

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE'NİN ALTERNATİF ENERJİ
KAYNAKLARI VE BOR MADENİNİN ENDÜSTRİDE
KULLANIM ALANLARININ ARAŞTIRILMASI**

Binbaşı Ufuk ÖNER

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Zafer UTLU

İSTANBUL,2007

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne
Eminönü Yerleşkesi-İstanbul

Halen enstitünüzün Endüstri Mühendisliği Bölümü yüksek lisans öğrencisiyim. Hazırlamakta olduğum tez tümüyle özgün bir çalışma olup YÖK ve İTİCU Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamiyle uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup; Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ve İstanbul Ticaret Üniversitesi'nin resmi görüşlerini yansıtmamaktadır.

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
ÖNSÖZ.....	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI.....	5
2.1 Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	5
2.2 Stratejik Enerji Kaynakları.....	7
2.2.1 Kömür.....	9
2.2.2 Petrol.....	12
2.2.3 Doğal Gaz.....	14
2.3 Dünyanın Stratejik Enerji Kaynakları Bakımından Durumu.....	15
2.3.1 Rezervler.....	15
2.3.1.1 Petrol.....	17
2.3.1.2 Doğal Gaz.....	18
2.3.1.3 Taşkömürü ve Linyit.....	18
2.3.2 Üretimler.....	19
2.3.2.1 Petrol.....	19
2.3.2.2 Doğal Gaz.....	21
2.3.2.3 Taşkömürü ve Linyit.....	21
2.3.3 Tüketimler.....	21
2.3.4 Petrol ve Doğal Gaz Bakımından Enerji Hareketler.....	24

2.4	Alternatif Enerji Kaynakları.....	25
2.4.1	Hidrolik Enerji.....	25
2.4.2	Jeotermal Enerji.....	26
2.4.3	Güneş Enerjisi.....	27
2.4.4	Rüzgâr Enerjisi.....	29
2.4.5	Biyokütle (Biomaz) Enerjisi.....	30
2.4.6	Biyogaz Enerjisi.....	32
2.4.7	Uranyum.....	33
2.4.8	Toryum.....	33
2.4.9	Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler.....	34
2.4.10	Hidrojen Enerjisi.....	34
2.5	Türkiye'nin Enerji Kaynakları Durumu ve Alternatif Enerji Kaynakları.....	36
2.5.1	Hidroelektrik Enerji.....	36
2.5.2	Jeotermal Enerji.....	37
2.5.3	Güneş Enerjisi.....	38
2.5.4	Rüzgâr Enerjisi	39
2.5.5	Biyokütle Enerjisi.....	40
2.5.6	Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerji.....	41
2.5.7	Hidrojen Enerjisi	41
2.5.8	Nükleer Enerji.....	41
3.	BOR MADENİ.....	43
3.1	Bor	43
3.2	Bor'un Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	43
3.3	Bor Madeninin Tarihçesi.....	45
3.4	Bor Mineralleri.....	45
3.4.1	Boraks(Tinkal).....	46

3.4.2	Kernit.....	46
3.4.3	Uleksit.....	47
3.4.4	Kolemanit.....	47
3.4.5	Probertit.....	48
3.4.6	Pandermit.....	48
3.4.7	Hidroborasit.....	48
3.5	Türkiye Bor Mineralleri.....	49
3.6	Türkiye Bor Yatakları Rezervi... ..	50
3.7	Türkiye Bor Madenciliği.....	50
3.8	Türkiye Bor Teknolojisi.....	51
3.8.1	Hammadde ve Konsantre Ürün.....	51
3.8.2	Konsantre Ürün ve Borik Asit.....	51
3.9	Bor Madeninin Stratejik Önemi.....	52
3.10	Bor Cevherlerinin Endüstrideki Kullanımı.....	55
3.10.1	Cam ve Seramik Sanayi.....	56
3.10.2	Sabun ve Deterjan Sanayi.....	57
3.10.3	Yanmayı Önleyici(Geciktirici) Maddeler Sanayi.....	57
3.10.4	Metalurji Sanayi.....	58
3.10.5	Tarım Sektörü.....	58
3.10.6	Nükleer Sanayi.....	59
3.10.7	Sağlık Sektörü.....	59
3.10.8	Diğer Kullanım Alanları.....	59
3.11	Özel Bor Ürünleri.....	62
4.	TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİ ve MADEN KAYNAĞI BOR.....	66
4.1	Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi.....	66
4.2	Enerji Hammaddesi Olarak Bor.....	68

4.2.1	Boranlar.....	70
4.2.2	Hidrojen Taşıyıcı Olarak Bor.....	70
4.2.2.1	Millenium Cell ve Hydrogen on Demand Projesi.....	70
4.3	İleri Teknoloji Malzemesi Olarak Bor.....	74
5.	SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME.....	75
5.1	Genel	75
5.2	Politik.....	75
5.3	Ekonomik.....	75
5.4	Stratejik	77
6.	TEKLİFLER.....	80
	KAYNAKLAR.....	83
	EKLER	
Ek A	Araştırmada Kullanılan Temel Kavramların Tanımları.....	85
	ÖZGEÇMİŞ.....	88

BİRİMLER ve KISALTMALAR

Bcm	: Milyar metre küp
Bcma	: Yıllık milyar metre küp
Tep	: Ton petrol eş değeri
Btep	: Bin ton petrol eş değeri
Bton	: Bin ton
Ej	: Eksajul = 22.7 Mtep
Gt	: Milyar ton
Gtep	: Milyar ton eş değer petrol
GW	: Gigawatt veya bir watt x 109
Gwh	: Gigawatt-saat, milyon kWh
J	: Joule = 0.2388 cal
K	: Kelvin derecesi (0° = 273 K)
Kgpe	: Kilogram petrol eş değeri
KWh	: Kilowatt-saat
LNG	: Sıvılaştırılmış doğal gaz
LPG	: Sıvılaştırılmış petrol gazı
Mb/d	: Milyon varil/gün
Mcm	: Milyon metre küp
Mt	: Milyon ton
Mtep	: Milyon ton petrol eş değeri
MW	: Bir watt x 106, 1000 kW
TW	: Tetra watt, veya bir watt X 109
TWh	: Tetra watt-saat = milyar kWh
TET	: Ton eş değer taşkömürü = 0.67 tep
W	: Watt = J/s = 0.8598 kcal/h
G (Giga)	: 10 ⁹ (milyar)
M (Mega)	: 10 ⁶ (milyon)
T (Tetra)	: 10 ¹²
AIOC	: Azerbaycan Uluslar Arası Petrol Şirketi
ASEAN	: Association of South East Asian Nations: Güney Doğu Asya Ülkeleri Birliği
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BTC HPBH	: Bakû- Tiflis- Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı
BTU	: British Termal Unit (İngiliz Isı Birimi)
CPC	: Kazakistan Boru Hattı Şirketi
EIA	: Energy Information Administration (ABD Enerji Bakanlığı'na bağlı Enerji Bilgi Merkezi)
MEP	: Ana İhraç Boru Hattı
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
RF	: Rusya Federasyonu
SOCAR	: Azerbaycan Millî Petrol Şirketi
TPAO	: Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Kömür (Termik) Santrali.....	11
Şekil 2.2	Petrol Santrali.....	13
Şekil 2.3	Doğal Gaz Çevrim Santrali.....	15
Şekil 2.4	Dünya Kömür-D.Gaz-Petrol (Fosil Yakıt) Rezervleri.....	16
Şekil 2.5	Dünya Petrol Rezervleri Dağılımı.....	17
Şekil 2.6	Dünya Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı.....	18
Şekil 2.7	Dünya Kömür Rezervleri Dağılımı.....	19
Şekil 2.8	Dünya Petrol Üretimi.....	20
Şekil 2.9	Bazı Ülkelerin Petrol Üretimi.....	20
Şekil 2.10	Dünya Kömür Üretimi (2002).....	21
Şekil 2.11	Dünya Fosil Yakıt Tüketimi (2002).....	22
Şekil 2.12	Bölgelere Göre Yakıt Üretimi Ve Tüketimi (2002).....	23
Şekil 2.13	Dünya Petrol Ticaretindeki Makro Hareketler.....	24
Şekil 2.14	Dünya Doğal Gaz Ticaretinde Makro Hareketler 2002.....	25
Şekil 2.15	Hidrolik Enerji.....	25
Şekil 2.16	Jeotermal Enerji.....	26
Şekil 2.17	Güneş Enerjisi (Bahçe, Ev, Bisiklet).....	28
Şekil 2.18	Güneş Kolektörü.....	28
Şekil 2.19	Rüzgâr Enerjisi.....	29
Şekil 2.20	200 W ile 30 KW Arasında Elektrik Üreten Rüzgar Türbini.....	30
Şekil 2.21	Biyokütle (Biomass) Enerjisi.....	30
Şekil 2.22	Biyogaz Enerjisi.....	32
Şekil 2.23	Hidrojen Enerjisi.....	35
Şekil 3.1	Bor'un Kristal Yapısı.....	44

Şekil 3.2	Boraks'ın Mineral Hali.....	46
Şekil 3.3	Kernit'in Mineral Hali.....	46
Şekil 3.4	Uleksit'in Mineral Hali.....	47
Şekil 3.5	Kolemanit'in Mineral Hali.....	47
Şekil 3.6	Pandermit'in Mineral Hali.....	48
Şekil 4.1	SR-71 "Blackbird"3,2 Mach- Mig 25- Foxbat.....	70
Şekil 4.2	Detroit Otomobil Fuarı (2001), Daimler-Chrysler tarafından tanıtılan araç.....	73

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Dünya Kömür-D.Gaz-Petrol (Fosil Yakıt) Rezervleri.....	16
Tablo 2.2 Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilme Süreleri (Yıl).....	17
Tablo 2.3 Dünya Fosil Yakıt Üretimleri (2002).....	19
Tablo 2.4 Dünya Fosil Yakıt Tüketimleri (2002).....	22
Tablo 2.5 Dünya Fosil Yakıt Üretimi ve Tüketimi (2002).....	23
Tablo 2.6 Jeotermal Enerji Grupları.....	27
Tablo 2.7 Bölgelere Göre Güneş Yıllık Güneşlenme Durumu.....	39
Tablo 3.1 Bor'un Fiziksel ve Kimyasal Bazı Özellikleri.....	43
Tablo 3.2 Türkiye Bor Mineralleri.....	49
Tablo 3.3 Türkiye Bor Rezervi.....	50
Tablo 3.4 Ürün Cinsine Göre Üretim Kapasitesi.....	50
Tablo 3.5 Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları.....	61
Tablo 4.1 Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Tüketim Miktarı.....	66
Tablo 4.2 Elektrik Enerjisi Tüketim Dağılımı.....	68
Tablo 4.3 Enerji Kaynakları ve Enerji Değerler.....	69
Tablo 4.3 Bor İçerikli İleri Teknoloji Malzemeleri.....	74

ÖNSÖZ

Yapılan değerlendirmeler ışığında enerji konusunda gerçekleştirilen arayışlar, bugün enerji konusunu acil olarak çözülmesi gereken bir problem olarak ortaya koymaktadır. Bu noktada uygulanması gereken ve kaynakların optimum yararlarla kullanılabilmesi için vazgeçilmez olan en temel unsur ise planlamadır. Planlamaya esas teşkil edecek stratejinin geliştirilmesi ise tez kapsamında problem durumu olarak ele alınmıştır.

Bu tezde; yeryüzündeki tüketilebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin mevcut durumunun ve gelecekte yararlanılabilirliğinin ortaya konularak dünyanın gelecekteki enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmesine yönelik politikalar ve girişimler çerçevesinde Türkiye'nin durumu incelenmiş, alternatif enerji kaynakları üzerinde durulmuş, ve artan enerji ihtiyacı karşısında Türkiye'nin uygulaması gereken stratejinin ve alınması gereken tedbirlerin belirlenmesine yönelik alternatif çözümlerin sunulması amaçlanmıştır. Geleceğin en önemli enerji kaynağı olarak görülen bor madeninin Türkiye için önemi vurgulanmaya çalışılmış ve bu madenden en üst düzeyde istifade etmenin yolları araştırılmıştır.

Yaşamımızın vazgeçilmez bir unsuru haline alan enerji, 20'nci yüzyılın ikinci yarısından itibaren ekonomik kalkınmayı da en fazla etkileyen unsurlardan biri olmuştur. Günümüzde çağın teknolojik gelişmelerinin gündelik yaşantımıza girmesi ile geçmiş yıllara oranla artış gösteren enerji ihtiyacının gelecekte nasıl karşılanabileceği sorusu, ülkeleri yeni arayışlara itmiştir. Bu arayışlar ile enerji, ülkeler arası güç mücadelelerinin ve aynı zamanda iş birliğinin önemli bir unsuru olmuş, uluslararası bir boyut kazanmıştır.

ÖZET

Bu çalışmada enerji ve enerji kaynakları üzerinde durulmuştur. Dünyada ve Türkiye'deki enerji kaynaklarının rezervleri üretim ve tüketim durumları ele alınmıştır. Petrol, doğal gaz ve kömür incelenmiş, bu kaynakların ne kadar ömrünün kaldığı araştırılmıştır. Yapılan çalışmanın neticesinde elde edilen sonuç; ülkelerin yenilebilir enerji kaynaklarına yönelmesi gerektiğidir.

Bu çalışmada Türkiye'nin enerji envanteri çıkarılmıştır. Gelecekte en önemli enerji kaynağı olacak "bor" madeninin ülkemizde rezervlerinin fazla olduğu görülmüştür. Bu madenden çok daha fazla faydalanılabileceği saptanmıştır. Bu nedenle ileriki yıllarda bor madeni ile ilgili çalışmalara önem verilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin jeostratejik konumunun enerji kaynakları potansiyeli ile birlikte değerlendirilmesiyle ulaşılan sonuçların, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını önlemesine ve bu sayede ekonomik ve sosyal kalkınmasına, savunma imkân ve kabiliyetlerini daha da geliştirerek bölgesel gücünü pekiştirmesine ve ulu önder Atatürk'ün gösterdiği çağdaş uygarlık seviyesi hedefine ulaşılması yönündeki çabalara enerji alanında alınabilecek tedbirler çerçevesinde katkı sağlayıcı bir fikir verebileceği değerlendirilmektedir

Anahtar Kelimeler: Alternatif, enerji, bor, stratejik

ABSTRACT

In this thesis, we have examined energy and energy resources. We have dealt with reserve, production and consumption of energy resources. Petroleum, natural gas and coal has been examined in detail and we have tried to determine the life of these resources. At the end of this work the result is; countries need to consider using “renewable” energy resources.

We have determined the inventory of energy resources in Turkey and noticed the high availability of “Boron metal” which is the most important potential source of energy in the future. So we have also examined that boron metal can be used more effectively. This shows us that we need to make more researches on this metal in the following years.

Bearing in mind the geostrategic position and the potential of the energy resources (thus getting independent about this), Turkey can easily improve its economical and social development and defence abilities. This will also strengthen its regional power and lead to reach the “modern civilization target” that Atatürk had shown already.

Keywords: Alternative, energy, boron, strategic

1. GİRİŞ

Hızlı bir küreselleşme sürecinde bulunan dünyada, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimlerinin sürükleyici unsuru ve en temel gereksinimlerinden birisi enerjidir. Bu nedenle de ülke yönetimlerini üstlenenler, enerjiyi kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz yollardan bulmak ve bu kaynakları da mutlaka çeşitlendirmek durumundadırlar. Geleneksel enerji kaynakları ile geri kalmış teknoloji kullanımının doğal çevrede geri dönülmez tahribatlara yol açmaması maksadıyla; yalnız enerji kaynağı teminini ve enerji üretimini temel alan planlamanın yerini, gelişmiş toplumlarda enerji-ekonomi-ekoloji dengesini özenle gözetilen planlama anlayışı ile kaynak çeşitliliğini ve jeopolitik gerçekleri dikkate alan enerji güvenliği modelleri almaya başlamıştır.

Dünya enerji dağılımındaki dengesizlik devam etmektedir. Dünya nüfusunun %20'si dünya enerji üretiminin %80'ini tüketirken, dünya nüfusunun üçte biri ticari enerji kullanımından mahrumdur.

Dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayan petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıt rezervlerinin kullanılabilir süreleri sınırlıdır. Artmakta olan enerji ihtiyacının karşılanması için gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, tüm dünyada mevcut kaynakların verimli kullanılması ve yeni enerji kaynaklarının bulunması arayışı artan bir ivmeyle sürmektedir.

Dünyada fosil yakıt rezervleri hızla tükenmektedir. Mevcut durumda petrolün 40, doğal gazın 62, kömürün ise 216 yıllık ömrü kalmıştır. Bu çerçevede; enerji ihtiyacının yaklaşık % 68'ini ithal ederek karşılayan Türkiye'nin, 2020 yılında enerji ihtiyacının % 75'ini ithal edeceği göz önüne alındığında, yeni enerji kaynaklarına yönelmediği takdirde, gelecek yıllarda bir enerji darboğazına gireceği kaçınılmaz görülmektedir (UTLU, 2005). Enerji darboğazını aşmak için, Türkiye'nin de artık dünyada olduğu gibi alternatif enerji kaynakları arayışı içine girmesi ve en kısa sürede çözüm yollarını bularak uygulamaya geçmesi gerekmektedir.

Petrol ve doğal gaz taşımacılığında, Türk Boğazları'nın kullanılması ile ilgili sorunlar henüz tam olarak çözümlenememiştir. Enerji üretimi ve tüketiminin sebep olduğu çevre sorunları, çevreye duyarlı enerji kaynaklarının teminini ön plana çıkarmaktadır. (ÜLTANIR, 1998)

Yapılan değerlendirmeler ışığında enerji konusunda gerçekleştirilen arayışlar, bugün enerji konusunu acil olarak çözülmesi gereken bir problem olarak ortaya koymaktadır. Bu noktada uygulanması gereken ve kaynakların optimum yararlar

kullanılabilmesi için vazgeçilmez olan en temel unsur ise planlamadır. Planlamaya esas teşkil edecek stratejinin geliştirilmesi ise tez kapsamında problem durumu olarak ele alınmıştır.

Bu tezde; yeryüzündeki tüketilebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin mevcut durumunun ve gelecekte yararlanılabilirliğinin ortaya konularak dünyanın gelecekteki enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmesine yönelik politikalar ve girişimler çerçevesinde Türkiye'nin durumu incelenmiş ve artan enerji ihtiyacı karşısında Türkiye'nin uygulaması gereken stratejinin ve alınması gereken tedbirlerin belirlenmesine yönelik alternatif çözümlerin sunulması amaçlanmıştır. Özellikle alternatif enerji kaynakları arasında birçok bilim adamınca alternatifsiz olarak gösterilen bor madeni (hem hidrojen enerjisi üretiminde bir hidrojen taşıyıcı olarak, hem de tek başına bir enerji kaynağı olarak) her bakımdan incelenerek, kullanım alanları araştırılmış ve Türkiye için gelecek yıllarda oluşturabileceği büyük ve önemli potansiyel üzerinde durulmuştur.

