletilebilmektedir. Damar eğimleri 0-90 derece arasındadır. Üretim, +284 ve -560 kotlarında tamamen yeraltı işletmeciliğiyle yürütülmektedir. Ortalama kimyasal özellikleri %55 sabit karbon, %26 uçucu madde, %11 kül, %8 nem, ısı değeri ise, 6000 KCal/kg düzeyindedir.

Zonguldak taşkömürü havzasının dışında rezerv açısından önemsiz iki taşkömürü yatağı daha bulunmaktadır. Bunlar Antalya-Pamucak yaylası ve Akseki ilçesi Güzelsu ve Çukurköy mevkiinde yaklaşık 1 milyon ton görünür rezervli sahalar ile Diyarbakır-Hazro ilçesindeki yaklaşık 400.000 ton rezervli sahadır [32].

#### 4.1.3. Asfaltit

Asfaltit, petrol kökenli bir kayaç olup, derinlerde bulunan sıvı veya yarı sıvı durumdaki asfalt maddesinin hidrostatik basınç, gravitasyon, sıcaklık gibi etkenlerle taşınarak yarık, çatlak ve boşluklara yerleşmesiyle oluşmuştur. Ekonomik kalınlıkta filon tipi yataklar Şırnak ve Silopi bölgelerindedir. Yapılan etüd ve sondajlarla 82 milyon ton asfaltit rezervi belirlenmiştir. Bu rezervin 45 milyon tonu görünür niteliktedir. Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan iki asfaltit sahasının önemli özellikleri Tablo 4.2.'de verilmiştir.

**Tablo 4.2.** Türkiye'de asfaltit rezervleri ve kimyasal özellikleri [32]

Sahalar	Nem (%)	Kül (%)	Kükürt (%)	Uçucu Madde (%)	Isıl Değer (Kcal/Kg)
Şırnak	0,1-5,4	38-52	4,0-6,7	19,4-44,9	3.100-4.500
Silopi	1,0-8,3	33-47	4,3-7,9	24,0-48,0	5.000

#### 4.1.4. Bitümlü şist

Bitümlü şistler veya bitümlü şeyller, kerojen kapsayan ince taneli tortul kayalardır. Kerojen, kömür ile petrol arasında yer alan organik bir madde olup hidrojen, oksijen, azot ve kükürt içerir. Kerojen içeren ince taneli kayalar başlıca karbonat, feldspat, kuvars, kil, pirit ve nadir elementlerden oluşur. Bitümlü şistler çeşitli ortamlarda çökelirler. Kömür oluşumu ile ilgili bataklıklar, lagünler, kıta platformları ve çanaklar bitümlü şeyllerin oluşumuna uygun ortamlardır. Oluşumları belirli bir jeolojik zamana bağlı değildir. Yaşları Paleozoik, Mesozoik ve Senozoik olabilir.

Yurdumuzda Bolu-Göynük, Ankara-Beypazarı, Niğde-Ulukışla, Kütahya-Seyitömer, İzmit-Bahçecik ve Bilecik-Gölpazarında toplam 5 milyar ton rezerv tahmin edilmektedir. Ekonomik bir işletmecilik yapılmamaktadır. Ortalama ısıl değerleri 800-1100 Kcal/kg. arasındadır [32].

#### 4.1.5. Türkiye’de linyit ve taşkömürü tüketimi

Son istatistiklere göre 2000 yılında Türkiye’de 24.7 Milyon ton kömür üretilmiş ve 27.2 Milyon ton kömür tüketilmiştir. 1970-1999 döneminde, enerji talebine bağlı olarak linyit üretim ve tüketiminde önemli gelişmeler olmuştur. 1998 Yılı itibariyle Türkiye linyit üretiminin %93.1’i kamu, %6.9’u özel sektörcü üretilmiştir. Türkiye, linyit üretiminde sağlamış olduğu gelişmelerle 1998 yılında Dünya linyit üretiminde %7 paya sahip olmuştur. Üretim ve tüketimdeki en büyük gelişmeyi yaratan ana unsur elektrik talebine bağlı olarak realize edilen linyite dayalı termik santrallerin işletmeye alınmasıdır. 1970’li yılların başında linyite dayalı termik santral kurulu gücü 300 MW iken 1980 yılından sonra peşpeşe devreye alınan termik santrallerle bu kurulu güç 5913 MW’a ulaşmıştır.

1980’lerin ikinci yarısında, jeolojik olarak genç sayılabilecek olan yerli kömürlerin çevre ve insan sağlığına zarar verdiği gerekçe gösterilerek kömür ithalatı serbest bırakılmıştır. Başta Güney Afrika olmak üzere, Rusya ve ABD’den milyonlarca ton kömür kontrolsüz biçimde ithal edilmiştir. 1998 yılı rakamlarına göre Türkiye yılda ortalama 11 milyon ton kömür ithal etmektedir. Söz konusu kömür ithalatının parasal değeri ise 800 milyon doları aşmaktadır. İthal edilen kömürlerin önemli bir kısmını çevre ve insan sağlığı için zehir saçan petrokok kömürleri oluştururken, ithalat miktarları her geçen yıl artmakta, özellikle yerli özel sektör kömür işletmelerinin kapanmasına yol açmaktadır.

Isınma ve sanayi sektöründe linyit kullanımını artırmak ve ithal yakıtlarla rekabet edebilmek amacıyla kamu ve özel sektör ürettikleri kömürleri iyileştirmek amacıyla 1990’lı yıllardan sonra kömür yıkama tesisleri kurmuşlardır [19].

#### 4.1.6. Türkiye’de kömür endüstrisinin yapısı

Taş kömürü, linyit ve asfalt Türkiye’de üretilip, tüketilen enerji kaynaklarıdır. Taşkömürü sadece devlet tarafından üretilmektedir. Linyitin bir kısmı, asfaltın tamamı yine devlet tarafından üretilmektedir. 1999’da linyitin %56’sı devlet tarafından üretilmiştir. Özel şirketler toplamın %8’ini üretmektedir. Kalan bölümü devlet tarafından işletme hakları TEAŞ’a devredilen Sivas-Kangal, Afşin-Elbistan ve Çayırhan linyit madenlerince karşılanmaktadır [30].

#### 4.1.7. Türkiye’nin kömür rezervleri

Türkiye jeofizik yapısı nedeniyle zengin maden rezervlerine sahiptir. Bunların en önemlileri borates, kromit, magnezit, cam, seramik, çimento ham maddeleri, mermer, granit, perlite, süngertaşı, bertanit, celestite, sodyum sülfat, tuz, linyit ve taşkömürüdür. Linyit üretimi, termal enerji üretim ihtiyacının artışıyla birlikte yükseliş göstermiştir.

1999 yılı itibariyle Türkiye’nin kömür rezervleri Tablo 4.3.’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre, Türkiye en çok taşkömürü ve linyit rezervlerine sahiptir. Taşkömürü Zonguldak ve çevresinde olup, 428 milyon tondan (mt) fazla bilinen rezerve sahiptir. Buna ilaveten Toros Dağlarında ve Diyarbakır bölgesinde 20 mt rezerv olduğu tahmin edilmektedir.

Zengin linyit rezervleri ülke çapında bulunmaktadır. En önemlileri; Afşin-Elbistan, Muğla, Soma, Tunçbilek, Seyitömer, Beypazarı ve Sivas bölgeleridir. 1999 itibariyle toplam linyit rezervleri 8,375 Mt tahmin edilmektedir. Tablo 4.4.’de Türkiye’deki linyit rezervlerinin dağılımı gösterilmektedir. Buna göre 3,580 mt’u ile en zengin Doğu Anadolu

Bölgesidir. Bunu da 3,200 ile Afşin Elbistan (Türkiye'nin en zengin linyit rezervleri) Bölgesi takip etmektedir. Buradaki linyitin ortalama ısıl değeri 4,605 j/kg'dır.

**Tablo 4.3.** 1999 yılı itibariyle Türkiye'nin kömür rezervleri (Milyon ton) [30]

Rezervler	Mevcut	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Taş kömürü	428 <sup>a</sup>	456	245	1126
Linyit				
Elbistan Bölgesi	3357			3357
Diğer	3982	626	110	4718
Toplam	7339	626	110	8075
Asfalt	45	29	8	82
Bitülmü sist	555	1086		1641

<sup>a</sup> Mevcut rezervleri içerir

**Tablo 4.4.** Türkiye'deki linyit rezervlerinin bölgelere göre dağılımı (30)

Bölgeler	Toplam Rezerv (mt)	Toplam (%)
Marmara	825	9,85
Karadeniz	215	2,57
İç Anadolu	1,325	15,82
Güneydoğu Anadolu	53	0,63
Ege	2,014	24,05
Doğu Anadolu	3,580	42,75
Akdeniz	363	4,33
Toplam	8,375	100.00

Mt: Milyon ton

Türkiye'deki linyit rezervlerinin %69'unun ortalama ısıl değerleri 8,374 kJ/kg'dır. Tablo 4.5.'de görüldüğü gibi 12,561kJ/kg'lık daha iyi kalite linyit rezervleri yalnızca %7'lik orandadır. Türkiye'nin asfalt rezervleri Güney Doğu Anadolu'da Şırnak-Silopi bölgesinde bulunmakta olup, toplam 82mt'dir. Bununda %55'i ekonomik olarak uygundur. Killi yapraktaşı depoları esasen Beypazarı, Göynük, Seyitömer, Ulukışla ve Bolu bölgelerinde olup, toplam rezerv yaklaşık 1,641 mt'dır [30].

**Tablo 4.5.** Alt ısıl değerlerine göre Türkiye'nin linyit rezervlerinin dağılımı (30)

Alt Isıl Değeri		Rezerv	Rezerv
Kcal/kg	kJ/kg	Mt <sup>a</sup>	% Toplam
<1,000	<4,187	265	3.16
1,000-2,000	4,187-8,374	5,492	65.58
2,000-3,000	8,374-12,561	2,038	24.34
3,000-4,000	12,561-16,748	429	5.12
>4,000	>16,748	151	1.80
Toplam		8,375	1000.00

a: Milyon ton

#### 4.1.8. Türkiye’de kömür üretim ve tüketimi

Taşkömürü üretimi 1980’lerin ortalarından beri teknik problemlere bağlı olarak azalma göstermiştir. Bu dönemde linyit üretimi ise artmıştır. Taşkömürü üretimi 1990’da 2,745 kt’dan 1999’da 1,990kt’ya düşmüştür. Aynı dönemde linyit üretimi yaklaşık 20,612kt artış göstermiştir. Yani taşkömüründeki azalma linyit ile karşılanmıştır. Taşkömürü tüketimi 1990’da 8,2 mt’dan 1999’da 11,4mt’a yükselmiş, yıllık ortalama artış %3,7 olmuştur. 1999’da 9 mt taşkömürü endüstriyel sektör (demir ve çelik endüstrisi de dahil) tarafından tüketilmiştir. Aynı dönemde, linyit tüketimi 19 mt artmış, yıllık ortalama artış hızı %3,9 olmuştur. Elektrik sektörü 53,7 mt linyit kullanmıştır. 1999’da kömür tüketimi toplam primer enerji kaynağının %28’ni, toplam tüketimin ise %18’ini oluşturmuştur.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın planlama çalışmaları sonucunda kömür (taşkömürü+linyit) üretim ve tüketiminin 2002’den sonra artış göstereceği beklenmektedir. Elektrik üretiminde kullanılmak üzere taşkömürü tüketiminin 1990’da 8 mt’dan 2020’de 147mt’a, linyit tüketiminin ise 1990’da 46mt’dan 2020’de 185 mt’ya artışı tahmin edilmektedir. 2000 yılına göre, İskenderun’ da taşkömürü ile çalışacak 1,210 MW’lık, Afşin-Elbistan’da linyit ile çalışacak 1,440MW’lık elektrik santralleri inşaat halindedir. Bu iki santral 2003 ve 2005’de bittiğinde toplam yıllık kömür tüketimini 10mt’dan fazla arttıracaktır [30].