Yaşamımızın vazgeçilmez bir unsuru halini alan enerji, 20'nci yüzyılın ikinci yarısından itibaren ekonomik kalkınmayı da en fazla etkileyen unsurlardan biri olmuştur. Günümüzde çağın teknolojik gelişmelerinin gündelik yaşantımıza girmesi ile geçmiş yıllara oranla artış gösteren enerji ihtiyacının gelecekte nasıl karşılanabileceği sorusu, ülkeleri yeni arayışlara itmiştir. Bu arayışlar ile enerji, ülkeler arası güç mücadelelerinin ve aynı zamanda iş birliğinin önemli bir unsuru olmuş, uluslar arası bir boyut kazanmıştır.

Genelkurmay Başkanı Org. Hilmi ÖZKÖK, 20 Nisan 2005 tarihinde Harp Akademileri Komutanlığı'nda verdikleri konferansta; "Şu anda bazı noktalarda anlaşmazlıkları olsa da, küresel aktörlerin Orta Doğu ile ilgili olarak aralarında belirli bir ortak anlayış mevcuttur. Gelecekte bu bölgede küresel bir kırılma, enerji kaynaklarının paylaşımı konusunda yaşanabilir. Çünkü bu bölge dünyadaki enerji kaynaklarının % 60'ına sahiptir." ve "Türkiye'nin Avrupa Birliği (AB) üyeliği konusunda tereddüt yaşayanlar, gerekçe olarak Türkiye'nin kriz bölgelerine yakın olduğunu, AB'ye girerse AB'nin de bu bölgelere komşu olacağını ileri sürmekteydiler. Ancak şimdilerde bütün bu düşünceler değişmiştir. Şimdi herkes kriz bölgesine yakın olmanın kötü değil, iyi olduğunun farkındadır. İşte bu nedenle; NATO, ABD veya müttefikler Irak'talar, Afganistan'dalar." ifadeleriyle enerjinin günümüzdeki jeostratejik önemini vurgulamıştır.

Gelişmiş ülkelerin yeni enerji kaynakları arayışları, mevcut ve potansiyel enerji kaynaklarına ve bu kaynakların ulaştırma yollarının kontrolüne olan ilgiyi artırmıştır. Bu ilgi alanının en iyi şekilde değerlendirilmesi ve yönlendirilmesi, ülkelerin gelecekteki enerji

ihtiyaçlarının karşılanması sorununu hafifletecek ve ülkeler arası güç dengelerinin yeniden şekillendirilmesinde avantaj sağlayacaktır.

Bu kapsamda Türkiye'nin konumunu şu şekilde özetlemek mümkündür: Türkiye, bilinen ve işletilebilir enerji kaynakları bakımından yetersiz, enerji ithal eden ve gelişmiş ülkelerin uyguladıkları enerji politikalarına bağımlı bir ülkedir. Ancak, Türkiye aynı zamanda, Orta Doğu ve Kafkas petrol ve doğal gaz kaynaklarına yakınlığı nedeniyle bir enerji köprüsü konumundadır. Diğer taraftan Türkiye, geleceğin enerji kaynakları olarak gösterilen hidrojen, bor ve toryum gibi enerji kaynakları yönünden zengin bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin bu potansiyelini harekete geçirmesi için tutarlı bir enerji politikasına ihtiyacı vardır.

Yapılan araştırma ile; söz konusu politikaların geliştirilmesine ve uygulamaya geçirilmesine ışık tutacak stratejilerin neler olabileceği üzerinde durulmuş ve alınabilecek tedbirler konusunda teklifler sunulmuştur. Çalışma kapsamında Türkiye'nin jeostratejik konumunun enerji kaynakları potansiyeli ile birlikte değerlendirilmesiyle ulaşılan sonuçların, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını önlemesine ve bu sayede ekonomik ve sosyal kalkınmasına, savunma imkân ve kabiliyetlerini daha da geliştirerek bölgesel gücünü pekiştirmesine ve ulu önder Atatürk'ün gösterdiği çağdaş uygarlık seviyesi hedefine ulaşılması yönündeki çabalara enerji alanında alınabilecek tedbirler çerçevesinde katkı sağlayıcı bir fikir verebileceği değerlendirilmektedir.

Enerji konusu, önemi itibarıyla yurt içinde ve yurt dışında çok geniş bir araştırma alanı olarak görülmüş ve konunun her bir alt sistemine yönelik pek çok inceleme gerçekleştirilmiştir. Bu tezde konu, enerji ile ilgili alt sistemlerdeki problem sahalarına ve teknik değerlendirmelere girilmeksizin, daha çok konunun bütününe içerecek şekilde incelenmiş, Türkiye'nin bugün ve gelecekteki enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik uygulanması gereken genel strateji ve bu strateji kapsamında alınması gereken tedbirler askeri politik değerlendirmelerde dikkate alınabilecek yönleri itibarıyla araştırılmıştır.

Bu araştırmada; konu ile ilgili olarak Boğaziçi Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi kütüphanesindeki bilimsel dergi ve periyodik yayınlar ile internet üzerinden hizmet veren kütüphane bağlantılı yerli ve yabancı bilgi bankalarından, Harp Akademileri Komutanlığı yayın ve çalışmalarından, Genelkurmay Başkanlığı Stratejik Araştırma ve Etüt Merkezi (SAREM)'nin yayınlarından, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı, TÜBİTAK, TÜSİAD, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi gibi kurum ve kuruluşlar ile birlikte Faydalanılan Kaynaklar bölümünde belirtilen çalışmalardan istifade edilmiş, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji

Enstitüsü ile görüşmeler yapılmış ve internet ortamında yer alan konu ile ilgili gelişmeler takip edilerek çalışmaya yansıtılmıştır.

Araştırmada; Harp Akademileri Komutanlığı'nda, 15–16 Ocak 2004 ve 26–27 Ocak 2005 tarihlerinde icra edilen “Dünya ve Türkiye’deki Enerji ve Su Kaynaklarının, Ulusal ve Uluslar Arası Güvenliğe Etkileri” konulu sempozyumlardan, TÜBİTAK’ın Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi kapsamında hazırladığı 24 Ocak 2003 tarihli “Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Ön Raporu”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi tarafından yayımlanan 2004 tarihli “Enerji Raporu”, Aralık 1998 tarihli ve “21’inci Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi” konulu TÜSİAD Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı tarafından hazırlanan VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesinin IX. Enerji Kongresi Sonuçları ve Energy Information Administration tarafından yayımlanan “Energy Outlook 2005” özellikle istifade edilen kaynaklar olmuştur.

Bu kaynaklar başta olmak üzere; birçok kitap, tez, dergi, makale ve internet sitesinden toplanan veriler ile hazırlanan üçüncü bölüm araştırmanın zeminini teşkil etmiştir.

Yapılan literatür taramasında tez konusu ile ilgili aşağıda belirtilen araştırma, inceleme, rapor, tez, sempozyum ve dokümanlara rastlanmıştır. “Dünya ve Türkiye’deki Enerji ve Su Kaynaklarının, Ulusal ve Uluslar Arası Güvenliğe Etkileri” konulu sempozyumlar, Harp Akademileri Komutanlığı, 15–16 Ocak 2004 ve 26–27 Ocak 2005.

Türkiye Borat Yatakları Sempozyumu, İTÜ, 16 Mart 2001. Enerji Kaynakları Sempozyumu Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü 13–15 Nisan 2000. Kırka Bor İşletmesi Atık Göletlerindeki Sulardan Bor Kazanılması, Yüksek Lisans Tezi, Maden Müh. Ozan KÖKKILIÇ, İTÜ, 2003. Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Jeoenerjetik Konumu, Yüksek Lisans Tezi, İnş. Müh. Gümrah HÜRDOĞAN, İTÜ, 2005. “21’inci Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi” konulu TÜSİAD Raporu, Aralık 1998. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Devlet Planlama Teşkilatı.

Yapılan literatür taramasında tez konusu ile ilgili yurtdışında aşağıda belirtilen kaynaklarda çok sayıda makale, inceleme, araştırma, rapor ve istatistik içeren çalışmalara rastlanmıştır:

2. ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji; kimyasal enerji, ısı enerjisi, mekanik enerji ve elektrik enerjisi olarak dört temel şekilde kullanılmaktadır. Aslında her maddenin bileşiminde, belli bir miktar enerji, yani iş yapabilecek güç vardır. Güneş, petrol, kömür, odun, rüzgâr ve akarsular gibi belirli enerji kaynaklarından ekonomik olacak şekilde enerji üretilebilir. Değişik yöntem ve teknikler kullanılarak, ekonomik amaçlarla enerji elde edilen kaynaklara, genel bir terimle enerji kaynakları denir.

Enerji kaynakları çok değişik biçimlerde (madde hali, depo edilebilirlik, dönüştürülebilme, yenilenebilirlik, kullanılabilirlik, güneş temelli gibi) sınıflandırılabilir. Daha çok kullanılabilirliğine ve yenilenebilirliğine göre yapılan sınıflandırma yaygındır. Buna göre enerji kaynakları; “Birincil (Konvansiyonel) Enerji Kaynakları” ve “İkincil (Dönüştürülmüş) Enerji Kaynakları” olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Bunun yanı sıra, potansiyeli mevcut olan ve teknolojik güçlükler sebebiyle yeni faydalanılabilen enerji kaynaklarına ‘yeni’, potansiyeli eksilmeyen kaynaklara da ‘yenilenebilir’ enerji kaynakları denilmektedir. Bu sınıflandırmada, kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer gibi enerji kaynakları “Yenilenemeyen” kategorisindeyken, güneş, rüzgâr, biyomas ve su gücü gibi kaynaklar “Yenilenebilir” türünde ifade edilmektedir. (BİRLİKBAŞ, 2001)

Çoğu alternatif enerji kaynakları “yenilenebilir “ olarak kabul edilirler. Fakat kesinlikle hepsi birden bu kelimeyle eş anlamlı değildirler. Örneğin, bunlar arasında sayılan odun ve jeotermal güç “yenilenemez” birer enerji kaynağıdır; buna karşılık, hidroelektrik güç yenilenebilir olduğu halde, hiçbir zaman alternatif enerji kaynağı olarak kabul edilmez. Buna rağmen alternatif enerjilerden çoğu kez sonsuz kaynaklar olarak da söz edilir. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi alternatif enerji kaynaklarının başlıcalarıdır. Hidrojen enerjisi son yıllarda kaydedilen teknik mesafelerle daha da ciddiye alınan önemli bir seçenek durumuna gelmiştir.

2.1 ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI

Yukarıda belirtilenden farklı enerji sınıflandırmaları da mevcuttur. Bu sınıflandırma yöntemleri;

a. Yeraltı ve Yerüstü Kaynakları Olup Olmayışlarına Göre

(1) Yeraltı Enerji Kaynakları

Çeşitli kömürler, petrol, doğal gaz, termonükleer petrol, jeotermal kaynaklar, şistler (katran türevleri), nükleer enerji kaynakları bu kapsama girmektedir. Uranyum ve toryum gibi metalik olanlarla, jeotermal kaynaklar hariç, bunlara fosil enerji kaynakları da denir.

Çünkü organik bazı kaynakların, belli jeolojik zamanlarda ve devirlerinde, fosilleşmeleri sonucu oluşmuşlardır.

(2)Yerüstü Enerji Kaynakları

Ormanlardan sağlanan yakacak odun, biyomas kaynakları, tezek, kültürel bitkilerin çeşitli artıkları ve benzerleri olarak sayılmaktadır. Ama en önemlileri hidrolik kaynaklar olup, tükenmez kaynaklar olarak ayrıca büyük önem taşırlar.

Yeni Enerji Kaynaklarının en önemlileri; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyogaz enerjisi gibi kaynaklardır. Tüm enerji kaynaklarının esasını oluşturan güneş, dev bir nükleer füzyon (bölünme) reaktörü olarak adlandırılmaktadır. Dünyanın tüm ihtiyacının, sınırsız olarak bu kaynaktan sağlamanın mümkün olacağı ileri sürülmektedir.

b. Kullanışlarının Yeni ve Eski Oluşlarına Göre

(1) Konvansiyonel Enerji Kaynakları

Birincil kaynaklar, primer kaynaklar, yenilenemez kaynaklar gibi adlar da verilir. Klasik, alışılmış veya geleneksel anlamında olan konvansiyonel enerji kaynakları terimi günümüzde daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu grup enerji kaynaklarının en dikkat çekici özelliği, yenilenemez olmaları, yani bir kez kullanılabilmeleri ve tükenir olmalarıdır.

(2) Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Bu kaynaklardan beyaz kömür kaynakları (su gücü) hariç, diğerlerinden yakın bir zamanda (1900'lerden sonra) kısmen yararlanılmaya başlanmıştır. Diğer yenilenebilir ve aynı zamanda da kullanılış tarihleri yeni olan kaynaklar; güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyomas enerji kaynakları, rüzgâr ve dalga (gel-git) enerjisi gibi kaynaklardır.

c. Madde Haline Göre :

Katı Yakıtlar: En klasiklerinden olan odun ve çeşitli kömürler (antrasit, taş kömürü, linyit, turba) bu gruba girer.

Sıvı Yakıtlar: Ham petrol ve bunun türevleri (gaz yağı, benzin, motorin-mazot) gibi yakıtları ifade eder.

Gaz Yakıtlar: Doğal gaz ve metan, bütan, propan gibi gazlardır.

ç. Oluştukları Kökenlere Göre

(1) İnorganik Kökenli Olanlar

En tipik örnekleri uranyum ve toryum metalleri grubudur.

(2) Organik Kökenli Olanlar

Kömürler fosilleşmiş olarak organik tortul kayaçlar (taşlar) dır. Jeolojik zamanlarda yetişmiş olan dev yapılı çeşitli bitkilerin zamanla yer kabuğu katmanları içinde kalarak fosilleşmeleri sonucu oluşmuşlardır. Aynı şekilde petrol de, organik kökenli olarak kabul

edilmektedir. Sığ denizler ve bunların kara içlerine doğru sokulmuş olan koylarında, kum ve çamurlar ya da bölümler arasında çökelmiş mikroskobik bitkisel kalıntılar ve çeşitli deniz hayvanlarının (sünger, mercan ve omurgalılar gibi) fiziksel ve kimyasal değişmelere uğraması sonucu, bugünkü petrol yataklarının oluştuğu sanılmaktadır. Odun, biyogaz, biyokütle ve benzeri enerji kaynakları da organik kökenlidir.

2.2 STRATEJİK ENERJİ KAYNAKLARI

20'nci yüzyılda dünyada yaşanan en büyük değişiklik kuşkusuz küreselleşme eğilimlerinin ortaya çıkmasıdır. Uluslar arası ulaşım ve iletişim araçlarının gelişmesi, uluslar arası ticaret ve sermayenin dolaşımında engellerin azaltılması, ayrıca en önemlisi tüm dünyada gittikçe azalan enerji kaynakları ve çok uluslu şirketlerin faaliyetlerinin artması küreselleşmeye hız kazandıran başlıca faktörlerdir.

Ticaret, sermaye hareketleri ve teknoloji akımının uluslar üstü bir özellik kazanarak yayılması ve yoğunlaşması milli devlet olgusunu aşmakta, sınır ötesi menfaat gruplarını ve değişik milletlere mensup bireyleri sıkı menfaat bağlarıyla birbirlerine bağlamaktadır.

Günümüzde, hızla küreselleşen ve uluslar arası şirketlerin yoğun olarak faaliyet gösterdiği bir dünya iktisadi arenasında, ülke çıkarları artık yalnızca yakın çevrenin değil bütünüyle çıkar bölgelerinin doğrudan veya dolaylı olarak kontrol edilmesini gerektirmektedir. Kuşkusuz bu durum, ekonomik açıdan güçlü stratejilerle desteklenen, çok iyi tasarlanmış siyasal hedeflerin belirlenmesini gerekli kılmaktadır. Bu hedefler, "güç" kavramıyla doğrudan ilgilidir. "Güç" kavramı bünyesinde konu ile ilgili olan en önemli unsur ise kuşkusuz doğal kaynaklardır. Herhangi bir ülkenin ekonomisi için enerji kaynaklarının dengeli ve güvenli bir şekilde temin edilmesi, özellikle ülke ihtiyacının karşılayamayacak kadar az miktarda veya herhangi bir doğal gaz ve petrol yatağına sahip olmayan ülkeler açısından güvenli enerji arzı ve bu arz kaynaklarının temini, bu ülkelerin ulusal güvenliklerinin de temelini oluşturmaktadır.

Tarih boyunca insanoğlunun yerleşme seçeneklerini belirleyen en temel unsur, yaşamsal enerji kaynaklarına ulaşma güdüsü olmuştur. Toplumların yaşamsal ihtiyaçlarını sağlamak bakımından temel enerji kaynaklarına sahip olmak, bu olmadığı takdirde veya bununla birlikte, kaynakların bulunduğu siyasi coğrafyalar üzerinde kontrole sahip olmak, kaynakların üretilmesinde, farklı amaçlı kullanımlara dönüştürülmesinde ve dağıtımında söz sahibi olmak her dönemde devletleri yönetenlerin en stratejik hedeflerinin başında gelmiştir.

Devletler açısından ortaya konulan en temel hedef, enerji kaynakları ve üretimi bakımından kendi kendine yeterli olmaktır. Enerji kaynakları, üretimi ve tedariki konularında

ne kadar az dışa bağımlı olunursa, o kadar çok güvende olunacağına inanılmaktadır. Enerji bağımsızlığı ile siyasi bağımsızlık ve ulusal güvenlik konuları arasında paralellikler kurulmaktadır. Tarih bu gibi çıkarımları haklı kılacak tecrübelerle doludur. Gelecekte de bu temel prensiplerin çok fazla sarsılmasını beklemek doğru olmayacaktır.

Ancak, özellikle küreselleşme sürecinin ortaya çıkartacağı bazı gelişmeler, bütünleşme hareketleri, modernleşme gibi olgular sonucunda başka konularda olduğu gibi enerji konusunda da devletler arasında çok yönlü iş birliği anlayışının gelişmesi mümkündür. Sözü edilen süreç, yakın ve orta görünür gelecekte enerji alanındaki stratejik rekabetin bugünkünden çok farklı bir tablo arz etmesine yol açmayacak oranda yavaş ilerleyecektir ve muhtemelen de inişli çıkışlı olacaktır.

Günümüzde, enerji ve çevre kirlenmesi denilince, fosil yakıtların yanma emisyonları ve nükleer enerji ilk akla gelmektedir. Dünyanın buzul çağından bu yana ortalama yüzey sıcaklığının 30 °C arttığı hesaplanmakta, bu artışın zaman sürecine bağlı olarak en yüksek hızını son yarım yüzyıl içinde aldığı belirtilmektedir. Dünya küresel sıcaklığındaki artış iki ayrı nedene dayanmaktadır. Birinci neden, enerji tüketiminin direkt etkisidir. İkinci neden, enerji tüketiminin fosil hidro-karbon türü yakıtlara dayalı olması ve fosil yakıt yanma ürünü CO2 gazının atmosferdeki konsantrasyonunun, şimdilik normale göre 1.3 katı artmasından kaynaklanan sera etkisidir.