#### 4.1.9. Türkiye’de kömür ithalatı

Türkiye, Avustralya, ABD, Güney Afrika ve eski Sovyetler Birliği ülkelerinden önemli miktarda taşkömürü ithal etmektedir. Bu kömürün çoğunluğu Ankara ve diğer üç büyük kentte yakıt olarak linyite linyitin hava kirliliği etkisinden dolayı tercih edilmektedir.

Toplam kömür ithalatı 1990'da 4,6mtep'dan, 1999'da 7,8mtep'e ulaşmış, ortalama yıllık artış hızı %6,1 olmuştur. 1999'da taşkömürü Türkiye'nin toplam ithalatının 6,4mtep (8,9mt)'nu oluşturmuştur. Kalanı ise linyit ve sekonder kömür olmuştur. Demir ve çelik endüstrisi toplam taşkömürü ithalatının %43'ünü tüketmiştir. Taşkömürünün ısınma amaçlı ithalatı doğalgaz kullanımıyla birlikte azalmıştır. Ancak 2002'den sonra endüstri ve santral yakıtı kullanımı nedeniyle taşkömürü ithalatının artışı beklenmektedir [30].

#### **4.1.10. Elektrik üretiminde kömür kullanımı**

1999'da Türkiye'nin elektrik üretim kapasitesi 26,117MW'a ulaşmıştır. Kapasitenin %60'ı termal kaynaklardan, kalanı hidrolik ve jeotermal kaynaklardan elde edilmiştir. 1985'e kadar linyit ile çalışan santraller termal kapasitenin çoğunluğunu oluşturmuştur. O tarihten beri linyitle çalışan santraller azalmış, yerini doğalgaz santralleri almaya başlamıştır. 1999'da kömürle çalışan santrallerin toplam kapasitedeki oranı %26, doğalgazın %24, petrolün %6 olmuştur. 2010'da kömürün elektrik üretimindeki payı %30, 2020'de ise %27 olması tahmin edilmektedir. Bunda ithal kömürün oranının 2010'da %6, 2020'de %10 olması düşünülmektedir [30].

#### **4.1.11. Çevresel konular**

Hava kirliliği Türkiye'de giderek önemli bir çevresel sorun oluşturmaktadır. Enerji kullanımına bağlı hava kirliliği fosil yakıtların ve biyokütle kaynakların yanmasına bağlı ortaya çıkmaktadır. Kömür madenciliği direk olarak çevreyi etkilemekte, toprak yapısında çökme ve maden atıkları oluşumuna yol açmaktadır. Kömür yanmasıyla özellikle aşağı rakımlarda kirliliğe yol açan gazlar oluşmaktadır. Çevresel faktörler geçmişte ve gelecekte kömür ve diğer fosil yakıtların tüketimi ile ilgili politikaları etkileyecektir. Kömür yanması sonucunda başlıca sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>), nitrojen oksitler(NO<sub>x</sub>), partiküller (PM) ve karbon

dioksit (CO<sub>2</sub>) oluşmaktadır. SO<sub>2</sub> yayılımı (emisyonu) Türkiye’de son yıllarda artış göstermiştir. Bunun temel kaynağı enerji sektörü olup, toplam SO<sub>2</sub> emisyonunun %50’den fazlasını oluşturmaktadır. Linyitle çalışan bazı güç santrallerinde kullanılan yakıttaki SO<sub>2</sub> oranı oldukça yüksek olup, santralden santrale değişiklik göstermektedir. NO<sub>x</sub> emisyonu, SO<sub>2</sub>’ye göre düşük olmakla birlikte son yıllarda enerji kullanımının artışı ile birlikte yükselmiştir.

Şu anda, kömür, dünyada CO<sub>2</sub> emisyonunun %30-40’ından sorumludur. Türkiye, Uluslararası Enerji Kurumu (IEA) ülkeleri arasında kişi başına en düşük CO<sub>2</sub> emisyonuna sahiptir. Kömür ve kömür ürünlerinden oluşan CO<sub>2</sub> emisyonu 1990-1998 yılları arasında azalırken, aynı dönemde doğalgaza bağlı oluşan emisyon artmıştır. 1998 yılında, CO<sub>2</sub> emisyonunun en büyük kaynağı %47(88,3Mt) ile kömür olmuş, petrol %42(78,7Mt), doğalgaz ise %10,9 (20,5Mt) oranında olmuştur [30].

#### **4.2. Petrol**

Petrol, dünyanın en önemli enerji kaynaklarından biridir. Günümüzde, toplam enerji kaynaklarının % 90’ını fosil kaynaklı yakıtlar teşkil etmekte ve bunların %45’i petrole dayanmaktadır. Petrolün fosil kaynaklı yakıtlar içindeki payının artması ve 2030 yılına gelindiğinde %58’e çıkması beklenmektedir. Sanayileşme ve gelişme ile birlikte tüketimi artan petrol, Orta Doğu ülkelerinin elinde bulunmakta ve petrol fiyatları yine Orta Doğu ülkelerinin çoğunlukta bulunduğu bir kartel tarafından belirlenmektedir. Bu, farklı ekonomik ve kültürel yapılarıdaki ülkeleri birbirine bağımlı hale getirmektedir. Böylece, petrol, herhangi bir maden olmanın ötesinde, uluslararası siyasi ve ekonomik stratejilerin şekillenmesinde önemli bir role sahiptir [33].

Petrol basitçe; doğal halde bulunan ve yeraltından çıkarılan “ham petrol” olarak tanımlanır. Petrol, genellikle sıvı halinde, kahverengi, koyu yeşil veya siyah renktedir ve yapışkan ve yanıcıdır [34]. Metan, etan, propan, bütan gibi bir takım hidrokarbonların karışımından meydana gelmiştir. Özel bir kimyasal bileşimi yoktur. Farklı kimyasal bileşimlere sahip hidrokarbonlar, farklı petrol tiplerini meydana getirirler. Ancak, ham olarak petrolün kullanım alanı çok sınırlıdır. Ham petrolün rafine edilmesi ile daha farklı ve değeri yüksek ürünler elde edilir. Bunlar, üretim sırasıyla, rafineri yakıt gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), nafta, normal benzin, süper benzin, kurşunsuz benzin, solvent, jet yakıtı, gazyağı, motorin, kalorifer yakıtı, fuel oil, asfalt, madeni yağ ve diğerleridir. Yağlar ve asfalt gibi ürünler ham petrolün rafine edilmesiyle elde edilen yakıtlar dışındaki ürünler arasındadır. Ham petrolün arıtımı ile parfüm ve böcek ilaçları gibi çeşitli ikincil ürünler de elde edilmektedir. Ayrıca, yukarıda sayılan ürünlerin bir kısmı petrokimya sanayilerinde girdi veya destek ürün olarak kullanılmaktadır. Temel petrokimya ürünleri etil, propilen, benzen, amonyak, metanol vb. olarak sayılsa da, 4000’in üzerinde petrokimya ürünü bulunmaktadır. Petrokimya sanayinin nihai ürünleri genel olarak plastik, sentetik lifler, sentetik kauçuk, deterjan ve kimyasal gübreler olarak sınıflandırılabilir [33]. Petrolün oluşumu basitçe denizsel ortamda mikroorganizmaların ölerek deniz dibinde sedimanler içinde kalması ve daha sonra oluşan jeolojik olaylar sürecinde petrole dönüşmesi ile mümkündür. Bu süreç yüz milyonlarca yıl almıştır [35].

Birçok hidrokarbonun karışımından meydana gelen petrolde, ayrıca az miktarda azot (N), kükürt (S) ile, az miktarda da olsa metalik elamanlar mevcuttur [34].

#### Ham Petrolün Bileşenleri

(C) karbon	% 82.2	ile	% 87.7	arasında
(H) Hidrojen	% 11.7	ile	% 14.7	arasında
(S) Kükürt	% 0.1	ile	% 5.5	arasında
(N) Azot	% 0.1	ile	% 1.5	arasında
(O) Oksijen	% 0.1	ile	% 4.5	arasında
Organik Madde	% 0.1	ile	% 1.2	arasında

#### 4.2.1. Türkiye'nin petrol potansiyeli

1945 yılında keşfedilen Raman petrol sahasının keşfinden bugüne yapılan çalışmalar Türkiye'de petrolün varlığını kanıtlamıştır. Cumhuriyetin kuruluşundan sonra ciddi olarak ele alınan petrol arama faaliyetleri 1954 yılından itibaren yerli ve yabancı özel sermayenin de katkısıyla sürdürülmektedir [36]. Bugüne kadar irili-ufaklı yaklaşık 120 tane petrol ve doğal gaz sahası keşfedilmiştir. Keşifler ağırlıklı olarak Kilis'ten Siirt'e kadar uzanan ve Adıyaman-Diyarbakır-Batman'ı kapsayan Güneydoğu Anadolu bölgesinde ve Trakya bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Trakya bölgesinde genelde doğal gaz sahaları, Güneydoğu Anadolu bölgesinde ise genelde petrol sahaları keşfedilmiştir. 1954 yılındaki petrol yasası sonrasında TPAO'nun ve özellikle Shell ve Mobil gibi uluslararası şirketlerin arama ve sondaj çalışmaları neticesinde 1969 yılında ve ayrıca 1973 ilk petrol krizi ve şoku sonrasında petrol fiyatının 10 katı artması sonrasında yerli petrol aramacılığına ve sondaj çalışmalarına verilen önem ve ağırlık neticesinde 1991'de yerli petrol üretimleri rekor düzeylere, yılda 4.5 milyon tona, ulaşmıştır. Ancak, daha sonraki yıllardan günümüze kadar, değişik nedenlerle, petrol aramacılığına ve sondajına ayrılan bütçe azalmıştır [37].