Atmosferde tehlikeli boyutlara varan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini önlemek ve belirli bir seviyede durdurmak amacı ile 20 Haziran 1992 tarihinde Rio' da yapılan Çevre ve Kalkınma Zirvesi'nde imzaya açılan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşmeye uzun yıllardır taraf olmayan Türkiye 21 Ekim 2003 tarih ve 25266 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan yasa ile taraf olmuştur. Sözleşmenin yükümlülüğü, gelişmiş ülkelerin 2000 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesine indirmek ve gelişme yolundaki ülkelere teknolojik ve mali kaynak sağlamaktır.

Bunun yanı sıra, küresel sera gazı emisyonlarını 2000 sonrasında azaltmaya yönelik yasal yükümlülükler ise, Aralık 1997'de kabul edilen Kyoto Protokolü'nde yer almaktadır. Protokole göre, gelişmiş taraf ülkeler sera gazlarının insan kaynaklı karbondioksit eş değer emisyonlarını 2008–2012 döneminde 1990 düzeylerinin en az % 5 altına indirmekle yükümlü olacaktır.

Dolayısıyla, çevreye ilişkin tüm mevzuatın uygulanması ve denetimine işlerlik kazandırılması ile termik santral yatırımlarında olumsuz çevre etkilerinin en aza indirilmesi için gerekli teknik ve yönetsel önlemlerin alınması önem kazanmaktadır.

Stratejik enerji kaynakları kömür, petrol, doğal gaz ve bunların yan ürünleri olarak sıralanabilir. Tarih öncesi çağlarda (300–350 milyon yıl önce) bitki, ağaç ve diğer organik unsurların kalın toprak katmanları arasında sıkışıp, yüksek basınç ve sıcaklıkta fosilleşmesi sonucu meydana geldikleri için, bu enerji kaynakları fosil yakıtlar olarak da isimlendirilirler. Dünya elektrik ihtiyacının % 66'sı, tüm enerji ihtiyacının (ısıtma, ulaşım, elektrik) % 95'i fosil yakıtlarla karşılanır. Fosil yakıtların kaynaklarından çıkarılması, enerji formlarına dönüştürülmesi, taşınması ve depolanması oldukça kolaydır ve bu işlemler için gerekli altyapı dünya sanayi devriminden başlayarak bugüne dek tamamlanmıştır. Bütün bunların sonucu olarak fosil kaynaklardan elektrik üretimi maliyeti 2-4 cent/KWh gibi düşük bir oranda kalmaktadır. Ancak fosil kaynakların sayısız avantajının yanında birtakım ciddi eksiklikleri de mevcuttur. Karbon ve hidrojen zengini oldukları için yakılmaları neticesinde, sera etkisine sebep olan karbondioksit, metan, karbon monoksit gibi gazlar oluşur, ayrıca fosil yakıtların bünyesinde bulunan kükürt zamanla kükürt di oksit'e; azot ise azot oksitlere dönüşür ve bu gazlar asit yağmurlarına sebebiyet verir. Ayrıca yapılarında bulunan cıva da yakılma sonucu serbest kalır ve atmosfere karışır. Görüldüğü gibi fosil yakıtlar etkili enerji kaynakları olmalarına rağmen, ciddi olumsuz çevresel etkilere sebebiyet vermektedir. Fosil yakıtların bir diğer eksikliği de er geç tükenecek olmalarıdır. En iyi tahminlerle doğal gaz ömrü 40-50, petrol ömrü 50-60, kömür ömrü 150-200 yıl arasında değişmektedir. Fosil yakıtların dolaylı olumsuz etkileri de mevcuttur. Bunlar ülkelerin enerji alanında dışa bağımlılığı, enerji savaşları ve gerginlikleri olarak sıralanabilir.

2.2.1 Kömür

Kömür, fosil yakıtların % 28-30'unu teşkil eder ve 5700 kcal/kg'lık maden kömüründen (yüksek ısı değeri nedeniyle demir ayrıştırıcı kulelerde kullanılan kok kömürü imalatında kullanılır) antrasit (yavaş ve dumansız yanan çok katı kömür) ve bitümlü kömüre, 4165 kcal/kg'lık linyit ve esmer kömürden "peat" kömürüne (yanıcı, yumuşak, poroz ve su içeriği yüzde doksana varan kömür ikamesi bir malzeme), kok kömüründen (kömürden gaz ve nemin yüksek sıcaklıkta uzaklaştırılmasıyla elde edilir) LSKB'ye (kömür tozunun yüksek basınçta bloklaştırılmış hali) kadar bütün maddelere verilen ortak addır.

Sanayi devrimiyle birlikte yoğun olarak kullanılmaya başlanan kömür, elektrik üretimi için kullanılan ilk fosil yakıttır. Halen tüm dünya elektrik üretiminin % 40'lık kısmı kömürden elde edilmektedir. Amerika ve İngiltere'de bu rakam % 50, Hindistan'da % 70 civarındadır. Şekil 2.1' de bir kömür santrali verilmiştir. Kömürden elektrik üretimi birkaç kademedir oluşur. Öncelikle kömür yüzeyden veya yeraltı madenlerinden çıkarılmalı ve

pisliğinden arındırılmalıdır. İkinci aşamada temizlenen kömür kamyon, tren vagonu veya konteynerle santrale taşınmalıdır. Son adım santralde kömürün yakılıp elektrik ve ısı elde edilmesidir. Termik santrallerde yakılan kömürden elde edilen ısı borulardaki suyu buharlaştırır, kapalı boru sisteminde dolaşan buhar basıncı çok yüksek değerlere ulaşır ve buhar türbinlere yönlendirilir, dönen türbin shaftları elektrik üretimi için jeneratörü harekete geçirir. Türbini geçen su buharı yoğunlaştırıcıda soğutulur ve sistemin döngüsü için tekrar ısıtıcıya gönderilir.

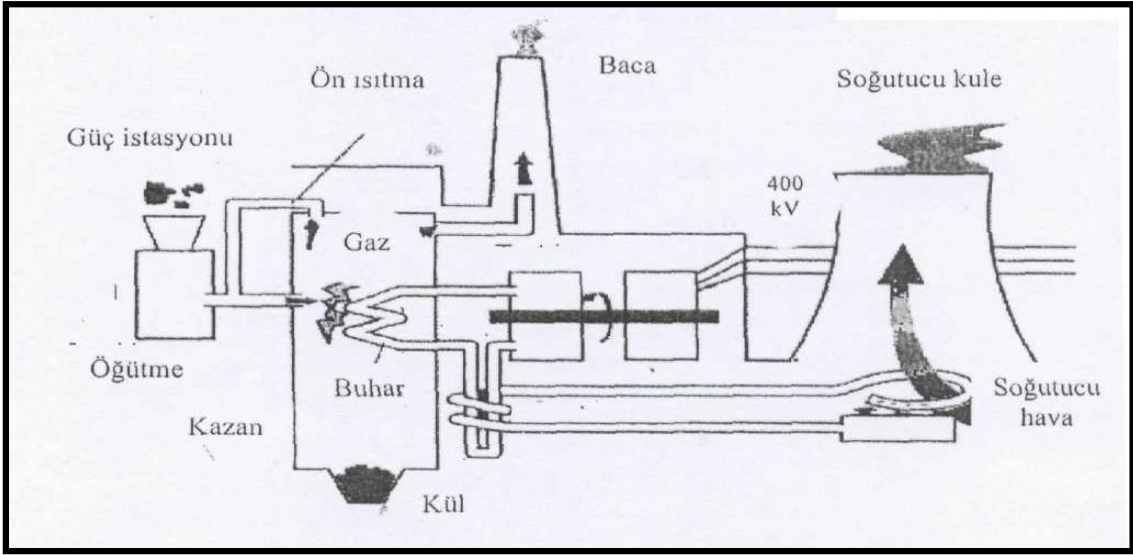
Pratikte, öncelikle kömür daha yüksek verim alınabilmesi için yüzey alanı mümkün olduğunca genişleyecek biçimde ufak toz parçalarına bölünür ve ön ısıl işlem görmüş hava ile karıştırılarak yakıcıya gönderilerek yüksek basınç ve sıcaklıkta (560 °C) süper ısıtılmış buhar elde edilir. Kömürün yakılması sırasında ortaya çıkan uçucu gazlar havanın ve türbinden dönen soğuk suyun ısıtılmasında ek bir kaynak olarak kullanılabilir. Çıkan egzoz gazları ise atmosfere salınır. Kömürle çalışan sıradan, orta büyüklükte bir elektrik santrali bir saatte 260 ton kömür yakar, 500 MW'lık bir santral günde 17 olimpik havuzu dolduracak kadar su tüketir.

Doksanlı yıllarda faaliyete girmiş, ortalama kömür kalori değeri 25-30 MJ/kg olan bir termik santral kömürdeki kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine ortalama % 35 verimle çevirebilir. Bu değer zamanla yakıcıdaki tahribattan kaynaklanan ısı kaybı, kömürün uygun yakılmamasından kaynaklanan hammadde kaybı nedeniyle % 27 değerine kadar gerileyebilir.

Günümüz teknolojisinde verimi artıracak, olumsuz çevresel etkileri minimuma indirecek ve daha düşük kalori değerli kömürlerin yakılmasının önünü açacak teknolojiler mevcuttur ve yaygın olarak iki değişik sistem kullanılmaktadır. Akışkan yatakta alevli yakma (FBC) bu teknolojilerin başında gelir. Akışkan yatak kum, kül, silika gibi havada asılı kalabilen maddelerle doldurulur, yanmayı sağlayacak hava sisteme alttan enjekte edilir, böylelikle yatak türbülanslı bir akışkan gibi hareket eder. Yatak öncelikle ön yakıcılarla ısıtılır ve kömürle sıcaklık 850 °C'ye kadar yükseltilir, kömürün tamamı yakılır ve sıcak uçucu gazlar yüksek basınç altında tutularak türbin pervanelerine yönlendirilir, egzoz gazları ise düşük basınçlı türbinlerde buhar üretiminde kullanılarak toplam verim artırılmış olur. Bu sistem özellikle gaz çevrim santrallerinde kullanılan kojenerasyon sistemiyle aynı doğrultudadır.

Elektrik üretimi dışında tablet kaplama, granülizasyon, kömürün düşük sıcaklıkta karbonizasyonu, üzüm kurutma, kömürün gaz oranının azaltılması, ağır ham petrolün gazlaştırılması gibi birçok alanda kullanılan akışkan yataklar her geçen gün geliştirilmeye devam etmektedir. Akışkan yatağın verimi sıçratma yüksekliğiyle orantılıdır, sıçratma

yüksekliği ise sıcaklıkta ters orantılı olarak değişir. Günümüz kömür teknolojisinde kullanılan akışkan yataklar tekrar sirkülasyonla (RCFB) ve yüksek verimli sistemlerdir. IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) kullanılan bir diğer yaygın teknolojidir. Bu sistemde öncelikle kömür gazlaştırılır ve kireçle karıştırılarak pH seviyesi artırılır daha sonra oksijen-buhar karışımında yakılarak basıncı artırılır ve türbinlere gönderilir, egzoz gazları ise buhar üretiminde kullanılarak ek bir verim sağlanır.



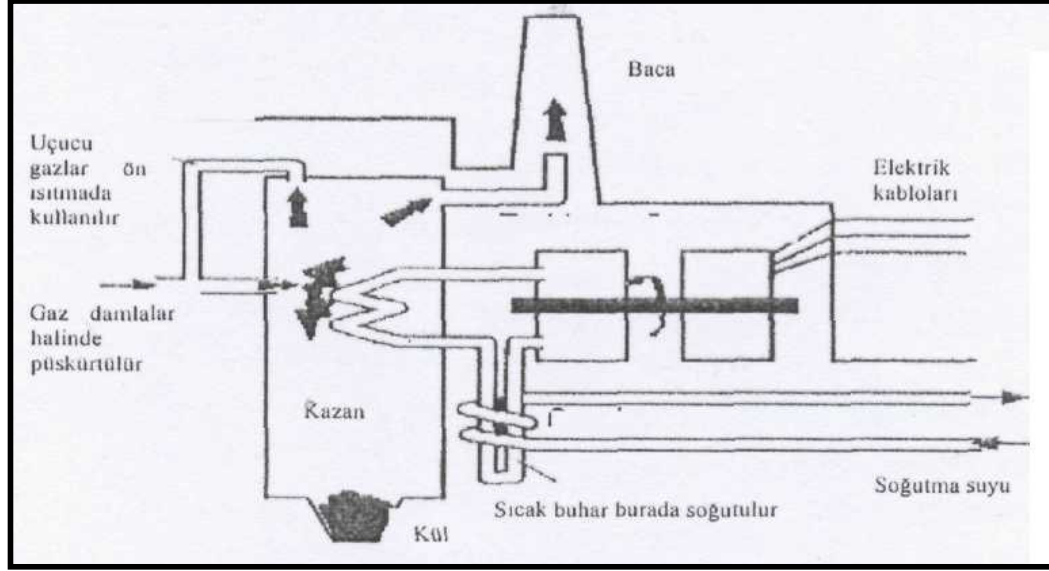
Şekil 2.1 Kömür (Termik) Santrali

Dünyadaki kömür rezervleri 150–200 yıl arasında tükenecek ve çıkarılması ekonomik olmayacaktır. Bu yüzden mevcut rezervlerin en uygun şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Modern kömür termik santrallerinde kömür iyileştirme safhasından sonra sisteme verilir. Bu iyileştirme safhasında kömür toz ve diğer metallere arındırılır ancak bu aşamada kömürün bir kısmı da heba olmaktadır. Bu yüzden bu kaybedilmiş atıklardaki kömürün fiziksel ayrımı ek bir kömür rezervi olarak değerlendirilebilir. İki kademeli bir kurtarma işlemiyle bu iyileştirme santrallerinde kaybedilen kömür parçaları geri kazanılabilir. Birinci kademede “2-propanol” ve “n-dodecone” en uygun şartlarda sırasıyla % 96 ve % 4 oranında karıştırılarak kömür parçalarını atıktan fiziksel olarak ayırabilecek bir karışım elde edilir. İkinci kademede ayrılan kömür parçaları TCLP akışkanlarıyla işleme sokularak metal ve sülfürden arındırılır. Neticede orta kalitede sülfür oranı %1,5 olan kömür tekrar kazanılır. Elektrik üretiminin can damarlarından olan kömür aynı zamanda endüstriyel ve evsel ısıtmada, demir ve çelik endüstrisinde hammadde olarak da kullanılmaktadır.

2.2.2 Petrol

Bir diğerk önemli geleneksel enerji kaynağı olan petrol, fosil yakıtların % 35-40' ını oluşturur. Kabul etmek gerekir ki petrol dünya ekonomisinin can damarıdır. Bugün ABD herhangi petrol krizinde ekonomisinin çökmemesi için, ısınma ve endüstri ihtiyacını belli bir süre karşılayacak 700–750 milyon varil petrolü Meksika Körfezi'ndeki tuz yataklarında ve Kuzey Amerika'da stok olarak tutmaktadır. Dünya elektrik üretiminin % 10'u petrolden sağlanmaktadır. Ancak artan maliyetler ve petrolün diğerk alanlardaki kullanımı bu değeri gün geçtikçe düşürmektedir. 500 MW' lık bir enerji santralinde bir günde 3000 ton ağır fuel-oil yakılmaktadır.

Petrolden elektrik üretimi de birkaç kademededen oluşur. Öncelikle ham petrol rezervlerine daldırılan borulardan basınçla çıkarılır, daha sonra ham petrol işlendiğı rafinerilere gönderilir ve rafinerilerde işlenen petrol enerji dönüşümü için santrallere boru hatları, kamyon, tren veya gemilerle nakledilir. Ulaşım masraflarının azalımı için genelde santraller rafineri yanında ya da limanlara yakın inşa edilir ve sürekli temin için büyük depolama tanklarıyla donatılır. Şekil 2.2' de bir petrol santrali verilmiştir. Petrolle çalışan elektrik santralinde, petrol tam yanmayı sağlayabilmek için hava ile karışık biçimde yakıcı kazana damlalar halinde püskürtülür. Elde edilen ısı kazana monte edilmiş borulardaki suyu buhara çevirir, kapalı boru sisteminde artan buhar basıncı pervaneleri döndürür ve pervaneler jeneratörü uyandırarak elektrik elde edilir. Jeneratörden çıkan buhar yoğunlaştırılarak tekrar sisteme verilir. Verimi artırmak için kazan içindeki en sıcak noktada boruların yüzey alanı artırılarak süper ısıtma sağlanır, yanma sonucu oluşan uçucu gazlar sistemi terk etmeden önce yanma için gerekli havayı ön ısıtmada ve buhar enerjisini artırmada ek bir kaynak olarak kullanılır ve daha sonra sistemi yavaşlatmamaları için bacaya doğru yönlendirilir. Kalori değeri 40–45 MJ/kg olan bir petrol bazlı güç santrali petroldeki kimyasal enerjiyi yaklaşık % 35 verimle elektrik enerjisine çevirebilir. İçten yanmalı motorlarda bu verim % 20 civarındadır.



Şekil 2.2 Petrol Santrali

Petrolün elektrik üretiminde kullanılma eğilimi giderek azalmaktadır, çünkü petrolün daha önemli alanlarda kullanılma ihtiyacı ve mecburiyeti vardır. Petrol bugünkü taşıtlarda % 99 oranında kullanılan tek yakıttır, diğer yakıtlar petrolün çok uzağında kalmaktadır. Örneğin, bir varil petrolün enerji eşdeğeri 157 metreküp gazdır. Ayrıca petrokimya endüstrisinde rafinerilerde işlenen ham petrol sıvı hidrokarbonlardır (NGLs), alkol ve eter gibi hidrokarbon olmayan katkıları ve diğer petrol bazlı hammaddeler; değişik disüstasyon (sıvının buharlaştırılmasına müteakip gazın sıvılaştırılması) değerlerinde parafin serisinin düşük karbonlu üyelerinden olan propan-bütan karışımı LPG'ye, etana, benzine, jet yakıtına, kerosene, gazoline, dizel yakıtı, ısıtmada kullanılan hafif petrole, ağır gaz petrole, 'naptaya' (etilen ve aroma imalatında, leke çıkarıcılarda kullanılır), ağır fuel-oile, petrol kömürüne (çelik endüstrisi, elektrot üretimi ve kimyasal hammadde üretiminde kullanılır), motor yağı, gres yağı, asfalt, katran, sülfür, benzen ve 'polypropylene' dönüştürülür. Enerji dışı uygulamalarda plastik, ilaç ve boya yapımında da petrol yoğun olarak kullanılır.