1954 sonrası dönemde aramaya verilen önem neticesinde 1965'te 150 000 m'lik maksimum metraja ulaşılmıştır. Arama etkisini 4 yıl sonra 1969'da yıllık üretimi 3.6 milyon tona ulaştırarak göstermiştir. 1973 sonrasında arama çalışmaları 1985'de 260 000 m'lik maksimum metraja ulaşmıştır. 6 yıl sonra ise 1991'de üretim rekor sayılan 4.5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Aramaya yapılan yatırım, etkisini 4-6 yıl sonrasında üretimde göstermektedir. 1991'de 4.5 milyon ton olan yıllık yerli üretimimiz şu anda 2,5 milyon ton kadardır. Türkiye'de petrole ülkemizin değişik bölgelerinde rastlanmıştır, varlığı kanıtlanmıştır ve ağırlıklı olarak Güneydoğu Anadolu bölgesindeki sahalardan üretim yapılmaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde Batman, Mardin, Siirt, Diyarbakır, Adıyaman ve Kilis illeri içinde bulunan sahalardan ve ayrıca Trakya bölgesinde küçük sayılabilir 1-2 sahadan petrol üretimi yapılmaktadır. Karadeniz ve Akdeniz'de petrol ve özellikle doğal gaz aramaları bütçe elverdiğince sürdürülmektedir. Türkiye'de son yıllarda

yapılan en önemli keşif, 2 yıl önce Ege bölgesinde Manisa Alaşehir'de delinen bir kuyuda petrolün bulunması olmuştur. Böylece, Ege bölgesinde ilk defa petrol bulunmuş oldu. Orta Anadolu bölgesinde Tuz Gölü civarında doğal gaz ve petrol potansiyelinin olabileceği söylenebilir. Türkiye'de bulunan petrol sahalarının Orta Doğu ülkelerindeki sahalar kadar büyük değildir. Fakat, bizim sahalar genelde ağır petrol içermektedir.

Türkiye'de bugüne kadar yaklaşık 1 milyar ton petrol keşfi yapılmıştır. Ancak bunun %15'i olan yaklaşık 150-160 milyon ton petrol üretilebilir olarak tahmin edilmiştir. Bunun 112 milyon tonu (2000 sonu itibariyle) bugüne kadar üretilmiş olup, geriye kalan 40-50 milyon ton petrol Türkiye'nin üretilebilir petrol rezervidir. Bir başka deyişle, Türkiye'nin petrol rezervi yüksek değildir, ve ancak 1.5 yıllık Türkiye petrol tüketimini karşılamaya yetecek kadardır [37].

Türkiye' de toplam olarak, 2001 sonu itibariyle, 170 yabancı ve 20 yerli şirket faaliyette bulunmuştur. Üretim faaliyetinde bulunan şirketlerin sayısı ise 2'si yerli, 9'u yabancı olmak üzere 11'dir. Bu şirketlerin potansiyel petrol rezervleri Tablo 4.6.'da verilmiştir [36]. Tablo 4.6. incelendiğinde, Türkiye'nin üretilebilir petrol rezervinin bir milyar varilin biraz üzerinde olduğu, bunun 811 milyon varilinin üretilmiş olduğu, kalan üretilebilir rezervin de 286 milyon varil (42 milyon ton) olduğu görülür. Bu 42 milyon tonluk kalan üretilebilir petrol, 30 milyon ton civarındaki yıllık tüketimin 1.5 katından azdır. Azalma sürecindeki yerli üretim, 2001 yılında 2.5 milyon ton olmuştur. Kalan üretilebilir petrol miktarı, yıllık petrol üretiminin 17 katıdır. Keşfedilen petrol sahalarının yaklaşık dörtte biri de üretimden düşmüştür.

Türkiye'nin ham petrol ithalatı 2000 ve 2002 yıllarında 4 milyar doların üzerine çıkmış, petrol fiyatlarının 10 dolara kadar düşmüştür. 1998 yılında ise 2 milyar dolar düzeyinde kalmıştır. 1998 yılından önce yok sayılacak düzeyindeki petrol ihracatı ise, 1999 yılında 5 milyon doların biraz üzerine çıkmış, 2001 ve 2002 yıllarında 3 milyon dolar

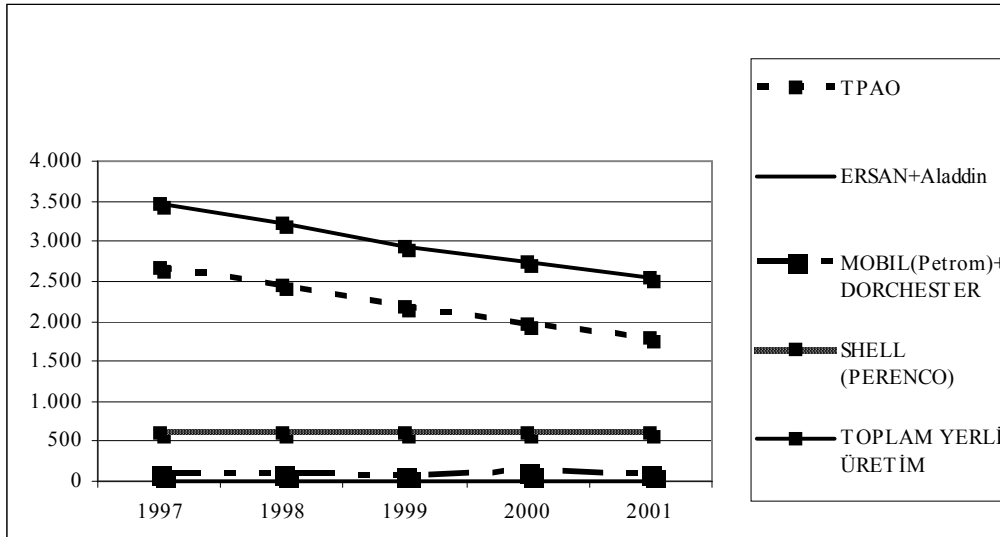
civarlarında gerçekleşmiştir. Bu miktar, 2001 yılında Türkiye'nin toplam ithalatının ancak on binde 1'ine gelmektedir [23].

**Tablo 4.6.** 2001 yılı sonu itibariyle Türkiye'deki potansiyel petrol rezervleri [36]

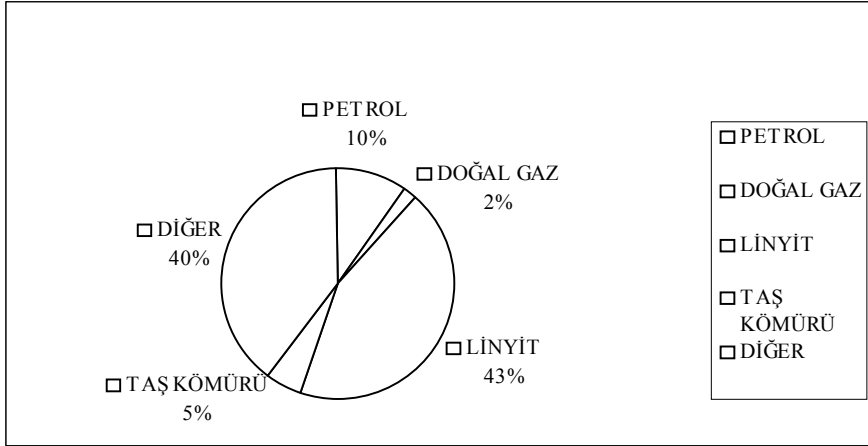
Rezerv	TPAO	Shell	Mobil	Diğer	Toplam
Rezervuardaki petrol (milyon varil)	4639	1294	539	163	6635
Üretilebilir petrol (milyon varil)	601	356	94	43	1098
Toplam üretim (milyon varil)	419	282	79	31	811
Kalan üretilebilir petrol (milyon varil)	183	74	15	14	284
Rezervuardaki doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	13025	4654		2621	20300
Üretilebilir doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	8563	3258		2069	13890
Toplam doğalgaz üretimi (milyon m <sup>3</sup> )	5122	46		49	5217
Kalan üretilebilir doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	3441	3211		2021	8673
Toplam keşfedilen petrol sahası	61	24	3	12	100
2001 yılında üretim yapan saha	47	20	1	8	76
Toplam keşfedilen doğalgaz sahası	14	2		4	20

#### 4.2.2. Türkiye’de petrol üretimi ve tüketimi

1980’li yıllardan önce akaryakıt ithalatçısı olan Türkiye, artık ham petrol ithal etmekte ve petrolü kendi rafinerilerinde işlemektedir. Türkiye’deki ham petrol üretiminin yaklaşık %75’i TPAO tarafından gerçekleştirilmekte ve üretimde ikinci sırayı Shell almaktadır. Ancak, 1997-2001 yılları arasında Türkiye’nin ham petrol üretimi azalmıştır. Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.’de sırasıyla Türkiye’deki petrol üretimi ve 2002 yılı itibariyle Türkiye’nin enerji üretimi içinde petrolün yeri gösterilmektedir [33]



Şekil 4.1. Türkiye’de petrol üretimi (Bin Ton) [33]

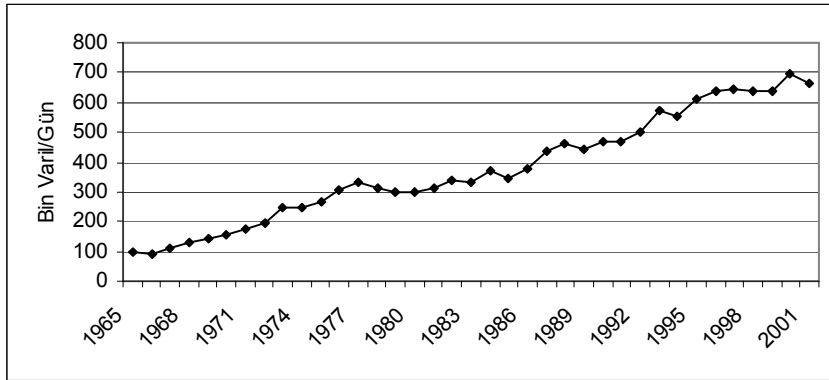


**Şekil 4.2.** 2002 yılına göre Türkiye'nin enerji üretimi içinde petrolün yeri [33]

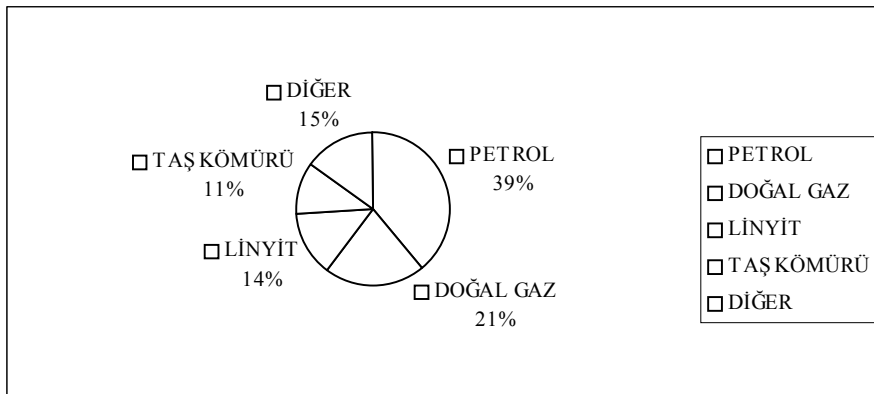
TPAO verilerine göre, 2001 yılında Türkiye'nin enerji üretiminde linyit (%43) ile diğER (%40) kapsamındaki hidrolik ve odun büyük yer tutmaktadır. Türkiye'nin jeolojik yapısının engebeli oluşu, petrol arama ve çıkarma maliyetlerini artırmaktadır. Bundan dolayı, petrol üretiminin payı %10'da kalmaktadır. Doğalgaz üretimi de enerji üretiminin ancak %2'sini oluşturmaktadır. Türkiye'de petrol yataklarının %99'u Güneydoğu Anadolu'da, doğalgaz rezervleri de öncelikle Trakya yöresinde ve yine Güneydoğu Anadolu'da yer almaktadır [33].

Türkiye'de ham petrolün işlenmesi ile petrol ürünleri üretimi, ağırlıklı olarak TÜPRAŞ'ın (Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi) sahip olduğu rafinerilerde yapılmaktadır. Bunlar; yılda 11,5 milyon ton kapasiteli İzmit, yılda 10 milyon ton kapasiteli İzmir Aliağa, yılda 5 milyon ton kapasiteli Kırıkkale Orta Anadolu ve yılda 1,1 milyon ton kapasiteli Batman Rafinerileridir. Türkiye'de Petrol Kanunu hükümleri gereğince yabancı sermaye ile kurulan tek rafineri; yılda 4,4 milyon ton kapasite ile çalışan ATAŞ (Anadolu Tasfiyehanesi A.Ş.)'tir. 1958 yılında Mersin'de kurulmuş olan ATAŞ'ın bugünkü ortakları MOREF (%51), Shell (%27), BP-Türk (%17) ve Marmara Petrol (%5)'dir.

Türkiye'nin başlıca boru hatları ise yıllık 70,9 milyon ton kapasiteli Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı, yıllık 3,5 milyon ton kapasiteli Batman-Dörtüyol Boru Hattı ve yıllık 5 milyon ton kapasiteli Yumurtalık-Kırıkkale Boru Hattıdır. Türkiye'nin ham petrol tüketimi 1965-2001 yılları arasında %568,7 ve 1990-2001 yılları arasında %40,9 oranında artmıştır. 2001 yılında ham petrol tüketimi 30,4 milyon ton ve günde 662 bin varile ulaşmıştır. 2000 yılında ise tüketim günde 695 bin varile kadar çıkmıştır. Yıllara göre Türkiye'nin petrol tüketimi ve 2002 yılı içinde Türkiye'nin enerji tüketimi içinde petrolün yeri sırasıyla Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Türkiye'nin petrol tüketimi [33]



Şekil 4.4. 2002 yılına göre Türkiye'nin enerji tüketimi içinde petrolün yeri [33]

Birincil enerji tüketiminin %39'unu petrol ve %21'ini doğalgaz oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi amacıyla Türk ekonomisine tanıtılan doğal gazın enerji tüketimi içindeki payı giderek artmaktadır. Doğal gazın enerji tüketimi içindeki payı, TPAO'nun 2010 yılında çıkacağını düşündüğü yüzde 18 düzeyini, Mavi Akım Projesi'nin de etkisiyle, şimdiden aşmıştır. Bu arada, petrolün ve linyitin tüketimdeki payları ise düşmektedir [33].

#### 4.2.3. Türkiye'de petrol arama faaliyetleri

Petrol sektörü, arama çalışmasından dağıtımına kadar farklı faaliyetler zincirinden oluşmuştur. Her biri tek başına büyük bir faaliyet alanı olan bu halkalar birbirleriyle çok sıkı ilişkiler içindedir. Her bir faaliyet alanının kendine özgü farklı özellikleri vardır. Zincirin ilk halkasını oluşturan petrol aramacılığının önemini birkaç ana başlıkta toplamak mümkündür. Petrol aramacılığının teknolojik önemi bu konudaki bilgi birikimi, yetişmiş insan gücü ve sermayeyi kapsar. Arama faaliyetlerinde kullanılan teknoloji çok hızlı ilerlemektedir. Bu teknoloji, her biri kendi içinde uzmanlık ve bilgi birikimi gerektiren birçok farklı disiplinlerden oluşur. Jeolojik, jeofizik, jeokimyasal ve diğer arama yöntemleriyle sondaj teknolojisinde uzmanlaşmak, bu konulardaki gelişmeleri takip edip uygulamak ve hatta bu gelişmelere önderlik etmek, ancak yoğun arama faaliyetinde bulunmakla mümkündür. Bunun gerçekleştirilebilmesi de arama faaliyetinin alt dallarından her birinde yetişmiş insan gücü ve malzemeye sahip olmak yani bu alana sermaye ayırıp faaliyetleri sürekli kılmakla mümkündür. Yetişmiş insan gücü, bilgi birikimi ve teknolojiye sahip olan kuruluşlar yurt içinde kazandıkları tecrübeyi kullanarak yurt dışında da faaliyette bulunabilirler [36].

Türkiye'de petrol arama faaliyetleri Güneydoğu Anadolu ve Trakya'da yoğunlaşmış, bu bölgelerin dışında kalan sedimanter havzalar yeteri kadar aranmamıştır. Mevcut bilgiler ışığında Türkiye'deki bütün sedimanter havzaların petrol sistemini oluşturan parametreleri

ortaya çıkarılmıştır. Gerek günümüzde petrol ve gaz üretiminin yapıldığı Güneydoğu Anadolu, Trakya ve Adana bölgelerinde gerekse Tuzgölü, Antalya ve diğer iç sedimanter havzalarda petrol potansiyeli mevcuttur.

Türkiye'de keşfedilen petrol sahalarının önemli bir kısmı ikinci veya üçüncü kuyularda keşfedilmiştir. Adıyaman, Çemberlitaş ve Karakuş sahaları bunun en güzel örnekleridir. Geçmişte yeraltı verilerinin yetersiz olması nedeniyle uygun konumda olmayan veya teknik nedenlerle terk edilen kuru kuyuların delindiği alanlarda, yeni verilerin ışığında daha sonra delinen kuyularda olumlu sonuçlar alınmıştır.

Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye'de deniz alanları çok az aranmıştır. Deniz derinliğine bağlı olarak, günümüzde oldukça pahalı olan deniz sondajları önümüzdeki yıllarda gündeme gelecektir [36].

Türkiye'nin ülke içindeki arama çalışmaları Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yoğunlaşmıştır. TPAO, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde PERENCO (Fransa) ve MADISON (ABD), Trakya Bölgesi'nde AMITY OIL (Avustralya) ve Adana-Hatay Bölgesi'nde EL-PASO (ABD) şirketleri ile ortak olarak arama çalışmalarını yürütmektedir. Denizlerdeki arama faaliyetleri şimdiye kadar çok sınırlı kalmıştır. Mersin-İskenderun Körfezleri ile Doğu ve Batı Karadeniz'de petrol aramaları yapılmaktadır.

Ülkemizin petrol ve doğal gaz ihtiyacının daha iyi karşılanabilmesi için, petrol ve doğal gazın arama ve üretimine yönelik TPAO çalışmaları, özellikle 1993 yılından sonra Orta Asya Türk Cumhuriyetleri ve Kuzey Afrika ülkelerinde yaygınlaştırılarak sürdürülmüştür. TPAO, aktif olarak Kazakistan, Azerbaycan ve Libya'da faaliyetlerini yürütmektedir. Türkmenistan, Irak ve Suriye ile faaliyetlerde bulunmak üzere temaslar sürdürülmektedir.

Aşağıda Türkiye'nin yurtdışındaki arama faaliyetleri daha ayrıntılı olarak anlatılmaktadır:

## **Kazakistan**

TPAO'nun Kazakistan'daki faaliyetleri, Kazakistan Milli Petrol Şirketi (%51) ve TPAO (%49) ortaklığında kurulan Kazaktürkmunay Ltd. (KTM) tarafından yürütülmektedir. KTM, Batı Kazakistan'daki çalışmalarını sürdürmektedir. Aktau Bölgesi'nde günlük 2.500, Aktübinsk Bölgesi'nde ise 1.500 varil üretim yapılmaktadır. Şirketin Şubat 2003 sonu itibariyle birikimli petrol üretimi 1.064 bin ton, birikimli satışı 1.040 bin ton ve birikimli brüt geliri 133,1 milyon \$'dır. TPAO'ya, KTM'den bugüne kadar yatırım payı geri ödemesi olarak 59,8 Milyon ABD Doları transfer edilmiştir. Kazakistan'a 2000 yılından itibaren herhangi bir transfer gerçekleşmemiş olup, birikimli transfer 272,9 Milyon \$'dır. KTM Ltd.'in 2000 yılından itibaren yatırım ve işletme giderleri üretilen petrol gelirlerinden sağlanmaktadır.

## **Azerbaycan**

Azerbaycan'da TPAO'nun ortak olduğu projeler ve TPAO'nun ortaklık payları şöyledir:

AÇG (Azeri-Çıralı-Güneşli) Projesi (%6,75)

Şah Deniz Projesi (%9)

Kürdaşı Projesi (%5)

Alov Projesi (%10)

Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhraç Hampetrol Boru Hattı Projesi (%6,53)

### **AÇG (Azeri-Çıralı-Güneşli) projesi (Mega Proje)**

Proje, Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet Petrol Şirketi (SOCAR) ile TPAO'nun da yer aldığı bir konsorsiyum tarafından 1994 yılında başlatılmıştır. Projenin halihazırdaki ortakları SOCAR (%10), BP (%34,14), LUKOIL (%10), UNOCAL (%10,28), STATOIL (%8,56), EXXONMOBIL (%8), TPAO (%6,75), ITOCHU (%3,92), PENNZOIL (%5,63) ve DELTA-HESS (%2,72) şirketleridir. TPAO, ortaklık anlaşmasında TPIC vasıtasıyla SOCAR'ın %5 hissesinin finansmanını da üstlenmiştir. SOCAR, faizi ile birlikte geri ödemeyi petrol üretimi başladıktan sonra petrol satış gelirlerinden karşılamayı taahhüt etmiştir. İlk kuyu Çıralı sahasında 1997 yılı sonunda açılmış ve üretime başlanmıştır. 2005 yılında tam saha üretime geçilmesi beklenmektedir. Halen 11 kuyuda günde yaklaşık 120 bin varil seviyesinde üretim yapılmaktadır. 2010 yılında tüm AÇG üretimi en yüksek seviye olan 1 milyon/varil/gün'ün üzerine çıkacaktır.