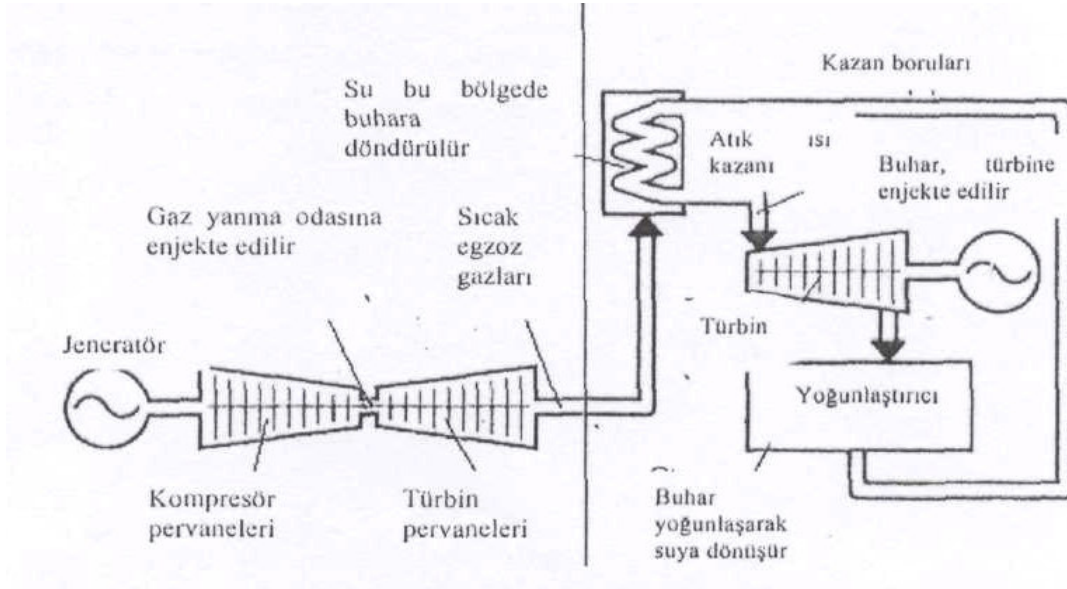
Petrolün kalan ömrünün 50-60 yıl olduğu ve bu süre sonunda petrolü çıkarmanın ekonomik olmadığı düşünülürse, eldeki kaynaklar en uygun olarak kullanılırken özellikle ulaşımda kullanılan yakıt için alternatifler aramak gerekir. Bu alternatifler biyodizel (bitki, hayvan, gres yağları), elektrik, etanol, E 85 (% 85 etanol-% 15 benzin), sıvı hidrojen, gaz hidrojen, metan-hidrit, metanol, M 85 (% 85 metanol-% 15 benzin), propan, LPG, P serisi yakıtlar (% 60 petrol olmayan- % 40 petrol), doğal gaz, sentetik benzin (Syn-Gas), sentetik doğal gaz (SNG) olarak sıralanabilir. Bu kapsamda; bor madeninin de yakıt olarak kullanım alanları araştırılmalıdır.

2.2.3 Doğal Gaz

Çağımızda giderek önemini artıran geleneksel enerji kaynağı doğal gazdır. Fosil yakıtların %15-20'si doğal gaz formundadır. Doksanlı yılların başında popüler olarak kullanılmaya başlanması nedeniyle şu an için dünya elektrik ihtiyacının yalnızca % 10-15'i doğal gaz çevrim santralleriyle karşılanmaktadır. Ancak, ekonomik cazibesi, kolay elde edilişi, borularla gaz halinde ve basınçlı konteynerlarla sıvı halde taşınması, petrol ve kömür santrallerine nazaran çabuk ve ekonomik inşası, diğer geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla daha temiz bir yakıt olması, kojenerasyonla yüksek verim eldesi gibi üstünlükleri sayesinde 2015 yılında elektrik üretiminde doğal gazın kömürü yakalaması beklenmektedir.

Şekil 2.3' de doğal gaz santrali verilmiştir. Doğal gazdan elektrik eldesi de kömür ve petrole benzer kademelerden oluşur. Öncelikle doğal gaz rezervlerinden petrole olduğu gibi borularla çıkarılır ve kömürdeki gibi hidrojen sülfid, helyum, karbondioksit, hidrokarbonlar ve nemden arındırılır, daha sonra sıvılaştırılarak konteynerlarla ya da boru hatlarıyla güç ünitelerine aktarılır. Doğal gazdan elektrik üretimi için iki tip güç santrali kullanılmaktadır. Geleneksel doğal gaz çevrim santralleri açık çevrimlidir (OCGT). Bu sistemde doğal gaz bir yakma odasında devamlı suretle sisteme aktarılan basınçlı havayı ısıtmak için yakılır. Isınan hava ve yanan gaz karışımı ortamda yayılarak buhar türbinini, jeneratörü ve sistemi besleyen kompresörü besler ve işlem tamamlandıca egzoz gazları atmosfere gönderilir.

Bu sistemde ısı kaybı mevcuttur ve 48-50 MJ/kg kalori değerindeki gazla çalışan açık güç ünitesi yaklaşık % 25 verimle çalışır. Günümüzde inşa edilen çevrim santralleri kapalı çevrimlidir (CCGT). Kapalı çevrimde açık sisteme ikinci bir basamak entegre edilir. Bu basamakta, açık çevrimde atmosfere gönderilen egzoz gazları, kapalı çevrimde buhar oluşturmak üzere suyu ısıtır ve türbinleri çeviren basınçlı buhar ekstra elektrik üretir daha sonra yoğunlaştırılarak sisteme geri verilir. Bu sistemde verim benzer koşuldaki açık çevrimin iki katı değerinde yaklaşık % 50 civarındadır. Günümüzde önemini artıran kojenerasyon sisteminde doğal gaz büyük bir rol oynamaktadır.

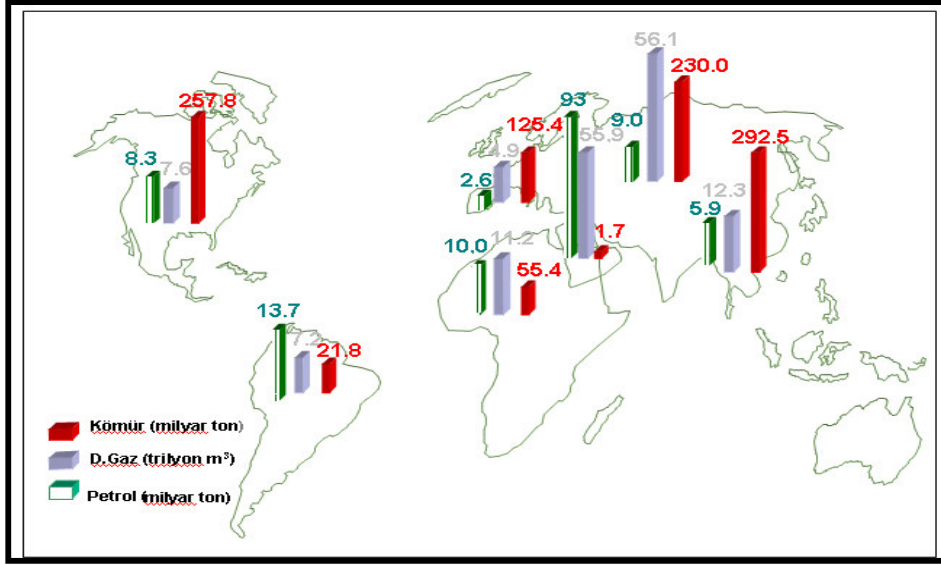


Şekil 2.3 Doğal Gaz Çevrim Santrali

2.3 DÜNYANIN STRATEJİK ENERJİ KAYNAKLARI BAKIMINDAN DURUMU

2.3.1 Rezervler

Bugün için dünya enerji gereksiniminin, yaklaşık % 90'ı fosil kaynaklarla karşılanmaktadır. Enerji alanında etkin olan çeşitli uluslar arası kuruluşların çalışmalarına göre de, en azından önümüzdeki 20 yıllık süreçte, yeni teknolojiler alanında çok köklü değişikliklerin olmaması halinde, fosil kaynaklar toplam payları olan % 90'ı koruyacaklardır. Dolayısı ile, bugün olduğu gibi, önümüzdeki 20 yılda da, alternatif enerji kaynağı arama çabalarının devam edecek olmasına karşın, fosil kaynaklara ve bunun içinde de özellikle gaz ve petrole sahip olma savaşımı, uluslar arası ilişkilerin, önde gelen belirleyici etkenleri arasında yer alacaktır. Ancak bu iki kaynaktan daha fazla rezerv ömrü olan ve dünyadaki dağılımı çok daha homojen olan kömürün daha fazla kullanılması (yaklaşık 260 yıl) ve fiyatlarının da, diğer iki fosil kaynağa göre daha sabit kalması beklenen bir kaynak olduğu kabul edilmektedir. Bu özelliği de kömürün, özellikle arz güvenliği açısından, stratejik bir avantajını oluşturmaktadır.



Şekil 2.4 Dünya Kömür-D.Gaz-Petrol (Fosil Yakıt) Rezervleri

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

Herhangi bir yılın sonunda rezerv olarak geride kalan fosil yakıt miktarının, o yıl içinde yapılan üretim miktarına bölünmesi ile elde edilen rezervlerin kullanılabilme süreleri Tablo 2.2' de verilmektedir. 2002 yılında rezervlerin kullanılabilme süreleri, petrolde 40, doğal gazda 62 ve kömürde 216 yıl olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2.1 Dünya Kömür-D.Gaz-Petrol (Fosil Yakıt) Rezervleri

Bölge	Petrol Milyar Ton	D.Gaz Trilyon m3	Kömür (Milyar Ton)	
			Taşkömürü	Linyit
Kuzey Amerika	8,3	7,6	120,2	137,6
Orta ve Güney Amerika	13,7	7,2	7,8	14,0
Avrupa	2,6	4,9	47,5	77,9
Eski SSCB Ülkeleri	9,1	56,1	97,4	132,6
Ortadoğu	93,3	55,9	1,7	
Afrika	10,0	11,2	55,2	0,2
Asya ve Okyanusya	5,9	12,3	189,3	103,1
TOPLAM DÜNYA	142,9	155,1	519,1	465,4

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

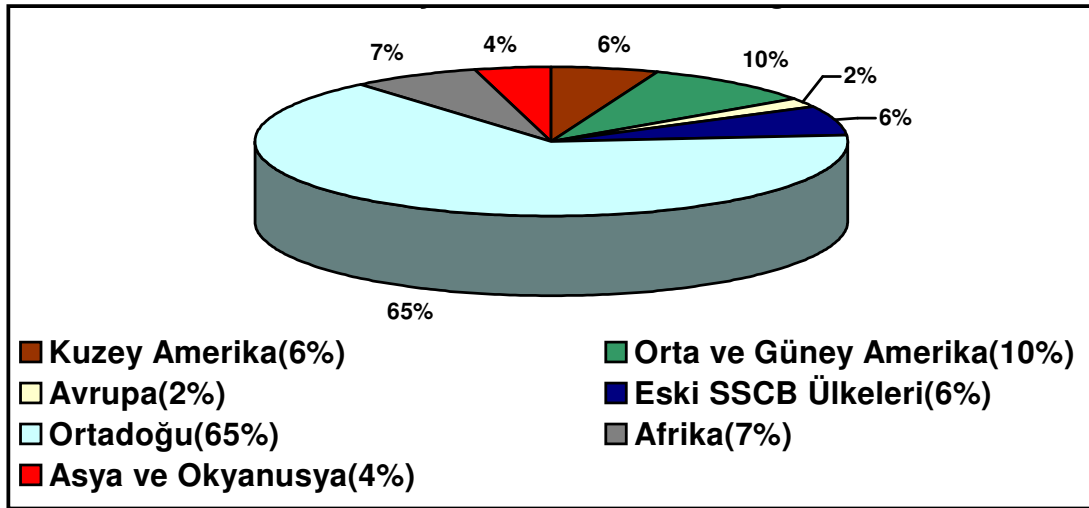
Tablo 2.2 Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilir Süreleri (Yıl)

Bölge	Petrol	D.Gaz	Kömür
Kuzey Amerika	14	10	234
Orta ve Güney Amerika	39	72	381
Avrupa	8	16	167
Eski SSCB Ülkeleri	21	79	>500
Ortadoğu	87	>100	>500
Afrika	27	90	246
Asya ve Okyanusya	16	44	147
DÜNYA ORTALAMASI	40	62	216

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

2.3.1.1 Petrol

2000 yılında 142,5 milyar ton (1046 milyar varil) olarak saptanan dünya petrol rezervi, 2002 yılında çok az bir artışla 143 milyar ton (1050 milyar varil) olarak belirlenmiştir. Dünya petrol rezervlerinde bölgeler itibariyle %65 ile Ortadoğu ülkeleri en büyük payı, ikinci sırayı ise %9 pay ile Orta ve Güney Amerika almaktadır. Petrol rezervlerine ülke bazında bakıldığında Suudi Arabistan %25 ile birinci sırada yer almakta olup, bunu Irak (%11), Birleşik Arap Emirlikleri (%9), Kuveyt (%9), İran (%9) ve Venezuelâ (%7) takip etmektedir.

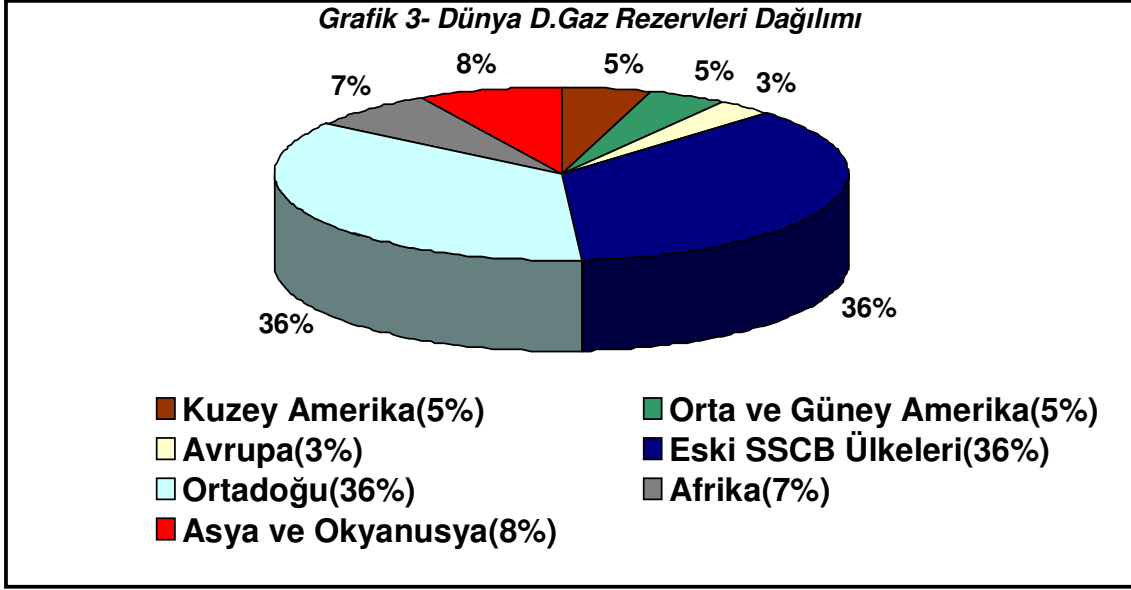


Şekil 2.5 Dünya Petrol Rezervleri Dağılımı

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

2.3.1.2 Doğal Gaz

Dünya doğal gaz rezervi 2002 yılı sonu itibariyle 155,1 trilyon m³ seviyesinde saptanmıştır. Dünya toplamı içerisinde Rusya Federasyonu %31'lik pay ile ülkeler arasında birinci sıradaki yerini korurken, bunun etkisi ile toplam FSU ülkeleri de %36,2'lik pay ile bölgeler arasındaki ilk sırasını korumaktadır. Rusya Federasyonu'nun toplam gaz rezervi 47,57 trilyon m³ olup, bunu 23 trilyon m³ ve %14,8 pay ile İran takip etmektedir. Dünya doğal gaz rezervlerinin kullanılabilme süresi 62 yıl olarak belirlenmiştir.

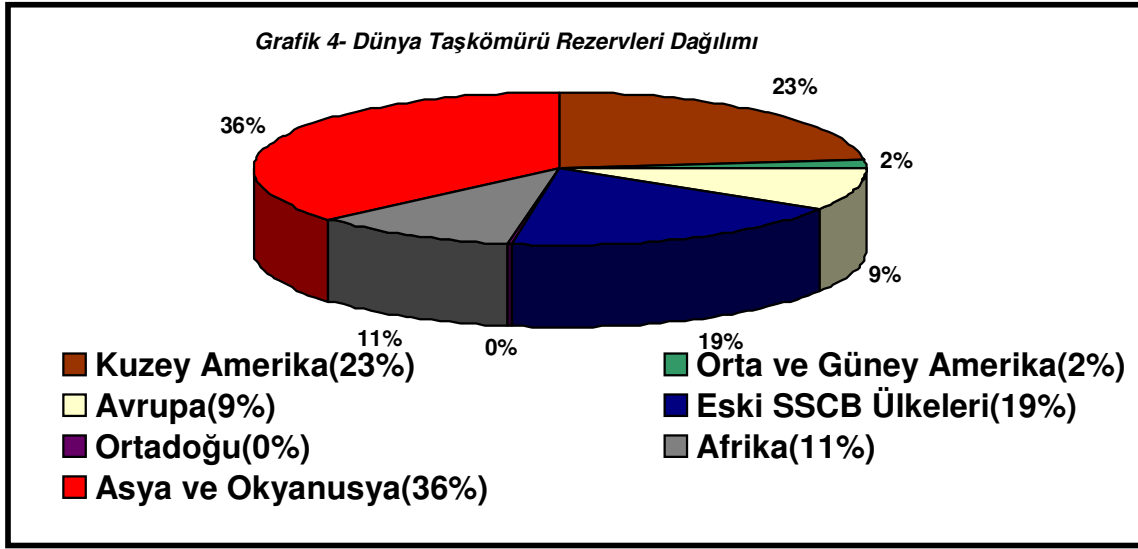


Şekil 2.6 Dünya Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

2.3.1.3 Taşkömürü ve Linyit

Dünyanın görünür taşkömürü rezervleri (antrasit ve bitümlüler dahil) ile, linyit rezerv (subbitümlüler dahil) miktarları 2002 yılında da sırası ile 519,1 milyar ton ve 465,4 milyar ton olarak belirlenmiştir. Bu rezervlerde % 25,4 ile ilk sırayı ABD, Rusya Federasyonu ise %15,9'luk pay ile ikinci sırayı almakta, Çin %11,6, Hindistan %8,6, Avustralya %8,3 ve Almanya %6,7 payla bu ülkeleri takip etmektedir. Türkiye'nin toplam kömür rezervi ise bu rezervler içinde %0,4 pay almaktadır. Dünya kömür rezervlerinin 2002 yılı üretimi göz önüne alındığında yukarıda bahsedilen diğer yakıt cinslerine göre daha uzun süreler kullanılabileceği görülmektedir.