2003 yılı Şubat ayı sonu itibariyle, TPAO'nun payına yaklaşık 17,7 milyon varil petrol satışı ve birikimli brüt 412,1 milyon \$ gelir düşmüştür. Projenin başlangıcından 2003 yılı Şubat ayına kadar 564,8 milyon \$ transfer gerçekleştirilmiştir.

### **Şah Deniz projesi**

Şah Deniz sahası, Güney Hazar'da, Bakü ile Azeri-Güneşli-Çıralı sahasının arasında yer almaktadır. Proje, araştırma amacı ile BP-Statoil ve TPAO'nun bağlı ortaklığı TPOC Ltd. Şirketi tarafından 1996 yılında başlatılmıştır. Projenin şu andaki ortakları ise BP (%25,5), STATOIL (%25,5), SCA (SOCAR Commercial Affiliate %10), TOTALFINAELF (%10), LUKAGİP (%10), OIEC (Oil Industries Engineering and Construction, İran-%10) ve TPOC (%9) şirketleridir.

Sahada 2001 yılında keşfedilen doğal gaz için BOTAS ve SOCAR bir alım-satım anlaşması imzalamıştır. Ayrıca, Türkiye ile Gürcistan arasında 12 Mart 2001 tarihinde hükümetler arası anlaşma imzalanmıştır. Satış anlaşmasına göre 2004 yılında başlamak üzere 15 yıl boyunca 6.6 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz Türkiye'ye ulaştırılacaktır. Ancak, proje takviminde yaşanan sorunlar nedeniyle, ilk gaz teslim tarihi 2006 yılına kaymıştır. Doğal gazın taşınması için Bakü'den başlayarak Tiflis üzerinden Türkiye-Gürcistan sınırına ulaşacak olan doğal gaz boru hattı ile ilgili inşaa çalışmalarına başlanmıştır.

Türkiye'nin doğal gaz talebinin önemli bir kısmını karşılayabilecek büyüklükte olan Şah Deniz Projesi kapsamında, 2003 yılı Şubat ayı itibariyle birikimli 69,3 milyon dolar transfer gerçekleştirilmiştir.

### **Kürdaşı projesi**

Projenin %50'si SOCAR'a ait olup, kalan hisseler AGIP (%25), MITSUI (%15), REPSOL (%5) ve TPOC (%5) arasında paylaşılmıştır. 1998 yılında başlayan ve Hazar Denizi'nde üç ayrı yapının test edilmesini amaçlayan proje kapsamında açılan kuyularda ticari hidrokarbon bulgusuna rastlanmamıştır. Projenin tasfiyesi için çalışmalara başlanmış ve ruhsatın %74'ü terkedilmiştir. Proje için 2003 yılı Şubat ayı itibariyle gerçekleşen transferler birikimli olarak 16,8 milyon \$ düzeyindedir.

### **Alov projesi**

Projenin %40'ı SOCAR Oil Affiliate (SOA)'a ait olup diğer hisseler BP (%15), Statoil (%15) ve TPOC (%10) arasında paylaşılmıştır. Geri kalan %20'lik hisse daha sonra EXXONMOBIL (%15) ve AEC (%5) şirketlerine verilmiştir. ALOV (ABİK) Arama

Projesi Güney Hazar Denizi'nin orta kesimindeki Sharg, Alov ve Araz adlı 3 ayrı sahayı kapsamaktadır. Projenin mükellefiyeti olan üç arama kuyusundan ilkinin 2004 yılı ilk çeyreğinde kazılması öngörülmüştür. Ancak, Temmuz 2001'de İran ile Azerbaycan arasında Hazar Denizi'nin paylaşımı ile ilgili çıkan sorunlardan dolayı deniz tabanı etüdü çalışmaları aksamış, 23 Mart 2002'de biten Arama Dönemi Ocak 2005'e uzatılmıştır. Proje için 2003 yılı Şubat ayı sonu itibariyle 22,4 milyon \$ transfer gerçekleştirilmiştir.

### **Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) ana ihraç ham petrol boru hattı projesi**

Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi ile Azerbaycan'da üretilen ham petrolün boru hattı ile Gürcistan üzerinden Ceyhan'daki bir deniz terminaline, buradan da tankerlerle dünya pazarlarına ulaştırılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Teslim Anlaşması çerçevesinde müteahhit olarak görevlendirilen BOTAŞ, "Arazi ve İnşaat" çalışmalarını 32 ay içerisinde bitirmekle yükümlü kılınmıştır. Tüm hattın tamamlanması ve devreye alınması için hedeflenen tarih ise 2005 yılı başlarıdır.

15 Kasım 2000 tarihinde başlatılan temel mühendislik çalışmaları, 15 Mayıs 2001 tarihinde başarıyla tamamlanmıştır. Ardından, Türkiye Tarafı ikinci aşamasını temsil eden detay mühendislik çalışmaları 19 Haziran 2001-28 Ağustos 2002 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. 20 Eylül 2002 tarihinde ise hattın yapım sözleşmeleri imzalanmıştır. BOTAŞ, Anahtar Teslim Anlaşması ile son aşama olan arazi ve inşaat çalışmalarını 32 ay içerisinde bitirmeyi taahhüt etmiştir.

Proje için 2003 yılı Şubat ayı itibariyle birikimli olarak 34,4 milyon \$ transfer gerçekleşmiştir. Projeye ortak olan şirketler ve payları zaman içerisinde değişmiş olup, hali

hazırdaki en büyük ortaklar olan BP Exploration (Caspian Sea) Ltd. %30,1 ve SOCAR %25,0 paya sahiptir. TPAO'nun proje içindeki payı ise %6,53'tür.

Yılda 100 milyon dolar gelir getirecek olan projenin asıl önemi Türkiye'yi küresel enerji nakliyesinde kilit bir konuma getirmesindedir. Ancak son zamanlarda BTC Konsorsiyumu Türk Hükümetine çeşitli şikayetlerde bulunmaktadır. “Kamulaştırmaların ağır gitmesi, inşaatların beklenen zamanda yapılamaması, yolsuzluklar, BOTAŞ'taki siyasi değişim, BTC direktörlüğünün özerk ve insiyatifli bir yapı olarak çalışmaması” gibi sorunlar gündeme getirilmektedir. Irak'taki gelişmeler BTC Projesini ayrıca tehdit etmektedir. Irak üzerinden Akdeniz'e açılan, BTC Projesine karşı maliyet avantajı olan alternatiflerin ortaya çıkması sözkonusudur. Ürdün, Filistin ve Hayfa üçgeni bu alternatifler içerisinde tartışılmaktadır. Petrol Yasası gibi gerekli yasal düzenlemeler hızla çıkarılarak ve mevcut yasalara işlerlik kazandırılarak BTC Projesi'nin arkasında durmak, Türkiye'nin enerji piyasasındaki stratejik konumu açısından önem taşımaktadır.

## **Libya**

TPAO Libya'da Ghadames ve Sirte Havzalarında bulunan iki blokta faaliyetlerini sürdürmektedir. 1999 yılı Ekim ayında TPAO adına TPOC, Libya Milli Petrol Şirketi NOC ile ilk 5 yılı arama dönemi olan 25 yıllık bir anlaşma imzalamıştır. Her iki blok ile ilgili veri toplama çalışmaları devam etmektedir. 2003 yılında iki potansiyel yapıda kuyu açılması planlanmıştır.

## **Türkmenistan**

TPAO, Türkmenistan'da kara ve deniz alanlarında, 1993 yılından bu yana petrol ve doğal gaz arama ve geliştirmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Halen, çeşitli geliştirme projeleri üzerinde bazı şirketlerle ortak çalışmalar sürdürülmektedir. Ancak, konu ile ilgili imzalanan ticari bir anlaşma yapılmamıştır.

## **Irak**

TPAO, Irak'ta petrol arama ve üretme amacıyla 1994 yılında Irak Petrol Bakanlığı ile temaslara geçmiştir. Türkiye'nin Irak'ta dahil olduğu bellibaşlı projeler; Petrol Sahası Geliştirme Projesi, Irak-Türkiye Doğal Gaz İhraç Projesi ve Blok-IV Arama Projesi'dir. Irak-Türkiye Doğal Gaz İhraç Projesi'nin fizibilite çalışması için Irak Petrol Bakanlığı ve T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı arasında 8 Mart 1996'da bir Mutabakat Zaptı imzalanmıştır. Türk tarafı adına çalışmaları yürütmekle TPAO, BOTAŞ ve TEKFEN görevlendirilmiştir. Projenin fiilen Birleşmiş Milletler ambargosunun kalkmasından sonra başlaması öngörülmüştür. Ancak, son Irak Savaşı'ndan sonra, TPAO'nun Irak'ta önceki görüşme ve anlaşmalardan doğan haklarının ve yükümlülüklerinin niteliği belirsizleşmiştir.

## **Diğer ülkeler**

Suriye'de petrol ve doğal gaz arama-geliştirme ve üretimi ile ilgili girişim ve müzakereler sürdürülmektedir [33].

### 4.3. Doğalgaz

Doğalgaz, organik maddelerin yeryüzünün alt katmanlarında milyonlarca yıl süren doğal dönüşümü sonucunda oluşur. Kaynağından çıkarıldığı haliyle, herhangi bir işlemde geçirilmeksizin kullanılabilir. Doğalgaz, başta Metan ( $CH_4$ ) ve Etan ( $C_2H_6$ ) olmak üzere çeşitli hidrokarbonlardan oluşan yanıcı bir gaz karışımıdır. Renksiz, kokusuz havadan hafif bir gazdır. Doğalgaz temiz bir gazdır. Yandığında kül, karbonmonoksit ve kükürt bileşikleri oluşturmaz ve çevrede asit yağmuruna sebep olmaz. Yalnızca karbondioksit ve su buharı meydana gelir. Bunun yanında azot oksit emisyonu diğer yakıtlara kıyasla daha azdır [38].

Türkiye'de doğal gaz ilk defa 1970 yılında Kumrular bölgesinde tespit edilmiş ve 1976 yılında da Pınarhisar Çimento Fabrikası'nda kullanılmaya başlanmıştır. 1975 yılında Çamurlu sahasında bulunan doğal gaz, 1982 yılında Mardin Çimento Fabrikasına verilmiştir. Fakat bu kaynaklardaki rezerv ve üretim miktarı düşük olduğu için yaygınlaştırılmamıştır.

Türkiye'nin gelişmesine paralel olarak artan hızlı ve çarpık kentleşme, sanayileşme, bunlara bağlı olarak oluşan çevre kirliliği ve hava kirliliği, 1970'lerde yaşanan petrol krizi tüm dünyayı olduğu gibi Türkiye'yi de alternatif kaynak arayışlarına itmiştir. Bu sebeple 1984 yılında SSCB ile doğalgaz sevkiyatı konusunda anlaşma imzalanmıştır. Türkiye'de doğal gazın yaygın olarak kullanımı 1 Ekim 1986 tarihinde yapımına başlanan 850 km'lik SSCB -Türkiye doğal gaz boru hattının Nisan 1988' de bitirilmesi ile başlamıştır. 14 Nisan 1988'de Cezayir'le yıllık 2 milyar  $m^3$  sınıvlandırılmış doğal gaz alımına ilişkin ticari anlaşma imzalanmıştır. Marmara Ereğli'sinde 1994 yılında inşası tamamlanan sınıvlandırılmış doğal gaz terminaline 286 milyon  $m^3$  gaz taşınarak ana iletim hattına transfer edilmiştir [19]. 1980'li yıllardaki planlama ve temin anlaşmaları ile 1987 yılında ilk kullanımına başlanan ve bütünüyle ithal edilen doğal gazın tüketimi 14 yıl içinde 27.6 kat artarak 2000 yılında

14148 milyon m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır. Alternatif bir çok yakıta göre ucuzluğu, kullanım kolaylığı, stoklama sorununun olmayışı vb. üstünlükleri doğal gaza talebi hızla arttırmıştır. Artışın planlanmasındaki en büyük etmen; elektrik enerjisi üretiminin, yaygın bir biçimde doğal gaza dayandırılmasıdır [40]. 1996 yılında Türkiye'nin ithal ettiği doğal gazın %53'ü elektrik üretiminde kullanılırken, bu oran 1997'de %50 olarak gerçekleşmiştir. Ancak uzun vadede doğal gazdan elektrik üretiminin azalan değil, artan bir trend göstermesi öngörülmektedir. Doğal gazın elektrik üretiminde kullanım oranı 2005 yılında %58'e, 2010 yılında %60'a yükselecektir. Şehir merkezindeki evsel ve ticari doğal gaz kullanımını ilk olarak Ankara'da 1988 yılı sonunda başlamıştır. 1992 yılında İstanbul ve Bursa'da da kullanıma geçilmiştir. Şehir içi doğal gaz dağıtımını, Ankara'da EGO, İstanbul'da İGDAŞ, Bursa ve Eskişehir'de BOTAŞ yürütmektedir. Doğal gazın ithali ve Türkiye'deki genel dağıtımını da BOTAŞ yapmaktadır [19].

#### 4.3.1. Türkiye'de doğalgaz dağıtımı

Doğalgaz dağıtımını, pazarlaması ile LNG (sıvılaştırılmış doğalgaz) ithalat terminallerinin ve gaza dayalı santrallerin kurulması için BOTAŞ bünyesinde Türk Gaz Ltd. Şti. kurulmuştur. Şirket diğer kuruluşlarla ortak girişimlerde bulunmayı tasarlamaktadır [40].

Doğalgaz, dünyadaki primer enerji üretiminin %25'ni oluşturmaktadır. Petrol ve kömürden daha temiz, nükleer enerjiden daha güvenli olduğu için gelecekte en önemli tercih edilen enerji kaynağı olacaktır. Üretim ucuz olması, çevre dostu olması ve zengin rezervlere sahip olması doğalgazı oldukça popüler hale getirmektedir. Bu nedenle dünyada doğalgaz talebi giderek artmaktadır. Türkiye'nin doğalgaz üretimi çok az olup, tamama yakını ithal edilmektedir. 1995'de yerli üretim 183 milyon Nm<sup>3</sup> iken, ithalat 6,8 milyar Nm<sup>3</sup> olmuştur. Mevcut üretim, ihtiyacın ancak %2.8'ini karşılamaktadır. Türkiye'deki en büyük üreticiler Arco, TPAO ve Shell'dir [22].

### 4.3.2 Türkiye'nin doğalgaz politikası

2001 yılı sonu itibariyle doğal gaz alımı Rusya Federasyonu'ndan 4.830 Milyar m<sup>3</sup>, yine Rusya Federasyonu'ndan Turusgaz aracılığı ile 6.101 Milyar m<sup>3</sup>, Cezayir'den 3.985 Milyar m<sup>3</sup> ve Nijerya'dan da 1.337 Milyar m<sup>3</sup> doğal gaz eşdeğeri LNG ve İran'dan 115 Milyon m<sup>3</sup> doğal gaz olmak üzere toplam 16.368 Milyar m<sup>3</sup> gaz ithal edilmiş olup, doğal gaz satış miktarı 16.027 Milyar m<sup>3</sup> olmuştur.

Doğal gaz tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında elektrik sektörü % 59.9, sanayi %21, konut ve hizmetler ise %18.9 oranında pay almaktadır. 2005 yılı itibarıyla söz konusu dağılımın sırasıyla %50.4, %29.5 ve %19.9 olması beklenmektedir. Türkiye'de Doğalgaz satışlarının sektörel dağılımı şöyledir, elektrik üretiminde kullanılan miktarı 10.994 milyon m<sup>3</sup>, gübrede 0,121 milyon m<sup>3</sup>, sanayide 1.571 milyon m<sup>3</sup>, konutlarda 3.341 milyon m<sup>3</sup> dur. Toplam kullanılan miktarı 16.027 milyon m<sup>3</sup>'dur [19].

Dinamik bir gelişme süreci içinde olan ülkemizde doğal gaz talebi, büyük bir hızla artmaktadır. BOTAŞ tarafından hazırlanan doğal gaz arz-talep projeksiyonlarına göre; ülkemiz doğal gaz talebinin, 2010 yılında 55 Milyar m<sup>3</sup>'e ve 2020 yılında ise 82 Milyar m<sup>3</sup>'e ulaşması beklenmektedir. BOTAŞ tarafından, hızla artacağı tahmin edilen bu talebi karşılamak amacıyla, çok çeşitli ve kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir.

İktisadi Devlet Teşekkülü olan BOTAŞ, görevi doğrultusunda 8 adet doğal gaz alım anlaşması imzalamıştır. Halen Rusya'dan, Bulgaristan üzerinden ülkemize ulaşan boru hattı ile, Cezayir ve Nijerya'dan ise sıvılaştırılmış halde (LNG- Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) olmak üzere, 3 ülkeden 4 ayrı anlaşma kapsamında doğal gaz alımı sürdürülmektedir. Rusya Federasyonu (Mavi Akım) ve İran ile imzalanan anlaşmaların 2002 yılında, Türkmenistan ile imzalanan Anlaşmanın 2002-2004 yılları arasında, Azerbaycan ile imzalanan

Anlaşmanın ise 2004-2005 yılları arasında devreye girmesi öngörülmüştür [19]. Doğalgaz ve LNG alım ve satım anlaşmaları Tablo 4.7.'de gösterilmektedir.

Ülkemiz doğal gaz ithalatı ise artış göstermekte olup, sıvı ve gaz halinde 1998 yılında 877 milyon \$ olan ithalat,1999 yılında %8 oranında artarak 948 milyon \$'a ulaşmıştır. Aynı dönemde sıvılaştırılmış olarak ithal edilen doğal gaz değer olarak 1998 yılında 373 milyon \$, 1999 yılında ise 339 milyon \$dır.

**Tablo 4.7.** Doğal Gaz / LNG alım satım anlaşmaları [19]

Mevcut Anlaşmalar	Miktar (Plato) (Milyar m <sup>3</sup> /yıl)	İmzalanma Tarihi	Süre (Yıl)	Durumu
<u>Rus. Fed.(Batı)</u>	6	14 Şubat 1986	25	Devrede
<u>Cezayir (LNG)</u>	4	14 Nisan 1988	20	Devrede
<u>Nijerya (LNG)</u>	1.2	9 Kasım 1995	22	Devrede
<u>İran</u>	10	8 Ağustos 1996	25	Devrede
<u>Rus. Fed.(Karadeniz)</u>	16	15 Aralık 1997	25	2002- 2003
<u>Rus. Fed.(Batı)</u>	8	18 Şubat 1998	23	Devrede
<u>Türkmenistan</u>	16	21 Mayıs 1999	30	2005
<u>Azerbaycan</u>	6.6	12 Mart 2001	15	2005
TOPLAM	67,8			

Rusya Federasyonu'ndan Mavi Akım Projesi kapsamında temin edilecek olan doğal gaz da diğer bir boru hattı vasıtasıyla taşınacak olup, bu hattın Rusya Federasyonu toprakları ile Karadeniz üzerinden Samsun'a kadar uzanacak olan bölümü Gazprom Şirketi tarafından, Samsun üzerinden Ankara'ya ulaştırılması planlan Samsun - Ankara Doğal Gaz

Boru Hattı ise BOTAS tarafından gerçekleştirilecektir. Yapım çalışmaları süren hattın 2002-2003 yılı itibarıyla devreye alınmıştır. Bununla birlikte, Türkiye Mavi Akım Projesi için 339 milyon dolarlık yatırım yaparken, Rusya Federasyonu bu projeye 2,7 milyar doları yatırım yapmaktadır.

Diğer önemli bir proje ise Türkmen gazı projesidir. 1999 yılında imzalanan anlaşmaya dayalı proje kapsamında inşa edilecek boru hattı Türkmenistan'dan başlayarak, Hazar Denizi altından, Azerbaycan ve Gürcistan üzerinden geçerek ülkemize ulaşacaktır. 1695km uzunluğundaki hattın yıllık 565-1060 milyar kübik feet (16-30 milyar m<sup>3</sup>) doğal gaz nakli mümkün olabilecektir.

İran'dan doğal gaz ithaline yönelik anlaşma kapsamında yapılacak gaz alımları 2001 yılına ertelenmiş daha sonra proje uzayarak 2002'nin ilk ayında devreye girmiştir. Proje gereğince Doğubeyazıt'tan Sivas'a boru hattı inşası gerçekleştirilecektir. Söz konusu proje ile ülkemizin yılda 10 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz ithal etmesi planlanmaktadır. Bu proje kapsamında Türkmenistan İran'a doğal gaz ihraç edecek, İran ise kendi gazını Türkiye'ye gönderecektir [19].

## 5. SONUÇLAR

21. yüzyıla girerken, dünyada sanayileşmenin hızlı gelişimi, nüfusun büyük artış göstermesi, yeni teknolojilerin kullanıma soktuğu makine ve araç çeşitlenmesi gibi faktörlerden kaynaklanan enerji gereksinimi ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir [46]. Bu durumda, kendi öz kaynaklarımızdan daha etkin biçimde yararlanmak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışın karşılanmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarından en etkin ve rasyonel biçimde yararlanılması amacıyla kamu yatırımlarının artırılmasının yanı sıra özel sektör yatırımlarının bu alana kanalize edilmesinin teşviki de yararlı olacaktır [42].