Şekil 2.7 Dünya Kömür Rezervleri Dağılımı

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

2.3.2 Üretimler

Dünyadaki fosil yakıtların durumunu gösteren Tablo 2.3' de verilmiştir. 2002 yılına ait bu tablo incelendiğinde fosil yakıtların geleceği ile ilgili yorumlar yapılabilir. Üretim açısından dünya enerji kaynakları incelendiğinde gelecekte enerji sıkıntısının yaşanacağı açıktır. Enerji kaynaklarının azalması dünya dengelerini sarsmaktadır. Enerji gelecekte en önemli problem olacak ve dünya üzerindeki toplumsal dengeler bu duruma göre düzenlenecektir.

Tablo 2.3 Dünya Fosil Yakıt Üretimleri (2002)

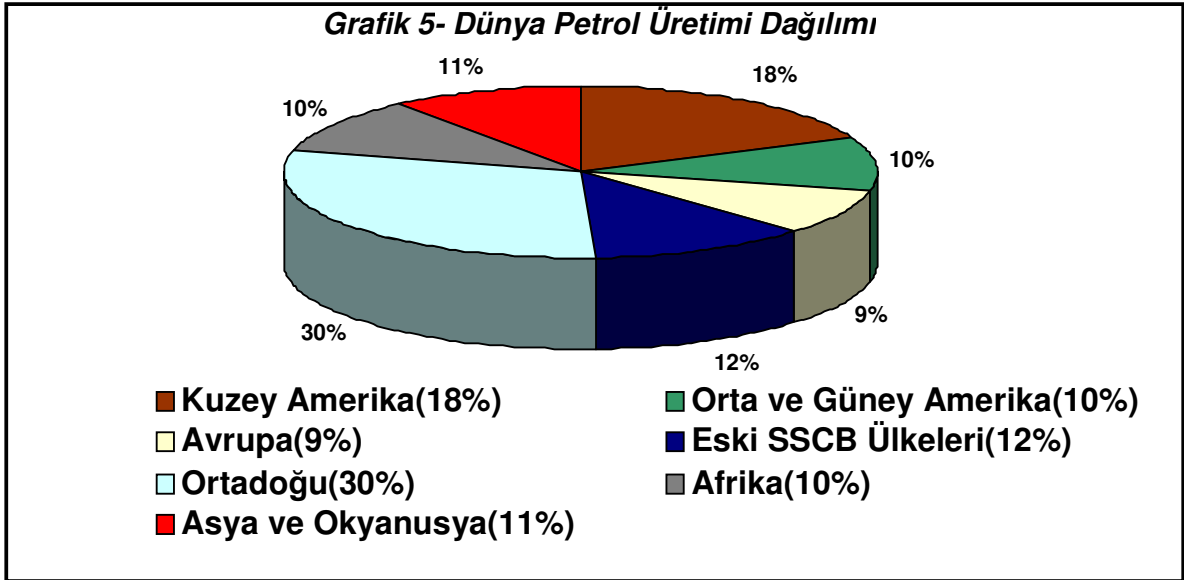
Bölge	Petrol (Milyon Ton)	D.Gaz (Milyon TEP)	Kömür (Milyon TEP)	TOPLAM (Milyon TEP)
Kuzey Amerika	657,4	686,0	634,0	1977,4
Orta ve Güney Amerika	354,0	90,0	36,2	480,2
Avrupa	323,7	263,1	230,4	817,2
Eski SSCB Ülkeleri	424,2	609,6	206,0	1239,8
Ortadoğu	1075,6	205,3	0,5	1281,4
Afrika	370,7	111,7	131,0	613,4
Asya ve Okyanusya	379,3	252,0	1010,2	1641,5
TOPLAM DÜNYA	3584,9	2217,7	2248,3	8050,9

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

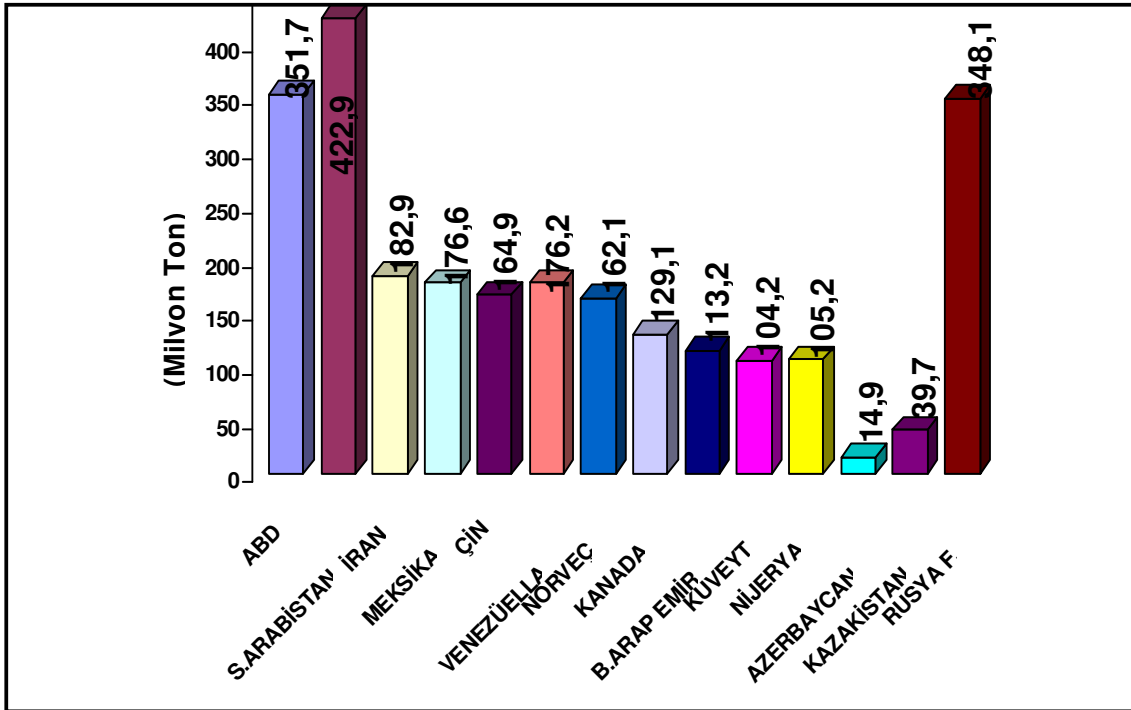
2.3.2.1 Petrol

2002 yılında Dünya toplam petrol üretiminde %0,3'lük bir azalma olmuş ve üretim 3,6 milyar ton olarak gerçekleşmiştir. Petrol üretiminde ilk sırayı 1,1 milyar ton ve %30 pay ile Orta Doğu ülkeleri [bunu etkileyen ülke de 422,9 Mt. (Dünya üretiminde %11,8) üretimle

Suudi Arabistan] almıştır. ABD 351,7 Mt.(%9,8), Rusya Federasyonu 348,1 Mt (%9,7) üretimle ikinci ve üçüncü sıralarda yer almıştır.



Şekil 2.8 Dünya Petrol Üretimi



Şekil 2.9 Bazı Ülkelerin Petrol Üretimi

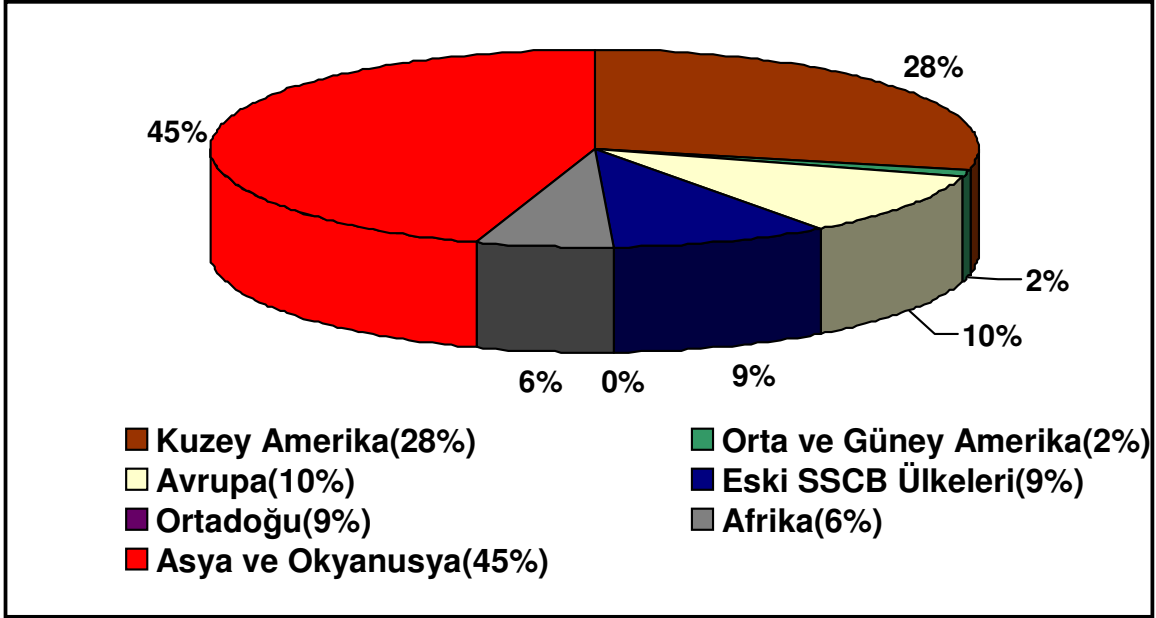
Kaynak: International Energy Agency, Paris

2.3.2.2. Doğal Gaz

2002 yılında doğal gaz üretimi 2,5 trilyon m³ olarak gerçekleşmiş olup, bir önceki yıl üretimine nazaran %1,7'lik bir artış kaydedilmiştir. 2002 yılında doğal gaz üretiminde 555,4 milyar metreküp ve 22,5'lik pay ile ABD ilk sırayı alırken, 542,4 milyar metreküp üretim ve dünya toplamı içinde %22 pay ile Rusya Federasyonu bunu izlemiştir. ABD'nin etkisi ile Kuzey Amerika bölgesi 762,1 milyar metreküp ve %30,9 pay ile en büyük üretici bölge konumuna gelmiştir. Doğal gaz üretiminde Rusya ve ABD'nin ardından Kanada 172 milyar metreküp ve %7 ile üçüncü sırayı almaktadır.

2.3.2.3 Taşkömürü ve Linyit

2002 yılında linyit ve taşkömürü üretimleri toplamı 2,2 milyar ton petrol eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. 590,7 Mtep üretim (%26,3) ile kömür üreticisi ülkeler arasında ilk sırayı ABD almakta ve bunu 548,5 Mtep ile Çin (% 24,4), 168,1 Mtep ile Avustralya (%7,5), 161,1 Mtep ile Hindistan (%7,2), 126,7 Mtep Güney Afrika (%5,6) ve 120,8 Mtep ile Rusya Federasyonu (%5,4) takip etmektedir.



Şekil 2.10 Dünya Kömür Üretimi (2002)

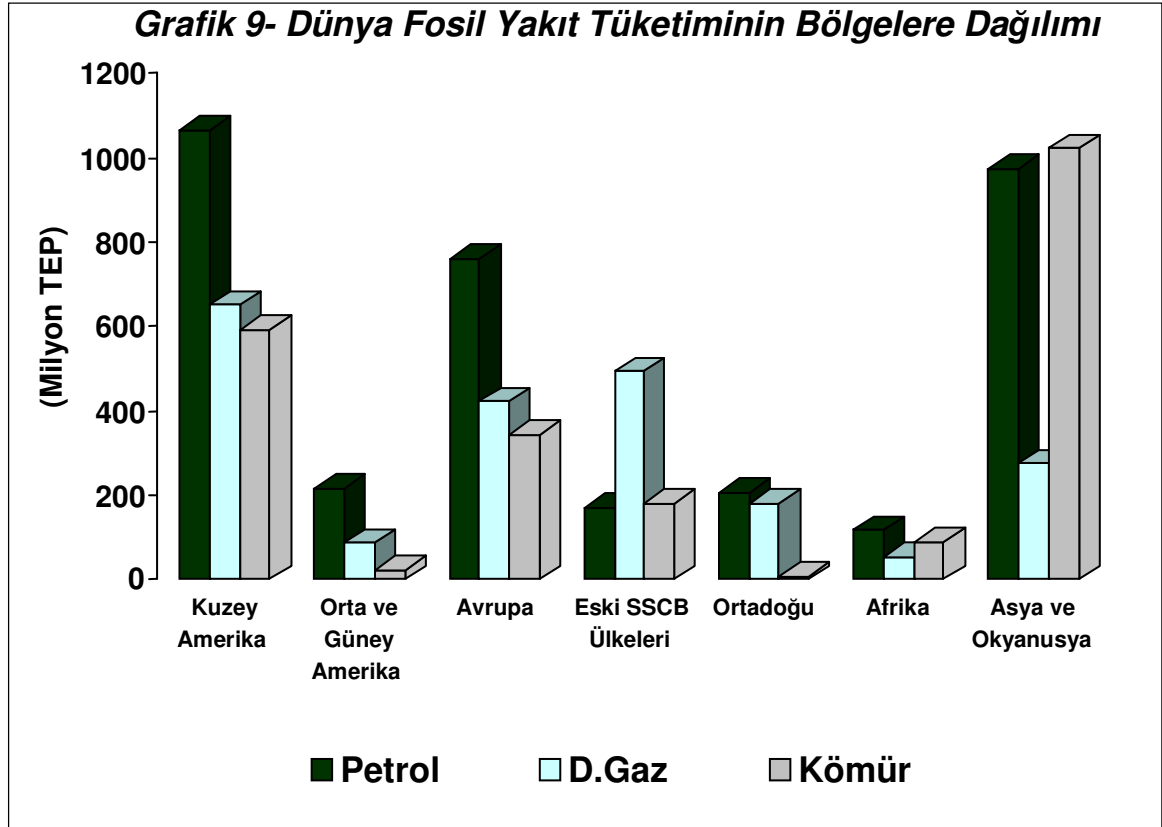
2.3.3 Tüketimler

2002 yılında, 2000 yılına göre fosil yakıtların tüketimlerinde toplam %0,3'lük bir artış kaydedilmiştir. 2002 yılı fosil yakıt tüketimleri içerisinde petrol %44 ile ağırlığını korumuş, bunu %29 ile kömür ve %27 ile doğal gaz takip etmiştir. Dünya fosil yakıt tüketimleri ve

bölgelerde tüketilen yakıt türlerinin toplam tüketim içerisindeki payları Tablo 2.4'de verilmektedir.

Tablo 2.4 Dünya Fosil Yakıt Tüketimleri (2002)

Bölge	Petrol		D.Gaz		Kömür		Toplam	
	MTEP	%	MTEP	%	MTEP	%	MTEP	%
Kuzey Amerika	1066	46	650	28	591	26	2307	100
Orta ve Güney Amerika	219	67	87	27	22	6	328	100
Avrupa	760	50	423	28	344	22	1527	100
Eski SSCB Ülkeleri	170	20	494	58	180	22	844	100
Ortadoğu	206	52	181	46	8	2	395	100
Afrika	117	45	54	21	89	34	260	100
Asya ve Okyanusya	972	43	275	12	1021	45	2268	100
TOPLAM DÜNYA	3510	44	2164	27	2255	29	7929	100

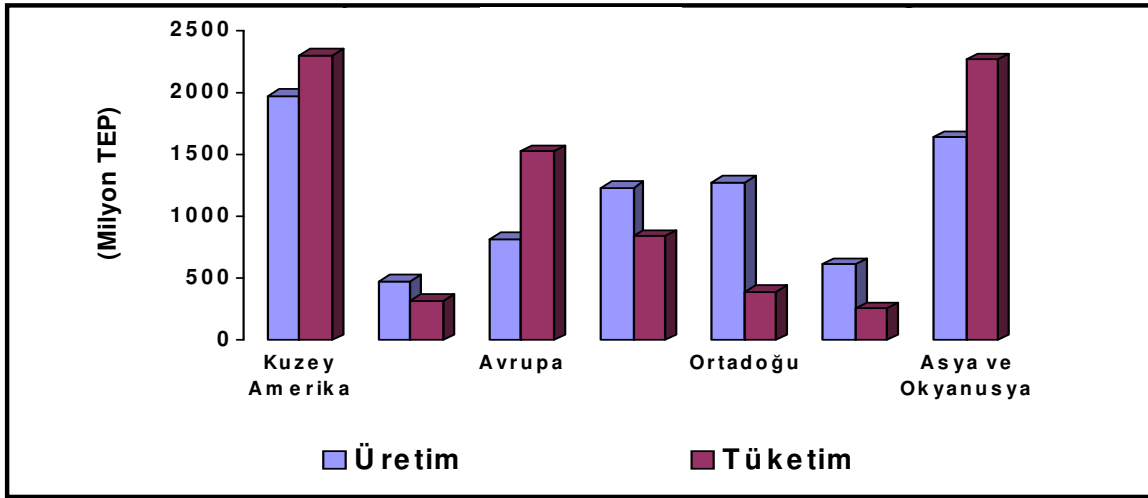


Şekil 2.11 Dünya Fosil Yakıt Tüketimi (2002)

Kaynakların ağırlıklı bölümü ABD, Rusya Federasyonu, Çin, Suudi Arabistan, Kanada gibi az sayıda ülke tarafından gerçekleştirilirken, enerji tüketimi seviyeleri ülkenin büyüklüğü ve sanayileşme seviyesine göre değişmektedir. Amerika, Çin, Rusya, Japonya ve Almanya en büyük enerji tüketicisi konumundaki ilk 5 ülkedir.

Tablo 2.5 Dünya Fosil Yakıt Üretimi ve Tüketimi (2002)

Bölge	Üretim		Tüketim	
	(Milyon TEP)	%	(Milyon TEP)	%
Kuzey Amerika	1977,4	24,6	2307,3	29,1
Orta ve Güney Amerika	480,2	6,0	328,0	4,1
Avrupa	817,2	10,2	1527,1	19,3
Eski SSCB Ülkeleri	1239,8	15,4	843,3	10,6
Ortadoğu	1281,4	15,9	395,7	5,0
Afrika	613,4	7,6	259,7	3,3
Asya ve Okyanusya	1641,5	20,4	2268,1	28,6
TOPLAM DÜNYA	8050,9	100	7929,2	100



Şekil 2.12 Bölgelere Göre Yakıt Üretimi Ve Tüketimi (2002)

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy. June 2003

Tablo 2.5’de bölgesel bazda verilen Dünya birincil enerji üretim-tüketim oranları incelendiğinde Kuzey Amerika, Avrupa, Asya ve Pasifik bölgelerinin, üretimlerinin üzerinde enerji tükettikleri görülmektedir. Kuzey Amerika’nın tüketimde, Asya-Pasifik bölgesinin üretimde %20,4, tüketimde %28,6 ile ikinci sırayı aldığı, Avrupa’nın ise üretimde %10,2 ile 5. sırada yer alırken, tüketimde %19,3 ile 3. sırada bulunduğu görülmektedir. Buna karşın üretimde %15,9 pay ile 3. sırada yer alan Orta Doğu ülkelerinin tüketimdeki payı %5 ile 5. sırada yer aldığı gözlenmektedir.