Gerek sanayileşme gerekse bireylerin daha iyi yaşam istekleri günümüzde enerji tüketimini önemli ölçüde arttırmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında kömür, petrol, doğalgaz gibi yakıtlar öncelikli olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yakıtların kullanımında karşımıza iki sorun çıkmaktadır. Birinci sorun bu yakıtların yakın bir gelecekte tükenme olasılığı, diğeri ise sanayileşmenin belli yörelerde yoğunlaşması sonucu büyük oranda fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan çevre kirliliğinin artmasıdır. Fosil yakıtların yanması sonucu CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> emisyonları önemli değerlere ulaşmıştır. Özellikle CO<sub>2</sub>'in neden olduğu sera etkisi sonucu dünya sıcaklığındaki artışın önümüzdeki 40 yıl içinde 1.5°C ile 4.5°C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca SO<sub>x</sub> atmosferik olaylarla asit yağmuru olarak yeryüzüne geri dönerek ekolojik dengeleri tümüyle etkilemektedir.

Dünya genelindeki bu iki soruna ek olarak ülkemiz için bir diğer sorunda enerji tüketiminin yaklaşık %60'nın yurtdışından karşılanmaktadır. Enerji tasarrufu konusunda ciddi önlemler alınması halinde genel enerji talebinin %20-30 oranında düşürülmesi mümkün olabilecektir. Ancak alınabilecek tüm önlemler artış eğilimini ancak frenliyebilecektir.

Bu sorunların aşılması yeni enerji kaynaklarının araştırılmasını ve mümkün olan sektörde kullanımını gündeme getirmektedir. Bu amaçla güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değişik sektörlerde uygulanabilmesi ülkemiz enerji sorununun aşılmasında yardımcı olacaktır.

Fosil kökenli kaynaklar, işletim maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen ilk yatırım maliyetlerinin ucuzluğu ve üretim teknolojilerinin gelişmiş olması nedeniyle son iki yüzyıldır yaygın olarak kullanılmakta olup yenilenebilir enerji kaynakları karşısında önemli bir üstünlüğe sahip olmuşlardır. Petrol ve kömür egemenliğine dayanan enerji çağı, yıllarca sorunsuz devam etmiş ancak, 1973 petrol krizi ilk kez enerji kaynakları konusunda bir güvensizlik ortamı yaratmıştır. Bu güvensizlik ortamı bütün dünyada yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına karşı yoğun ilgi gösterilmesine sebep olmuştur. Bunun yanı sıra 1990'lı yıllarda ortaya çıkan çevre bilinci, fosil kaynaklara dayalı enerji üretim ve tüketiminin yerel, bölgesel ve küresel seviyede çevreye ve doğal kaynaklara doğrudan veya dolaylı olumsuz etkilere neden olduğunun anlaşılmasını sağlamış, bu da atmosfere kirlilik yaratıcı emisyon vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının yeniden destek görmesine yol açmıştır.

Türkiye büyük bir yenilenebilir enerji potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı düzenli bir şekilde artmakta, fakat yine de düşük seviyelerde bulunmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları açısından ülkemiz oldukça uygun bir coğrafi konuma sahiptir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli bir yıl için 88mtep olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyelin  $\frac{3}{4}$  ü ekonomik olarak termal kullanıma uygun, geri kalanı ise elektrik üretiminde kullanılır düzeydedir [43]. Güneş pillerinin elektriksel uygulamaları yüksek maliyetleri nedeni ile kısıtlı olup günümüzde toplam kurulu güç 350 kW civarındadır. Gelecekte sağlanabilecek teknolojik gelişmelere paralel olarak, bu kaynaktan elde edilecek birim elektrik maliyeti düşeceğinden, 2010 yılından sonrası için diğer kaynaklar ile rekabet edebileceği beklenilmekte ve buna bağlı olarak bu kaynaktan

yararlanma olanakları da artabileceğinden bu konuda da çalışmaların yapılması gerekmektedir [41].

Ülkemizde 1995 yılında konut sektörü payı toplam tüketiminin %28'ini oluşturmuştur. Önümüzdeki 20 yıl içinde konut sektöründe tahminlenen enerji tüketim miktarı ve toplam tüketim içindeki payları Tablo 5.1.'de görülmektedir.

**Tablo 5.1.** Konut sektörü enerji tüketim tahminleri

	2000	2005	2010	2020
Tüketim (BinTEP)	22624	27726	33632	48061
%	31	30	27	21

Konut sektörünün toplam tüketim içindeki payının 2020 yılına dek azaldığı ancak tüketimin 20 yıl içinde 22624 BinTEP'ten 48060 BinTEP'e yükseldiği görülmektedir. Isıtma amaçlı bu tüketimin ülke koşullarına ve binanın özelliklerine bağlı olarak önemli bir bölümünün güneş enerjisinden karşılanması mümkündür. Bu konuda yapılacak çalışmaları mevcut binalarda ve güneş mimarisine uygun tasarımlardaki uygulamalar olarak iki grupta toplayabiliriz.

Mevcut binalarda enerji tüketimi oldukça yüksektir. Bina yönlendirilmesinin ve çevre yapıların uygun olması durumunda güneş enerjisi teknolojileri uygulanarak enerji tüketimleri azaltılabilir. Çatı ve pencerelerin değiştirilmesi, bina kullanım fonksiyonlarının yeniden düzenlenmesi, ısıtma ve havalandırma sistemlerinin değiştirilmesi, bina cephelerinin onarılması, güneş enerjisi teknolojilerinin uygulanmasında önemlidir. Havalı kollektörlerin kullanımı, güney cephede sera haline dönüştürülmüş balkonlar, kuzey cephede camlı geçiş galerileri, iyi tasarlanmış pencereler, ilave yalıtım gibi uygulamalar ile mevcut binalarda güneş enerjisi katkısı artırılabilir. Hollanda'da Tilburg kentinde Reiste

Hoeve apartmanında yakıt tüketimi %30 oranında azaltılmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinin bu azalmaya katkısı %64 oranında olmuştur.

Güneş mimarisine uygun tasarımlarda bina ısıtılmasında aktif ve pasif ısıtma teknikleri uygulanmaktadır. Aktif sistemlerde ısının yani güneş enerjisinin toplanması ve ısıtılacak hacimlere iletilmesi mekanik elemanlar yardımıyla gerçekleştirilir. Güneş enerjisi toplayıcı devresindeki çalışma akışkanı yardımıyla ısı, depolama ünitesine ve ısıtılacak ortama aktarılır. Çalışma akışkanı olarak kullanılan su veya havanın sistemde dolaşımı pompa, fan gibi cihazlar yardımıyla sağlanır. Pasif ısıtma sisteminde ise güneş enerjisinin toplanması ve ısıtılacak ortama iletilmesinde mekanik elemanlar gerekli değildir. Bu sistemde güneş enerjisinin toplanması için binanın güney cephesinde yeterli büyüklükte geçirgen yüzey ve ısının absorpsiyonu, depolanması ve dağıtımı için de ısı kütlesi kullanılır. Temel prensipleri verilen pasif ısıtma sistemlerini direkt kazanç, indirekt kazanç ve ayrılmış kazanç olmak üzere üç grupta incelemek mümkündür. Direkt kazanç yönteminde güneş enerjisi binamızın güney cephesine yerleştirilmiş cam alandan yaşam hacmine gelir. Güney penceresi güneşin izlediği mevsimsel yörünge nedeniyle kışın maksimum güneş enerjisi girişini, yazın ise minimum güneş enerjisi geçişini sağlar. Burada yaşam hacmi toplayıcı işlevini yerine getirir. Gelen güneş enerjisinin bir kısmı hacmin ısıtılmasında kullanılırken, kalanı da hacmi oluşturan elemanlar tarafından absorbe edilir. Ülkemizde çeşitli ısıtma tekniklerinin uygulandığı araştırma amaçlı çalışmalar Ege Üniversitesi, Maden Tetkik Araştırma Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Ankara Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’de sanayinin ulaştığı düzey sürekli artmasına karşın yaş ve kuru tarımsal ürünlerimizin ekonomi içindeki payı önemini korumaktadır. Ülkemizde her çeşit sebze ve meyve yetiştirilmektedir. Üretim döneminde taze olarak tüketilen bu ürünlerin, önemli bir bölümünde kurutulmaktadır. Kurutma işlemi ile tüketim süresinin uzatılması mümkün olabilmektedir. Hazır gıda üreten sanayinin gelişmesi ile kurutulmuş ürünlere talep her

geçen gün artmaktadır. Kurutulmuş ürünlerin eldesinde açık sergide doğal koşullarda kurutmada ürün kalitesi iklim koşullarına bağlı olmakta, toz, kuş, böcek gibi canlılar tarafından kirletilmesi hijyen sorununu gündeme getirmekte ve ürünlerimiz ekonomik değeri üretim aşamasında kaybetmektedir. Suni kurutma ise enerji giderlerinin yüksek olması önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tarımsal ürünlerin dış satımında karşılaşılan sorunların aşılması kurutma işleminin kapalı sistemlerde gerçekleştirilmesiyle mümkündür. Yöresel koşullara uygun olarak tasarlanacak kurutucularda enerji kaynağı olarak güneş, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı mümkündür. Ürün tipi ve yöre koşullarına uygun kurutucu modellerinin belirlenmesi konusunda üniversitemizde mevcut bilgi birikimi yeterli düzeydedir. Sistemin uygulanmasını teşvik etmek üzere üreticilere teknik bilgilerin aktarılması yanında finansal destek sağlanması için gereken düzenlemeler ilgili kurumlarca gerçekleştirilmelidir.

Ticari olarak en uygun kullanımı olan güneş enerjisi uygulamalarından biri olan güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri (SSHS) kollektör, ısı transfer akışkanı, depo, bağlantı elemanları ve diğer yardımcı donanımlarda oluşur. Tek veya iki depolama tanklı direkt / indirekt güneş enerjili SSHSi geri boşaltmalı güneş enerjili SSHS, çalışma akışkanı soğutkan olan sistemler, pasif faz değişimli SSHS gibi tasarımlar geliştirilmiş uygulamaya alınmıştır.

Ülkemizde güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri ile ilgili olarak Nisan 1994 tarihli TS 3680 numaralı Güneş Enerjisi Toplayıcıları-Düz ve Aralık 1994 tarihli TS 3817 numaralı Güneş Enerjisi-Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları isimli iki standart bulunmaktadır. Ancak bu standartlara uyulması zorunlu olmadığından sektör olumsuz etkilenmektedir. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde her geçen gün

yeni teknolojiler uygulamaya alınmasına karşın ülkemizde bu gelişmeler yeterli düzeyde izlenememektedir.