2.3.4 Petrol ve Doğal Gaz Bakımından Enerji Hareketleri

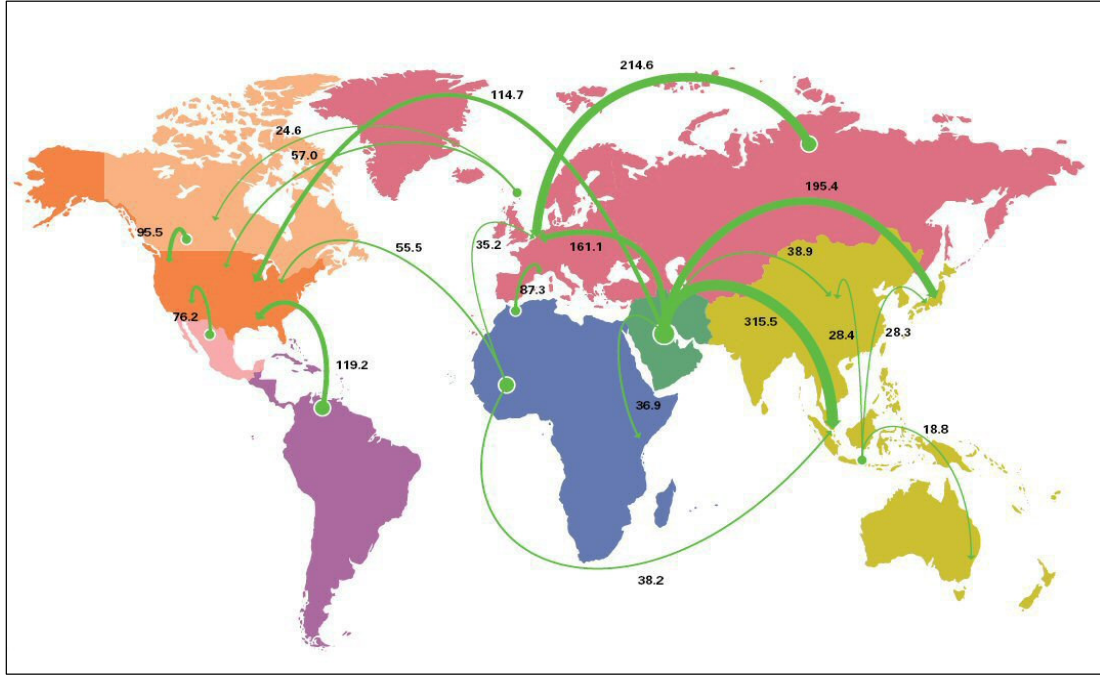
2002 yılı rakamlarına göre konvansiyonel enerji kaynaklarının günlük hareketleri aşağıdaki düzeyde gerçekleşmektedir.

5 milyon ton (35 milyon varil) petrol,

1.9 milyar metre küp doğal gaz,

17 milyon ton kömür.

Stratejik önemi nedeniyle petrol ve doğal gaz hareketleri kömüre göre çok büyük bir önem taşımaktadır. Bu haritalar dünya petrol ve doğal gaz ticaretindeki makro hareketleri vermektedir. Örneğin, ilk haritaya göre Orta Doğu bölgesinden ABD'ye yıllık petrol hareketi 114.7 milyon ton düzeyindedir.

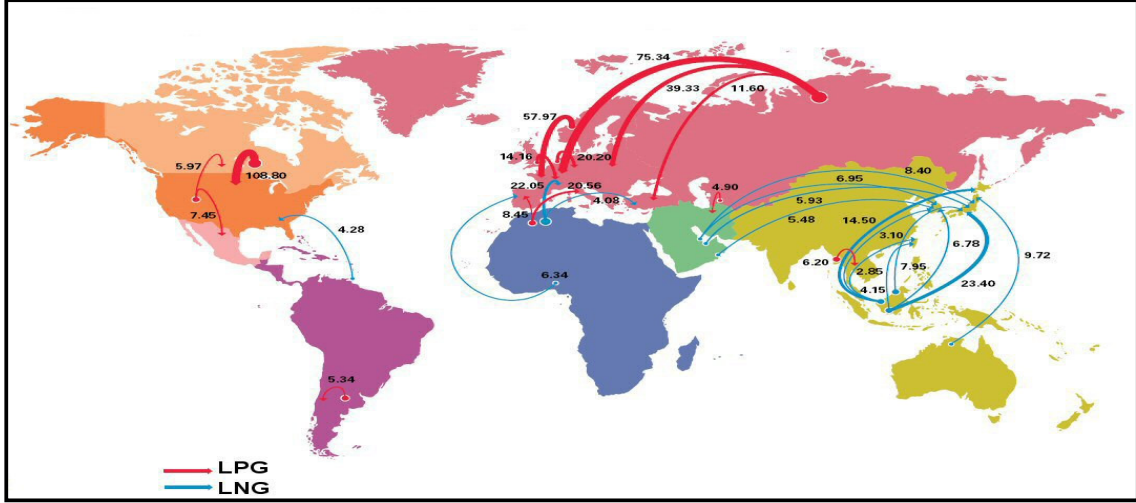


Şekil 2.13 Dünya Petrol Ticaretindeki Makro Hareketler- 2002 (milyar ton)

Kaynak: Scientific American Journal, Mayıs 2002

Avrupa, enerji kaynakları bakımından kıta dışındaki bölgelere en bağımlı olan kıtadır. AB ülkeleri gerek gelişmişlik gerekse refah düzeylerini korumak için sürekli ve güvenilir arz kaynakları bulmak ve ulaşım yollarının güvenliğini sağlamak zorundadırlar. Mevcut durumda Avrupa'nın enerji kaynakları alanında da entegrasyonu sağladığının en güzel kanıtı, kıtanın mevcut petrol ve doğal gaz boru hatlarıdır. Aşağıdaki şekil bizlere mevcut ağı vermektedir.

Bu arada Kuzey Denizi'nde petrol ve doğal gaz için boru hatları yapımının planlandığını vurgulamakta yarar vardır.



Şekil 2.14 Dünya Doğal Gaz Ticaretinde Makro Hareketler 2002 (milyar m3)

Kaynak: Scientific American Journal, Mayıs 2002

2.4 ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

2.4.1 Hidrolik Enerji

Hidro-elektrik enerjisi, hareket halindeki suların sağladığı güç anlamına gelir. Bu da, hidro-elektrik santralleri yoluyla suyun gücünün, elektrik enerjisine çevrilmesi sonucu elde edilen enerjidir. Hidro-elektrik enerjisi, doğal veya yapay baraj gölleri önüne ve su düşüş düzeyine göre bir hayli alçakta (yaklaşık 500-600 m. olabilir) kurulmuş olan elektrik üretim fabrikaları diye tanımlayabileceğimiz hidro-elektrik santralleri yoluyla üretilmektedir. Su gücüyle çalışan santraller hidrolik santral ve sıcaklık yayan enerji kaynaklarıyla (kömür, petrol, uranyum vb. gibi) çalışanlara da termik santral denir. Aynı şekilde, su gücünden sağlanan elektriğe hidro-elektrik ve sıcaklık yayan kaynaklardan elde edilenlere ise termik elektrik denir.



Şekil 2.15 Hidrolik Enerji

İster termik, ister hidrolik enerji kaynaklarına dayalı olsun, her elektrik santralinin jeneratörleri (alternatör de denir), belli bir üretim gücü standardına sahiptir. Buna, santralin kapasitesi veya santrallerde kurulu güç denir. Bu gücün birimi KW (kilovat) , üretilen elektrik

enerjisi miktarı ise KWh (kilovatsaat) ile ifade edilir. Bunun anlamı,1 KW gücündeki jeneratörün, bir saatte ürettiği elektrik enerjisi demektir. Elektrik santrallerinde elde edilen elektrik enerjisinin, üretim merkezlerinden tüketim bölgelerine taşınması için kurulan iletken tel sistemine (bakır veya alüminyum teller) yüksek gerilim hatları denilir. Bu hatlar, çoğu bölge veya ülkede, santralleri de birbirine bağlamış ve bir iletim-dağıtım hatları sistemi oluşturulmuştur. Tüketim ise, üretim ve tüketim merkezleri arasında kurulmuş olan akım taşıyıcı hatlar aracılığıyla mümkün olmaktadır. (DOĞANAY, 1998)

Dinamo yani hidro-elektrik türbini icat edilmek suretiyle, elektrik enerjisine çevrilme olanağı ortaya çıkan su gücü, potansiyel bir elektrik enerjisi kaynağı olarak, uygarlığın gelişmesinde etkili bir rol oynamıştır. Günümüzde bu önem, giderek daha da artmaktadır.

Hidroelektrik enerjisi üretimi için, tesis yatırım harcamaları olarak, yüksek miktarlara varan harcamalar yapılır. Ancak para bir kez harcanır. Hammadde nakli ve bundan kaynaklanan devamlı harcamalar söz konusu değildir. Ayrıca, özellikle kömürde olduğu gibi, üretimden geriye tonlarca cüruf (artık) kalmadığı, enerji üretimi sırasında is ve duman yayılmadığından, hava ve çevre kirlenmesi sorunu ile karşılaşmaz. Ayrıca, elektrik enerjisi üretimi sırasında, hammaddeden yaklaşık %60'ı aşan bir kayıp doğar. İşte bu nedenle beyaz kömürden elektrik enerjisi üretimi, kömür enerjisinden çok daha ucuza elde edilir. (LOY, D. And GAUBE, 2002)

2.4.2.Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir.

Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Ükelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre üç gruba ayrılmaktadır.



Şekil 2.16 Jeotermal Enerji

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayiinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir. (MERTOĞLU, 1998)

Tablo 2.6 Jeotermal Enerji Grupları

Düşük Sıcaklıklı Sahalar	(20-70°C)
Orta Sıcaklıklı Sahalar	(70-150 °C)
Yüksek Sıcaklıklı Sahalar	(150 °C'den yüksek)

2.4.3. Güneş Enerjisi

Güneş'in yeryüzünde bir termodinamik ve ısı, diğeri fotobiyolojik (fotosentez) olmak üzere iki temel işlevi vardır. Güneş enerjisi bitkisel ve hayvansal yaşamın biyokimyasal tepkimeleri için zorunlu sıcaklık ve ışık koşullarını sağlayan tek etkidir. Organizmalar Güneş enerjisini soğurur ve vücutlarında depolarlar. Yeşil bitkiler Güneş enerjisini kullanarak, fotosentezle karbondioksit ve su ikilisini indirger ve kimyasal bileşimler gerçekleştirir.

Güneş enerjisinin çarpıcı özelliği çok bol olmasıdır. Güneşten atmosferin üst tabakasına metrekare de 1.4 KW ışın gelmekte, bunun yüzde 50 kadarı da yeryüzüne ulaşmaktadır. Hatta tropiklerde berrak bir günde öğle vakti gelen ışının yoğunluğu metrekare de 1 KW' ı geçebilir. Bu durumda, bu tür enerjinin 8 km.' ye düşen miktarı İngiltere'nin tüm elektrik sistemlerinin toplam üretimine yakındır. Dünyada insanın yaşamadığı, dolayısıyla gıda üretilmeyen 20 milyon km. tutarındaki çöl alanlarına gelen toplam yıllık güneş radyasyonunun günümüzde tüketilen her türden enerjinin dört yüz katı olduğu da ileri sürülmektedir. Doğal olarak sorun bu kaynaktan, ekonomik olarak ve en kolay yoldan nasıl yararlanılacağına düşümlenmektedir.

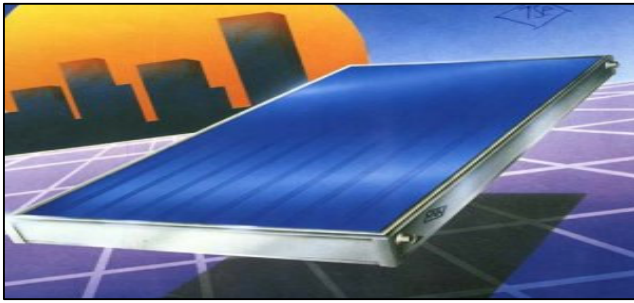
Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için öncelikle toplanması gerekir. Bu toplama işlemi ısı ve elektriksel olmak üzere iki farklı yöntemle yapılmaktadır. Basit ve ucuzluk gibi nedenlerle ısı toplama yöntemi daha çok tercih olunur.



Şekil 2.17 Güneş Enerjisi (Bahçe, Ev, Bisiklet)

Isıl güneş kolektörleri; düz yüzeyli ve yoğunlaştırmasız, odaklı ve yoğunlaştırmalı olmak üzere üç değişik tipe ayrılmaktadır. Düz yüzeyli kolektörler 100 °C yi aşmayan uygulamalarda kullanılırken, odaklı kolektörlerde 3000 °C düzeyinde uygulamalar yapılabilmektedir. Güneş havuzları ise düşük sıcaklıklarda büyük miktarda ısı toplamaya yarar. En yaygın kullanım alanı bulan düz yüzeyli yoğunlaştırmamasız kolektörlerdir. Toplanan ısı enerjisi bir akışkana akıtılarak, kullanılmalarına ya da fiziksel depolanma alanına taşınır.

Elektriksel güneş kolektörleri güneş pilleri olup yarı iletken diyod bu piller güneş ışığını, fotonlarından yararlanarak fotoelektrik olay gereğince direkt elektrik enerjisine çevirirler. Değişik yarı iletken malzemeler güneş pili yapımında kullanılmaktadır. Silisyum kullanılan en yaygın malzeme durumundadır. Güneş pili üretimi yüksek elektronik teknoloji gerektirmektedir.



Şekil 2.18 Güneş Kolektörü

Güneş ısıl sistemlerinin düşük ve yüksek sıcaklık uygulamaları yapıların ısıtılmasını, konut, sanayi ve tarımda çeşitli ısı gereksinimlerinin karşılanmasını kapsarken, yüksek sıcaklık uygulamaları buhar üretiminden maden eritmeye kadar uzanmaktadır.

Isıl uygulamalar içinde su ısıtıcılar, yapıların ısıtılması ve soğutucular bakımından önemlidir. Güneş enerjisinin diğer ısıl uygulamaları; kurutma, acı ve tuzlu suların

distilasyonu, sıcak hava motorları ile diğer termodinamik ısıl çevrimler olup, tarımda ve çeşitli sanayi kesimlerinde bu uygulamalardan yararlanılabilir.

2.4.4. Rüzgâr Enerjisi

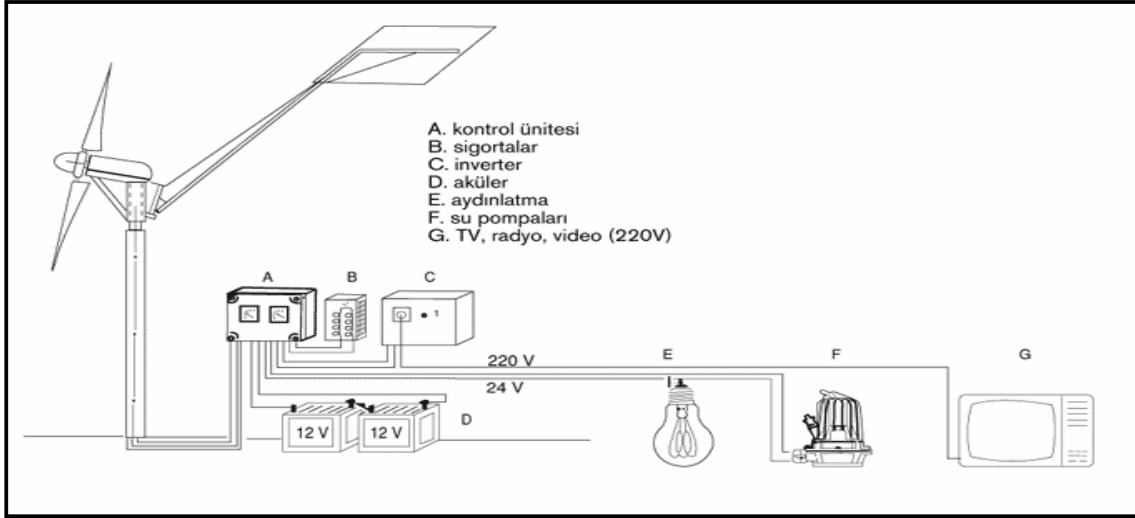
Rüzgâr, bitmez tükenmez bir temiz enerji kaynağıdır. Yel değirmenleri, enerji elde etmek için kullanılan tüm araçlar arasında belki de en hoş ve zarif olanıdır. Yel değirmenleri nedeniyle eskiden beri bilinen rüzgârdan şimdi modern türbinler yolu ile daha yoğunlaştırılmış bir şekilde yararlanılmaktadır.

Rüzgâr enerjisi aslında yeni değildir. 2000 yıl önce su ve rüzgâr değirmenleri dünyanın ilk endüstrilerine güç sağlamıştır. Günümüzde, yeni teknoloji ve yeni malzemelerle, rüzgâr türbinleri bizlerin aydınlatma, ısıtma, soğutucular ve diğer ev aletleri için gerek duyduğumuz en temiz elektriği üretmek için kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisinin kanıtlanmış bir başarısı vardır ve kullanımı artmaktadır. Halen dünyada 20.000' in üzerinde türbin elektrik üretmektedir. Bunların birçoğu, rüzgâr çiftlikleri denen, belli bir kapasitede elektrik üreten rüzgâr türbin grupları olarak çalışmaktadır.



Şekil 2.19 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgârdan sağlanacak güç, rüzgâr hızının küpü ve kullanılacak rüzgâr türbinin rotor süpürme alanı ile doğru orantılıdır. Bir yörede kurulacak rüzgâr santralinden elde edilecek güç yalnızca kullanılan makine sayısı ve makine büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Günümüzde rüzgârdan elektrik üretimi için büyük güçlü rüzgâr santrallerinin yanında, küçük güçlü türbinler olan rüzgâr jeneratörleri de kullanılmaktadır. Rüzgâr elektrik santralleri şebekeden bağımsız ve şebeke bağlantılı olarak kurulabilmekte olup, şebeke bağlantılı olanları yaygınlaştırmıştır. Rüzgâr santralleri karasal alanların dışında denizlerde de kurulmaya başlanmıştır.



Şekil 2.20 200 W ile 30 KW Arasında Elektrik Üreten Rüzgâr Türbin

2.4.5 Biyokütle (Biyomas) Enerjisi

Yenilenebilir ve yerli imkânlarla elde edilen enerji kaynaklarından olan biyokütle, biyolojik kaynaklardan gelen tüm enerji kaynaklarını içerir. Bunlar; ağaç veya ağaç artıkları, tahta yapımı endüstri artıkları, yiyecek endüstri artıkları, lağım pislikleri ve belediyeye ait katı atıklar ve diğer biyolojik atıklardır. Biyokütle veya biyoyakıtların ısıtmada, elektrik üretiminde ve ulaşımda gaz yakıt olarak kullanılması sadece ekonomik sebeplerden dolayı cazip değil, ekonomik gelişim ve çevresel sebeplerden dolayı da caziptir.

Biyokütle, insanların oluşumundan buyana kullanılan en eski enerji kaynaklarından biridir. Buna en iyi örnek odundur. Odunun en yaygın kullanım şekli, direkt olarak yakılmasıdır. Bu işlem, dünyanın farklı bölgelerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması olanağı, 30-40 yıl önce başlayan bilimsel çalışmaların bir sonucu olarak artmıştır. Bu kaynaklardan biyogaz teknolojisinin ilk kullanımı Çin ve Hindistan'da olmuştur. Bu alanda yapılan çalışmaların asıl gelişimi, petrol krizinden itibaren 10-15 yıl içinde olmuştur.



Şekil 2.21 Biyokütle (Biyomas) Enerjisi

Dünya genelinde, biyokütlenin endüstriyel kullanımı daha çok değirmenlerdeki atıkların kullanılması ile mümkündür. Brezilya, Kenya, Filipinler, USA ve Zimbabve gibi ülkelerde biyokütleden elde edilen alkol, ulaşım sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyokütleden elde edilen etanol endüstrisi, ABD ve Brezilya'da daha yaygındır ve 1981' den günümüze kadar üretimi çok gelişmiştir. Bu endüstri, mısır fabrikalarında kurulmuştur. Mısır yağı, hayvan yemi ve etanol üretimini içerir. Biyokütleyi kullanılabilir enerjiye çeviren sistemler modüler ve küçük skalada verimlidirler.

Dünya Bankası'nca yapılan bir araştırma, dünyada yaklaşık 2 milyar insanın ısınma ve yemek pişirme amacıyla odun, tezek ve bitkisel artıklara bağımlı olduğunu ortaya koymuştur. Bu değer 5 milyon varil petrole veya kalkınmakta olan ülkelerin toplam enerji tüketiminin 1/4'üne eşdeğerdir.

Enerji üretiminde kullanılan biyokütle geniş bir materyal bölgesi oluşturmaktadır. Bunlar; zirai ve orman atıkları ve kalıntıları, besinlerin işlenmesinden oluşan atıklar, belediyeye ait katı yakıtlar, bazı lağım atıkları ve su ürünü olan yosunlardır. Biyokütle yeryüzünde yayılmış bir durumdur. Fosil yakıt depoları gibi birleşik durumda değildir. Bu yüzden, biyokütle kaynaklarından enerji üretimi için biyokütlenin büyük miktarlarda toplanması, fiyatı önemli ölçüde artırmaktadır.

Zirai ürünlerden oluşan saman atıklarının enerji amaçları için kullanılması günümüzde pazar mekanizmasından dolayı mümkün değildir. Saman üretiminin dışında, enerji dağıtım sisteminde kullanılması mümkün olabilecek ürünler yetiştirilmektedir. Özellikle en önemlileri, patates ve pancardır. Bu ürünler yakılmak için çok ıslaktır. Bunun için, bu tür biyokütle bitkilerine "ısı ile yumuşatma" yöntemi uygulanır. Günümüzde bu ürünler endüstride kullanılmaktadır ve enerji amaçları için direkt bir kullanımı yoktur. Zirai ve orman kalıntıları, ağaçlar ve bitkilerin çok kıymetli kısımları ayrıldıktan sonra kalan kısımlarından ibarettir. Bu odun kalıntıları geleceğin biyoyakıtları için önemli olabilirler.

Belediyeye ait atıklar, evlerden, enstitülerden ve bazı endüstriyel ürünlerden arta kalan katı atıklardır. Bu atıkların % 80' ini organik maddeler, %70' ini ise doğal selüloz oluşturur. Bu atıkların tüketici için en önemli enerji kaynağı olduğu iddia edilmektedir. Eğer bu atıklar elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak ise ekonomik atıkların biyogaz üretiminde kullanılması caziptir.

Bir biyogaz tesisinde ne kadar gübre bulunabilir, bunu tespit etmek zordur. Bunun % 90'ının su olduğu sanılmaktadır. Gübre depolarında yayılan metan gazı da enerji amaçları için kullanılan önemli bir kaynaktır. Biyokütle kaynaklardan olan lağım atıkları çevre kirliliği

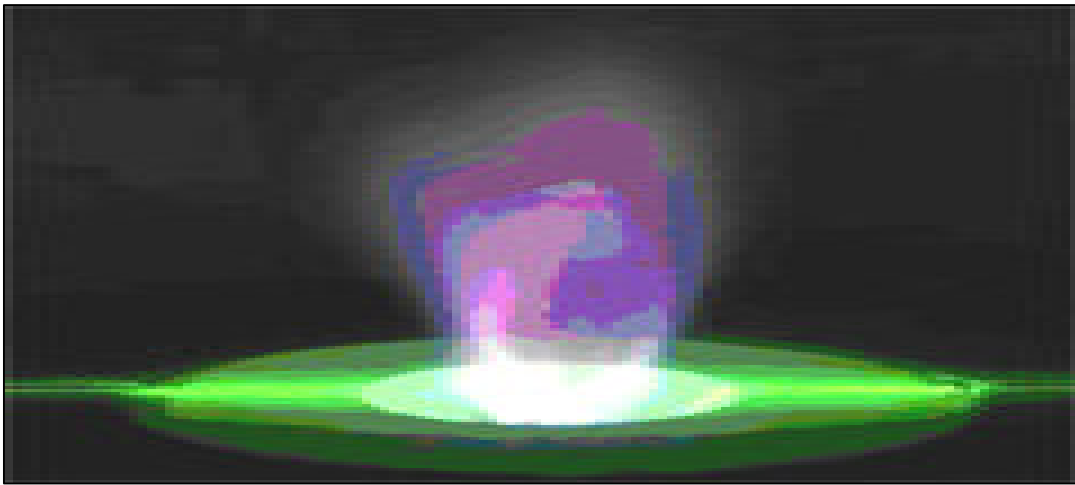
problemlerini artırmaktadır. Bunu önlemek için lağım atıklarının kullanılabilir hale getirilmesi ve enerji üretiminde kullanımını kapsayan çözümler ümit vericidir.

2.4.6. Biyogaz Enerjisi

Biyogaz başta hayvan gübreleri ve bitki artıkları olmak üzere, her türlü organik materyalin havasız koşullarda fermantasyonu sonucu elde edilen, bileşimde metan ve karbondioksit bulunan bir gaz karışımıdır. Isı değeri yüksek bir enerji kaynağıdır.

Organik maddeler ve atıkların herhangi bir tipinden gaz yakıtların üretiminin etkin ve güvenilir olarak kullanımı, basit ve çok yönlü bir teknolojidir. Hayvan pisiği ve zirai atıkların kullanımı ile ev aydınlatması ve ısıtması gibi yaygın uygulamalar vardır. Birçok Afrika ve Asya ülkesinde, oksijen kullanılmasından yapılan ısı ile yumuşatma metodu ile üretilen biyogaz yakıt olarak kullanılmaktadır. Çin, Hindistan ve Danimarka'da bu konuda gelişmeler vardır. Özellikle Afrika'da biyogaz üretimi, çoğunlukla birbirinden bağımsız tek tek çiftliklerde veya küçük yapıdaki endüstrilerde yapılmaktadır. Biyogaz tesisinin en çok olduğu ülke Çin'dir.

Biyogaz dendiğinde sadece enerjinin akla gelmesi yanlış değerlendirmelere neden olmaktadır. Tarımsal üretimle uğraşanlar ve ülke ekonomisi bakımından biyogazın asıl önemi, fermente olmuş değerli bir organik gübre elde edilmesidir. Diğer taraftan, kırsal kesimde yaşayan insanlarımız, biyogaz uygulamaları sonucunda temiz bir çevreye kavuşmakta, gübrelerde yayılan hastalıkları en aza indirerek çevre sağlığına olumlu etkiler sağlanabilmektedir.



Şekil 2.22 Biyogaz Enerjisi

2.4.7. Uranyum

Bugün için, nükleer enerji hammadde kapsamına uranyum da girmektedir. Uranyum doğada hiçbir zaman serbest olarak bulunmaz. Çeşitli elementlerle birleşerek uranyum minerallerini meydana getirir. Yerkabuğunda yüzlerce uranyum minerali vardır; ancak bunların büyük çoğunluğu ekonomik boyutta uranyum içermezler. Ekonomik yatak oluşturanlar; autunite, pitchblende (uraninite), coffinite ve torbernite'tir.

Uranyum cevheri doğada bulunuş şeklinden nükleer reaktörde kullanılacak yakıt haline getirilinceye kadar birçok evreden geçer. Bunlar; cevher arama, cevher yatağının işlenmesi, cevher çıkarma, sarı pasta üretimi, sarı pasta arıtma (ADU yapımı), kalsinasyon ve UO₂'ye indirgeme, UO₂'nin UF₄'e dönüştürülmesi, UF₄'den UF₆ yapımıdır.

Uranyum uluslar arası piyasalarda nükleer enerji hammaddesi olarak, sarı pasta halinde işlem görür. Ürün standardı olarak sarı pastanın en az %60 U içermesi istenmekte ve arıtılmış bir uranyum bileşiminde (UO₂, UF₆ gibi) diğer elementlerin toplamının 1 gr. uranyum için 300 ppm'den fazla olmaması gerekmektedir. (YOUNGQUIST, 2002)

2.4.8. Toryum

Uranyum ve plutonyum atom çekirdeklerinin parçalanması sonucu elde edilen nükleer güç, günümüzde çeşitli ülkelerde, insanoğlu için kontrol edilebilir enerji teminine önemli katkılarda bulunmaktadır. Uranyum gibi, toryum da bir nükleer yakıt hammaddesidir.

Toryum da uranyum gibi doğada serbest halde bulunmaz, fakat 60 civarında mineralin içinde rastlanır. Bunlardan sadece monazit ve thorite, toryum üretiminde kullanılır. Bu mineraller de genellikle nadir toprak elementleri ile birlikte bulunmaktadır.

Toryuma dayalı nükleer santrallerin henüz ticari olmayıp, deneme safhasında olması ve bu sektörün dışındaki kullanımının sınırlılığı nedeniyle, dünyada bugüne kadar, doğrudan toryum aramalarına fazla önem verilmemiştir.

Buna karşılık, bazı ülkelerde, nadir toprak elementleri içeren monazit yataklarının aranmasına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu mineraller aynı zamanda toryum da içerdiklerinden, toryum yan ürün olarak değerlendirilmiş, sağlıklı verilere dayanan rezerv hesapları yapılmamıştır. IAEA'ya kg' ı 80 ABD dolarına kadar mal edilebilen toryum rezervi bildiren ülkeler; Arjantin, Avustralya, Brezilya, Güney Afrika Cumhuriyeti, Kanada, Mısır, Norveç, Tayland ve Türkiye'dir.

Toryumun nükleer enerji hammaddesi olarak kullanılmaya başlanması durumunda doğacak talep, çeşitli yatakların ekonomik değerini de belirleyecektir. Bu nedenle, bütün toryum konsantrasyonları bugün için potansiyel birer kaynak durumundadır. Toryum, sırasını

bekleyen bir nükleer yakıt hammaddesi durumundadır. Bunun en büyük nedeni, nükleer yakıt çevriminin sorunudur. Toryum-232, bazı proseslerle Uranyum-233'e dönüştürülebilmektedir.

Uranyum-233 de Uranyum-235 gibi parçalanabilir bir maddedir. Bu parçalanma sonucunda da büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Yakıt çevrimi sorunu nedeniyle, bugün için toryumla çalışan ticari ölçekte santraller bulunmamakla birlikte, bu santrallerin prototipleri İngiltere, Almanya ve ABD'nde uzun zamandır denenmektedir. Ticari ölçekte tüketimin olamaması nedeniyle, halen toryumun enerji hammaddesi olarak tüketimi yok denilecek düzeydedir.

Enerji hammaddesi olarak kullanımı dışında, değişik kullanım alanlarında tüketilen toryum miktarının fazla olmaması ve yıllık 700 Ton ThO₂ civarında olan dünya üretiminin tamamen monazitten yan ürün olarak elde edilmesi nedeniyle, halen, sadece toryum için işletilen yatak yoktur. Türkiye'de MTA Genel Müdürlüğü'nce geçmiş yıllarda yapılan aramalar sonucunda, Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcacöen yöresindeki nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağında, 380.000 ton görünür ThO₂ rezervi saptanmış olup, tenör %0,21 ThO₂ dir. Söz konusu yatağın tamamında yapılacak sondajlı çalışmalarla bu rakamın, iki katına çıkması olasıdır. Ancak cevherin zenginleştirilmesiyle ilgili teknolojik sorunlar henüz tam olarak çözülmüş değildir. Diğer taraftan, Malatya-Hekimhan-Kuluncak'taki benzer nitelikli toryum rezervi de gerekli çalışmaların yapılması durumunda, söz konusu rezerve katkı yapabilecek durumdadır.

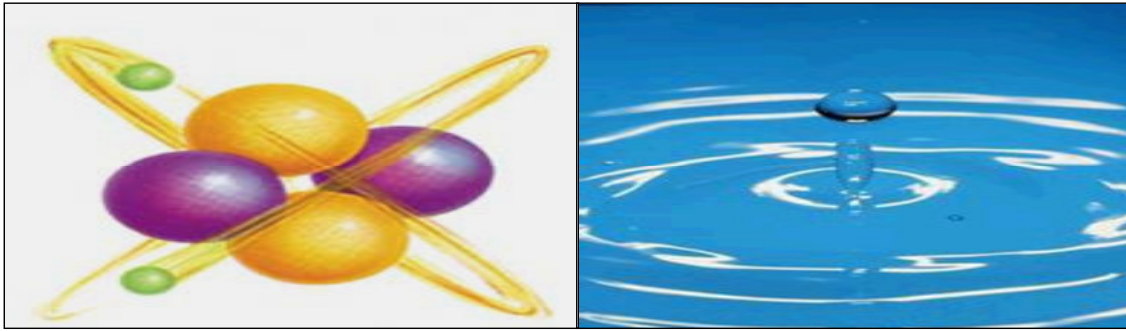
2.4.9 Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler; dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gelgit (med-cezir) enerjisidir. Ancak Türkiye'de gel-git enerjisi olanağı yoktur. Türkiye için söz konusu enerji grubu içerisinde en önemlisi deniz dalga enerjisidir.

2.4.10 Hidrojen Enerjisi

Son tüketiciye enerji "yakıt" ve/veya "elektrik" biçiminde sunulmaktadır. İkincil enerji olan elektriğin çeşitli kullanım avantajlarının bulunmasına karşın, teknoloji yalnızca elektriğe bağlı olarak değil, yakıtı da gerektiren biçimde gelişmiştir. Bunun nedeni, genel enerji tüketiminin %60'nın ısı biçiminde gerçekleşmesidir. Birincil enerji kaynaklarının, fiziksel durum değişimi içeren biçimde dönüştürülmesi ile elde edilen ikincil enerjilere, "enerji taşıyıcısı" denir. Elektrik 20' nci yüzyıla damgasını vuran bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen ise 21' inci yüzyıla damgasını vuracak bir diğer enerji taşıyıcısıdır.

Endüstri devrimi ile 1750 yılından bugüne kadar, teknik yeniliklere dayalı olarak dünya genelinde ekonominin gelişmesi, peş peşe biçimde sürmüştür. 1750–1825 yılları arasındaki birinci dalgalanmanın enerji kaynağı kömürdür. 1825–1860 arasındaki ikinci dalgalanmada, ekonomiye ivme kazandıran elektrik olmuştur. 1860–1910 yılları arasındaki üçüncü elektrik etkisini sürdürmüş, ama yeni kaynak olarak petrol ortaya çıkmıştır. 1910–1970 arasındaki dördüncü dalgalanmada ekonomiyi büyüten yeni enerji kaynağı nükleer enerjidir. Günümüzde 1970’lerde başlayan 21’ inci yüzyılın içinde yeni bir dalgalanma içinde bulunmaktadır. Bu yeni dalgalanmayı etkileyen enerji türü hidrojenidir.



Şekil 2.23 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen kullanım verimi yüksek bir yakıttır. Çevre dostudur. Teknolojik gelişim, çevre etkisini de içeren efektif maliyetin diğer yakıtlardan düşük olmasını sağlar duruma gelmiştir. Hidrojen kullanılmasını gerektiren başlıca iki neden olup, biri fosil yakıtların yanma emisyonu karbondioksitin artmasından kaynaklanan, küresel ısınmaya neden olan çevre sorunu, diğeri petrol ve doğal gaz gibi akışkan hidrokarbonların bilinen üretilebilir rezerv ömürlerinin insan ömrü ile kıyaslanabilecek boyuta düşmüş olmasıdır.

Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasına ilişkin ilk düşünceler 1820’lere kadar inmekte ise de, bu düşüncenin gerçekleşmesine yönelik çalışmaların başlaması 150 yıl sonra olabilmıştır. 1970’li yıllarda hidrojene enerji taşıyıcısı olarak az bir dikkatle bakıldığı söylenebilir. 1974 yılında ABD’de Florida’da, Miami Üniversitesi Temiz Enerji Enstitüsü tarafından düzenlenen “Hidrojen Enerjisi Miami Enerji Konferansı”, bu konuların yayılması ve hidrojen enerjisi kullanımına başlangıç oluşturması açısından önemlidir.

Yakıt olarak hidrojen kullanan ilk uçak ABD’de 1956 yılında denenmiştir. Hidrojen yakıtı kullanılması konusunda Almanya, Rusya ve Japonya çalışmalarını sürdürmektedir. Halen uzay mekiğinde ve uzay araştırma roketlerinde yakıt olarak hidrojen kullanılmaktadır.

Son on beş yıl içerisinde hidrojenle çalışan değişik motorlar üretilmiş, otolara, otobüslere uygulanarak demonstrasyonlar yapılmıştır.

Hidrojen yüksek verimle kullanılan bir yakıttır. Sudan olduğu gibi fosil yakıtlardan da üretilebilir. Hidrojen kullanım veriminin yüksekliği, en bol fosil yakıt olan kömürün diğer yakıt ve enerjilere dönüştürülerek ulaştırmada kullanılmaktadır.

Hidrojen enerjisi alanında çeşitli ülkelerin işbirliği sonucu uluslar arası programlar başlatılmıştır. Avrupa Birliği ile Kanada'nın (hidro-hidrojen) projesi, Norveç ile Almanya'nın projesi, Almanya ve Suudi Arabistan arasında (güneş-hidrojen) projesi örnek gösterilebilir. Değişik senaryolara göre 2025 yılında dünya genel enerji tüketiminin ulaşacağı düzey 12.000-16.000 Mtep olarak kestirilmektedir. Aynı yılda dünyada 1500-2600 Mtep hidrojen enerjisinin kullanılması planlanmaktadır.

Hidrojen bir doğal yakıt olmayıp, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak değişik hammaddelerden üretilebilen bir sentetik yakıttır. Hidrojen üretiminde tüm enerji kaynakları kullanılabilir. Kullanılan hammaddeler ise; su, fosil yakıtlar ve biyokütle materyaldir. Bugün dünyada teknolojik gereksinimlerle yılda 500-600x10⁹ metreküp hidrojen fosil yakıtlardan üretilerek kullanılmaktadır.