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde suyun kolaylıkla bulunabilmesi, ucuz olması ve özelliklerinin uygun olması nedeniyle en yaygın kullanılan ısı transfer akışkanıdır. Ancak donma noktasının düşük olması önemli bir sorundur. Bu sorun yeni sistem tasarımlar veya antifriz çözeltilerinin kullanımıyla aşılabilmektedir. Propilen glikol-su, etilen glikol-su, etil alkol-su, silikon yağları, mineral yağları ülkemizde önerilen diğer çalışma akışkanlarıdır.

Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli 400milyar kWh'ten daha fazladır. Bunun 124milyar kWh'i teknik olarak kullanılabilir ve aynı belirli bölge için net ekonomik potansiyel 114milyar kWh civarındadır [43]. Hidrolik enerjinin kullanımı Türkiye'nin ihtiyacı açısından büyük potansiyele sahiptir. Şimdiye kadar yapılanlara ilaveten daha fazla hidrolik enerji üretimine ihtiyaç vardır [10]. Türkiye'nin hidrolik enerji potansiyeli 43300GWh olup, bu değer neredeyse dünyanın toplam potansiyelinin % 1'dir. Potansiyelin yarısı teknik, %28'i ise ekonomik olarak kullanılabilir [43]. Jeotermal enerji farklı ısılarda yaygın kullanımı olmasına rağmen, Türkiye'de çoğunlukla bölge ısıtmasında kullanılır [10]. Türkiye'nin jeotermal potansiyeli yaklaşık 35600MW'tır. Bu potansiyelin %88'i termal kullanım, %12'si elektrik üretiminde kullanılır.

Türkiye büyük bir linyit üreticisidir. Toplam linyit rezervlerine tahmini 8075 milyon ton değer biçilmektedir. Bunun 7339 milyon tonu ekonomik olarak işlenip kullanılabilir [43]. Türkiye'nin enerji kullanımının yarısını petrol oluşturmakta, fakat bu miktarın doğal gaz kullanımının artmasıyla düşmesi beklenmektedir. Bugünkü gaz üretimi Türkiye'nin talebinin %2,8'sini karşılamaktadır [43]. Türkiye yerel ve bölgesel düzeyde kullanılabilecek bol miktarda biomass kaynaklarına sahiptir [10].

Yenilenebilir kaynaklarımızın büyük potansiyele sahip olmasına rağmen, ülkemizde 2002 yılı sonu itibariyle, toplam 129.3995 GWh elektrik üretiminin % 73.9'unun fosil kaynaklardan, % 26'sının hidrolik, % 0.1'inin jeotermal ve % 0.04'ünün rüzgardan sağlandığı görülmektedir [41]. Bugüne kadar yeterince değerlendirilemeyen bu kaynakların gerek ülkenin özkaynakları olması ve enerji ithalat bağımlılığını azaltması, gerekse çevrenin korunması, istihdam ve yerli teknoloji oluşturulmasına katkı sağlaması nedenleriyle, yenilenebilir enerji kaynaklarımızın ulusal bir politika oluşturularak desteklenmesine ihtiyaç vardır.

Bu nedenle, yenilenebilir kaynaklarımızdan elektrik üretiminin bir an önce arzulanan seviyede gerçekleştirilmesi için gerekli kanuni düzenlemelerin yapılması için Kanun Tasarısı hazırlanmıştır. Hazırlanan Tasarı ile, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim ve tüketiminin yaygınlaştırılması, yerli kaynak olması sebebi ile dışa bağımlılığın ve yurt dışına gereksiz kaynak çıkışının azaltılması, sera gazı emisyonlarının azaltılarak uluslararası yükümlülüklerin yerine getirilmesi, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, yerel istihdam ve sosyo-ekonomik bütünleşmeye katkı sağlaması, kaynak çeşitliliği oluşturularak enerjide arz güvenliğine olumlu etki yaratılması, sınırlı olan fosil yakıt rezervlerinin korunarak kullanım sürelerinin uzatılması, sürdürülebilir kalkınmaya ve çevreye olumlu katkılar sağlanması gibi ülkemize bir çok olumlu etkileri olacaktır [7].

Ülkemiz güneş, rüzgar, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin olmasına karşın bu kaynakların kullanım potansiyeli gerektirdiği ölçüde gerçekleştirilmemektedir. Kullanımın yaygınlaştırılması için yapılması gerekli çalışmaları tanıtım ve eğitim etkinlikleriyle yasal düzenlemeler altında toplamak mümkündür. Bütün bu açıklamalardan da görüleceği üzere; fosil kökenli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın büyük bir kısmı değerlendirilmeyi beklemektedir.

## 6. KAYNAKÇA:

- [1]Hepbaşlı, A., Oturanç, G., Kurnaz, A., Ergin, E., Genç, A., İyit, N., 2002, Simple correlation for estimating the energy production of Turkey, Energy Sources, 24, 855-867 p
- [2]Oğulata, T., Oğulata, N., 2002, Solar energy potential in Turkey, Energy Sources, 24, 1055-1064 p
- [3]Teknik Elemanlar Derneği Web Sitesi [www.tekder.org.tr](http://www.tekder.org.tr)
- [4]Ülgen, K., Hepbaşlı, A., 2002, Prediction of solar radiation parameters through clearness index for İzmir,Turkey, Energy Sources, 24, 773-785 p
- [5]Kaygusuz, K, 1999, Utilization of solar energy and waste heat, Energy Sources, 21, 595-610 p
- [6]Cumhuriyetten günümüze enerji sektörü, sürdürülebilir kalkınma ve çevre, [www.gençbilim.com](http://www.gençbilim.com), ödev 97541
- [7] [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr)
- [8]Çıtıroğlu., A, Haziran 2000, Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi, Mühendis ve Makina, 485, 32-37 s
- [9] [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
- [10]Hepbaşlı, A., Özdamar, A., Özalp, N., 2001, Present status and potential of renewable energy sources in Turkey, Energy Sources, 23, 631-648 p
- [11][www.mmo.org.tr/oda görüşleri/enerji politikası](http://www.mmo.org.tr/oda_görüşleri/enerji_politikası), Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 10.01.2004
- [12]Çakmanus, İ., Ocak 2001, Türkiye'nin Enerji Problemleri ve Çözüm Önerileri, Mühendis ve Makina , 492, 29-34 s
- [13]Özerdem, B., Türkiye'de rüzgar enerjisi uygulamalarının gelişimi ve geleceği, Mühendis ve Makina, Kasım 2003(526), 25-30s
- [14]Peker, Z., Haziran 2002, Rüzgar enerjisinin çevresel etkileri ve bu etkilerin azaltılmasında planlamanın rolü, Mühendis ve Makina, 509, 36-40 s
- [15]Aras, H., 2003, Wind Energy stasus its assesment in Turkey, Renewable Energy, 14, 221-222 p

- [16]Çağlar, M., Canbaz, M., 16-18 Ekim 2002, Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 347-357 s
- [17]Ün Tezcan, Ü., Ekim 2003, Hidrojen enerjisi: depolaması, güvenliği, çevresel etkileri ve dünyadaki durumu, Mühendis ve Makina, 525,17-22 s
- [18]Ün Tezcan, Ü., 2003, 21. Yüzyılın Enerjisi: Hidrojen, Yenilenebilir Enerji Kaynakları II. Sempozyum ve Fuarı, YEKSEM, 15-18 Ekim2003, İzmir
- [19]www.asif.co.sr
- [20]Gülen, J., Pişkin, S., 16-18 Ekim 2002, Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Çevresel Etkileri, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 549-556 s
- [21]Demirbaş, A., Şahin Demirbaş, A., Demirbaş, A. H., 2004, Global Energy Sources, Energy Usage, and Future Developments, Energy Sources, 26, 191-204 p
- [22]Demirbaş, A., Şahin Demirbaş, A., Demirbaş, A. H., 2004, Turkey’s Natural Gas, Hydropower and Geothermal Energy Policies, Energy Sources 26, 237-248 p
- [23]Kalpaylı, Y., Beker, Ü., 16-18 Ekim 2002, Türkiye’de Jeotermal Enerji ve Kullanılabilirliği, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 611-618 s
- [24]Akkuş, İ., Aydoğdu, Ö., Sarp, S., 16-18 Ekim 2002, Ülkemiz Enerji Gereksiniminin Karşılmasında Jeotermal Enerjinin Yeri, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 619-628s
- [25]www.arsiv.emo.org.tr/2003, Dalga Enerjisi Tesislerine Genel Bakış, Yenilenebilir Enerji Kaynakları III. Sempozyum ve Fuarı, YEKSEM 2003, 15-18 Ekim 2003, İzmir
- [26]Çokan, M., Dalga Enerjisi (Dalga Elektrik Santralleri), Yenilenebilir Enerji Kaynakları III. Sempozyum ve Fuarı, YEKSEM 2003, 15-18 Ekim 2003, İzmir
- [27]Sert, M., Özdil, E., Baykara, S., Dalga enerjisi ve Türkiye’de yararlanma olasılıkları, Türkiye 3. Genel Enerji Kongresi Bildirileri, 291-304s
- [28]Saraçoğlu, N., 16-18 Ekim 2002, Türkiye’nin Geleceği İçin Temiz Enerji: Biokütle, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 791-797 s
- [29]Özsabuncuoğlu, İ. H., 16-18 Ekim 2002, Biyogaz: Kırsal Kesimde Enerji Üretimi, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 993-1001s
- [30]-Hepbaşlı, A., 2004, Coal as an Energy Sources in Turkey, Energy Sources 26, 55-63 p

- [31]Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu: Kömür Çalışma Grubu Raporu, Ankara, DPT, Mayıs 1996
- [32]T.C. Başbakanlık DPT Müsteşarlığı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu, Kömür Çalışma Grubu, 2001
- [33]Yıldırım, S., Dünya ve Türkiye’de Petrol, T.C. Başbakanlık ve Dış Ticaret Müsteşarlığı Web sayfası
- [34]www.pmo.org.tr
- [35]Okandan, E., Türkiye’de Petrol Arama ve Üretim Potansiyeli, www.pal.metu.edu.tr
- [36]Atalay, M., Ağustos 2004, Türkiye’de Petrol Aramacılığı, www.stradigma.com, Stradigma Dergisi, Sayı 7
- [37]Satman, A., Türkiye’de Petrol, İTÜ Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü Web Sayfası
- [38]www.igdaz.com.tr
- [39]Aras, H., Aras, N., 2004, Forecasting residential natural gas demand, Energy Sources, 26, 463-472p
- [40]Doğalgaz Enerji Yönetimi Kongresi Sonuç Bildirgesi, 28-29 Eylül 2001, TMMOB
- [41]T.C. Başbakanlık Kanunlar ve Kararlar Genel Müdürlüğü, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun Tasarısı ile Sanayi, Ticaret, Enerji, Tabii Kaynaklar, Bilgi ve Teknoloji Komisyonu Raporu (1/846), 28.06.2004
- [42]www.tubitak.gov.tr
- [43]Oğulata, T, 2002, Sectoral energy consumption in Turkey, Renewable & sustainable Energy Reviews, 6, 471-480 p