Yakıt hidrojenin temelde, sudan yenilenebilir enerjilerle üretilmesi ana ilkedir. Hidrojen üretim yöntemlerinin başında suyun direkt elektrolizi gelir. Elektroliz için elektrik gereksinimi fosil yakıtlardan, hidroelektrik kaynaktan, nükleer güçten, jeotermal enerjiden, güneş, rüzgâr ve deniz dalga enerjilerinden elde olunabilir. Gelecek için üzerinde en çok durulan yöntem fotovoltaik güneş üreteçlerinin kullanılmasıdır. Üretilen hidrojen depolanabilmekte, boru hatları ve/veya tankerlerle taşınabilmektedir. Doğal gaz boru hatlarının gelecekte hidrojen taşınması için kullanılabileceği belirtilmektedir.

2.5 TÜRKİYE'NİN ENERJİ KAYNAKLARI DURUMU VE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

2.5.1 Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji, barajlar vasıtasıyla akarsulardan elde edilen ve Türkiye'nin kullanacağı en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır. Türkiye'de 26 akarsu havzasına dağılmış olan su kaynaklarının toplam debisi 186 km³/yıl düzeyindedir. Bu doğal havzaların en büyük payları sırasıyla; Fırat % 17, Dicle % 11.5, Doğu Karadeniz % 8, Doğu Akdeniz % 6 düzeyindedir.

Hidrolik potansiyelimiz 430 milyar KWh/yıl olup, dünya toplam hidrolik enerji potansiyeli içindeki payı % 2'dir. Teknik yönden değerlendirilebilecek su potansiyeli, 216

milyar KWh/yıl olarak belirlenmiş olup, yararlanılabilir ekonomik hidrolik potansiyeli ise 124 milyar KWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

2.5.2 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerinden gelen ısının doğal sonucu olarak yeraltındaki sulara aktarılması ve ısınan suyun yeryüzüne ulaşması sonucu ortaya çıkan bir enerji türüdür. Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkelerden birisidir.

Türkiye’de 1000 civarında sıcak ve mineralli su kaynağı mevcuttur. Bilinen jeotermal alanların % 95’inin ısıtmaya uygun durumdadır.

Ülkemizde dünya standartlarına uygun olarak;

yüksek sıcaklıklı (>150°C),

orta sıcaklıklı (150-70°C),

düşük sıcaklıklı (<70°C) olmak üzere toplam 140 adet jeotermal saha bulunmaktadır.

Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalarda genelde genç tektonik etkinlikler sonucu oluşan grabenlerden dolayı Türkiye'nin batısında yer almaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalarda ise volkanizmanın ve fay oluşumları etkisi ile Orta ve Doğu Anadolu'da ve Kuzey Anadolu fay hattı boyunca yer almaktadır.

Türkiye'nin brüt olarak alınabilecek jeotermal elektrik potansiyeli 4500 MW/yıl'dır. Ancak, yapılan sondajlara dayalı olarak ortaya konan kesinleşmiş jeotermal elektrik potansiyeli 200 MW/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Türkiye’de yeteri kadar jeotermal kuyu açılmamıştır. 140 jeotermal alana karşılık açılan kuyu sayısı 200 olup, dünya standartlarına göre çok azdır. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelinin ortaya konması için daha çok kuyu açılması gerekmektedir.

Türkiye’de elektrik üretimine yönelik ilk uygulamalar, 1968 yılında Denizli-Kızıldere sahasının geliştirilmesi ile başlamış ve 1974 de 0.5 MWe kapasiteli pilot santral devreye girmiştir. Daha sonra 1984 yılında TEK tarafından 20,4 MWe kapasiteli bir santral kurulmuştur. Aydın-Germencik’te ise kapasitesi 50–100 MWe arasında değişebilecek bir santralin kurulmasına yönelik girişimler sürdürülmektedir.

Türkiye’de halen işletilmekte olan jeotermal ısıtma sistemleri arasında, 17,8 MWt kapasiteli Balçova termal tesisleri ve Dokuz Eylül Üniversitesi kampüs ısıtması, 66 MWt kapasiteli Simav’da 1 nci etap 3500 ve 2 nci etap toplam 6500 konut ısıtma ve sıcak su ve 2,2 MWt kapasiteli Simav-Eynal termal tesisleri, kaplıca, otel ve sera jeotermal ısıtmaları en önemlilerini oluşturmaktadır. Toplam 1800 konut kapasiteli Kırşehir Jeotermal Merkezi

Isıtma Sistemi 29 Ekim 1993 tarihinde 500 konut eşdeğeri kapasiteyle devreye girmiştir. Isıtılan konut sayısı her geçen gün artmaktadır.

Şu anda Türkiye'de 120.000 konut ısıtması projelendirilmiş ve halen 17.000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Jeotermal enerji yeni ve yenilenebilir bir enerji türü olup, bu potansiyelin değerlendirilmesi, özellikle ısıtmacılıkla ilişkili hava kirliliği sorunlarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye sahip olduğu enerji potansiyeli ile dünyada ilk yedi ülke arasına girmektedir. Isıl uygulamalar için Türkiye'nin toplam jeotermal kapasitesi 31.500 MW/yıl düzeyinde olup, brüt potansiyele karşılıktır. Ancak, teknik potansiyele karşılık, kullanılabilir ısıl potansiyel 7500 MW/yıl düzeyindedir. Günümüz koşullarında değerlendirmeye uygun ve ekonomik olarak kanıtlanmış ısıl potansiyel 2843 MW/yıl'dır.

Jeotermal enerjinin aranması, üretimi ve kullanımıyla ilgili olarak dünyada kullanılan teknolojilerin hemen tamamı Türkiye'de de kullanılmaktadır. Özellikle jeotermal enerjinin aranması ve üretimi konularında teknolojik bakımdan herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Gelişen teknolojiyle, jeotermal enerjiye ilişkin işletme problemleri büyük ölçüde çözülmüştür. Kabuklaşma ve korozyon gibi jeotermal enerjiye ilişkin en önemli işletme problemleri, bu gün için büyük ölçüde sorun olmaktan çıkmıştır.

2.5.3 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinin günümüzde önem kazanan uygulamaları; oldukça yaygınlaşan güneşli su ısıtıcıları dışında, güneşle ısınan binaların yapımı, güneş enerjisinin elektrige çevrilmesi, güneş enerjili su pompalarının tarımsal alanda kullanılması, geleceğin yakıtı olan hidrojenin sudan üretiminde güneş enerjisinden yararlanılması biçiminde sıralanabilir.

Türkiye coğrafi konum açısından 360-420 kuzey enlemleri arasında yer almakta ve güneş kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat) olup yılın % 29,8'ini oluşturmaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi gücü ilk kez 1970 yılında bir bilimsel araştırma kapsamında hesaplanmıştır. Ülke genelinde yıllık ortalama güneş enerjisi 1311 KWh/m²'dir. Buna göre Türkiye'nin tüm yüzeyine gelen güneş enerjisi yılda 1025x10¹² KWh kadardır. Bu miktar Türkiye'nin 2000 yılında ürettiği elektrik enerjisinin yaklaşık 10.000 katına tekabül etmektedir.

Tablo 2.7 Bölgelere Göre Güneş Yıllık Güneşlenme Durumu

BÖLGELER	Toplam güneş enerjisi (KWh/m ² -yıl)	Güneşlenme süresi (saat/yıl)
GÜNEY DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Kaynak: www.eie.gov.tr

Türkiye’de güneş ısı sistemlerinin başında güneşli su ısıtıcıları gelmektedir. Ülkemizde halen 7,5 milyon m² ‘den fazla kurulu kollektör alanı mevcuttur. Yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesinin olmadığı yerlerde güneş pilleri kullanılmaktadır. Güneş pili kurulu gücü 300 KW civarındadır ve ülkemizde halen telekomünikasyon istasyonları, yangın gözetleme istasyonları, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmalarında istifade edilmektedir. Yakıt sorunu ve mekanik yıpranma sorunu olmaması, işletme kolaylığı, modüler olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması, temiz bir enerji kaynağı olması vb. nedenlerle dünya genelinde güneş pili ile elde edilen elektrik enerjisi kullanımı sürekli artmaktadır.

2.5.4 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi tamamen doğal bir kaynak olduğu için kirliliğe neden olmayan, sürekliliği ve arz güvenliliğinin yanı sıra en ucuz yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Avrupa Birliği’nde her yıl kapasite yaklaşık olarak % 40 oranında artmaktadır. Günümüzde AB ülkelerinde 5 milyon insanın elektrik enerjisi ihtiyacı rüzgâr enerjisi ile karşılanmaktadır. AB 2010 yılına kadar 75 milyon insanın elektrik ihtiyacını rüzgâr enerjisi ile karşılamayı hedeflemektedir.

Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyeline ilişkin sağlıklı ölçüm sonuçlarına ve çıkartılmış rüzgâr atlasına dayalı kesin veriler yoktur. Meteoroloji istasyonları tarafından uzun yıllardır yapılan rüzgâr ölçümleri iklim amaçlıdır. Enerji amaçlı rüzgâr ölçüm verilerinin azlığı, kesin potansiyel hesaplamasına imkân tanımamaktadır.

Rüzgâr enerjisi üzerinde yapılan teorik çalışmalara göre, Türkiye’nin karasal alanlarında 400 milyar KWh/yıl brüt potansiyel ve 120 milyar KWh/yıl teknik potansiyel

olduğu hesaplanmıştır. Brüt potansiyel, 160 000 MW, teknik potansiyel de 48 000 MW rüzgâr gücüne karşılıktır. Ancak, Türkiye'nin ekonomik rüzgâr potansiyelinin 50 milyar KWh/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için gereken kurulu rüzgâr gücü ise 20 000 MW'dır.

Bugün Türkiye'de ölçümlerle kanıtlanmış güvenilir 12,4 milyar KWh/yıl rüzgâr potansiyeli, yaklaşık 5000 MW kurulu güçle değerlendirilmeyi beklemektedir. Rüzgâr enerjisi zenginliği sırasıyla Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz alanlarında bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Doğu Anadolu'da rüzgârca zengin yörelerin var olduğu bilinmektedir.

Söz konusu karasal potansiyellerin dışında Türkiye'nin deniz alanlarında rüzgâr teknik potansiyelinin 60.000 MW (150 milyar KWh/yıl) düzeyinden fazla olduğu, ancak bunun teknik ve ekonomik yönü ile ilgili hiçbir etüt bulunmamaktadır. Halen Türkiye'nin Kurulu rüzgâr enerjisi gücü 400 MW olup, bu kapasitenin 2010 yılında 10.000 MW' a, 2020 yılında da 20.000 MW' a ulaşması beklenmektedir.

2.5.5 Biyokütle Enerjisi

Türkiye biyokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme, alan kullanılabilirliği, su kaynakları ve iklim özellikleri açısından uygun bir ülkedir. Biyokütle enerji kaynakları klasik ve modern olmak üzere ikiye ayrılır. Klasik kaynaklar; normal ormanlardan elde edilen yakacak odun ile bitki ve hayvan artıklarından oluşur. Türkiye'de 1997 yılında 18.374.000 ton odun ile 6.575.000 ton hayvan ve bitki artığı yakacak olarak kullanılmıştır. Bunların enerji değeri 7024 Btep olup, yerli enerji üretiminin 1/4'ünü karşılamaktadır. Ancak bu kullanım ekonomik olmayan enerjiye karşılıktır.

Modern biyokütle kaynaklar ise enerji ormanlarından elde edilecek odun, enerji hammaddesi üretimi amacıyla yetiştirilecek enerji bitkileri ve tarımsal yan ürünleri ile atıkların alçak ve/veya yüksek biyokütle tekniklerle değerlendirilmesi sonucu elde olunacak ısı, elektrik ve sentetik yakıt türü enerjidir. Türkiye'de enerji ormancılığı için uygun alanın % 15'i değerlendirilmiş olup, geri kalan % 85 alan uygulama beklemektedir.

Enerji tarımı, modern biyokütle enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Enerji bitkileri olarak tanımlanan C4 tipi bitki grubu konusunda ülkemizde yeteri kadar bilinç olmadığı değerlendirilmektedir.

2.5.6 Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerji

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (Boğazlarda) ve gel-git enerjisidir. Ancak, Türkiye’de gel-git enerjisi potansiyeli yoktur. Türkiye için söz konusu enerji grubu içerisindeki en önemlisi deniz dalga enerjisidir. Çanakkale ve İstanbul Boğazları’nda deniz akıntıları varsa da deniz trafiği bu enerjinin kullanılma olanağını sınırlandırmaktadır.

Ülkemizin Marmara kıyıları haricinde açık deniz kıyıları 8210 km.yi bulmaktadır. Ancak, Türkiye’de dalga rasatları ve bunlara ilişkin ölçüm verileri yoktur. Dalga cephesinin gücü, okyanuslar dışında 10–40 KW/m arasında değişmekle birlikte, Akdeniz kıyıları için bu değer ortalama 13 KW/m olarak belirlenmiştir.

Türkiye kıyılarının 1/5’inden yararlanılarak elde edilebilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 18,5 milyar/KWh olarak hesaplanmaktadır. Deniz dalga enerjisinin kullanılması, Türkiye’nin gündemine henüz girmemiş olmakla birlikte, dünyada kurulmuş örnekleri bulunmaktadır.

2.5.7 Hidrojen Enerjisi

Türkiye’de hidrojen yakıtı üretiminde kullanılacak olası kaynaklar; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, deniz dalga enerjisi, jeotermal enerji ve adım atılması gereken nükleer enerjidir. Türkiye gibi gelişme sürecinde ve teknolojik geçiş aşamasındaki ülkeler açısından, uzun dönemde fotovoltaik güneş-hidrojen sistemi uygun görülmektedir. Fotovoltaik panellerden elde edilecek elektrik enerjisi ile suyun elektrolizinden hidrojen üreten bu yöntemde, 1 m³ sudan 108,7 kg. hidrojen elde edilebilir ki bu 422 lt. benzine eş değerdir.

Türkiye’nin hidrojen üretimi açısından bir şansı, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz’in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Teknolojik ve enerji-ekonomik verilere göre, 1995–2095 arasında güneş-hidrojen sistemi ile yapılabilecek yakıt üretimi ve bunun fosil yakıtlarla rekabet olanağı özel bir benzetim modeli kapsamında bilgisayar çözümleri ile araştırılmıştır. Bu modele göre, 2010-2015 döneminde hidrojen enerjisi maliyetinin fosil enerji maliyetinin altına düşebileceği, ancak yapılabilecek yerli hidrojen üretiminin 2,3 Mtep’in altına kalabileceği değerlendirilmiştir.

2.5.8 Nükleer Enerji

Türkiye’de nükleer enerji ile ilgili ilk gelişme, 1956 yılında Başbakanlığa bağlı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’nun kurulması ile olmuştur. Elektrik üretimi amacına yönelik olarak kurulması düşünülen ilk nükleer santralle ilgili fizibilite etüdü 1967–1970 yıllarında

yapılmıştır. 1977 yılında işletilmesi öngörülen nükleer santralle ilgili çalışmalar 1970–1971 yıllarındaki ekonomik ve politik nedenlerden dolayı sonuçsuz kalmıştır. Daha önce yapılan fizibilite ve santralin kuruluş yerleriyle ilgili çalışmalar revize edilerek 1976 yılında Silifke'nin 45 km. batısındaki Akkuyu bölgesi için TAEK'ndan yer lisansı alınmıştır. Santral için yardımcı tesisleri, sosyal tesisleri ve koruma alanını kapsayacak şekilde toplam 8,5 km² 'lik alan kamulaştırılmıştır.

Türkiye'nin 1998 yılında revize edilen elektrik planlamasına göre 1000 MW gücündeki ilk nükleer santralin 2007 yılında, 1000 MW gücündeki ikinci nükleer santralin ise 2010 yılında devreye girmesi planlanmıştır. 2010 – 2020 yılları arasında nükleer santrallere 8 ünite daha eklenerek kurulu gücün 10 000 MW' a çıkarılması hedeflenmiştir. Buna göre 2020 yılında nükleer enerjinin elektrik üretimindeki payı % 9 ve genel enerji bütçesindeki payı % 2,5 olacaktı. Bu eğilimle Cumhuriyetimizin 100' üncü yılını tamamlayacağı 2023 yılında toplam nükleer kapasite 15 000 MW olabilir. Ancak, yukarıda ifade edilen bu hedefler; Akkuyu nükleer santrali, bugüne kadar hükümetler tarafından kamuoyu baskısı nedeniyle ihale edilemediğinden, şimdilik gerçekleştirilebilir gözükmemektedir.

Çevreci kişi ve örgütler Türkiye'nin diğer enerji kaynaklarının yeterli olabileceğini söyleyerek, hatta daha az enerji kullanılmasını savunarak nükleer enerjiye karşı çıkmaktadırlar. Önceki bölümlerde, Türkiye'nin enerji kaynaklarına ilişkin rezerv ve potansiyelleri ile enerji talebine ilişkin öngörüler ve ekonomik büyümenin enerjisiz olmayacağı gerçeği bu savların geçersizliğini kanıtlamaktadır. Akkuyu nükleer santralının tam kapasite ile faaliyete geçmesi halinde üretilecek enerjinin mukayesesi açısından şu örnek dikkat çekici görülmektedir. Türkiye'nin en büyük barajı olan Atatürk Barajı'nın verimi % 50 kapasite ile 1000 MWh'dır. Akkuyu'ya yapılması tasarlanan nükleer enerji santralindeki 8 adet reaktörün gücü ise 8000 MWh civarındadır. Buna göre; Akkuyu nükleer santrali, enerji açısından 8 adet Atatürk Barajı'na eşittir.

Türkiye'de mevcut duruma bakıldığında, özellikle 1980'lerin son döneminde başlamak üzere nükleer enerji karşıtları tarafından tek yanlı görüş oluşturulmaya ve tepki yaratılmaya çalışılmaktadır. Sonuçta kamuoyunda yanlış saplantılar oluştuğu görülmektedir. Bununla beraber, nükleer enerji konusunda kamuoyunun bilgilendirilmesine önem verilmeli, nükleer santralle halka rağmen değil, halkın isteği ile kurulmalıdır. Türkiye'de gereken adımların atılmasında geç kalınmıştır. Yapılan sınırlı çalışmalar yeterli sayılmaz. En kısa zamanda, geniş kapsamlı ve planlı bir bilgilendirme kampanyası başlatılmalı, ilgili sivil toplum kuruluşlarından bu amaçla yararlanılmalıdır.

3. BOR MADENİ

3.1 Bor

Bor, ametal sınıfında B harfi ile gösterilen bir kimyasal elementtir. Aslında metal ile ametal arasındaki bir sınırdadır. Bor ilk defa 1808 yılında Gay-Lussac, Louis Jacques Thenard ve Sir Davy tarafından bor oksidin potasyum ile ısıtılmasıyla elde edilmiştir. Daha saf bor, ancak bromit veya klorit formlarının tantalyum flamenti vasıtasıyla hidrojen ile reaksiyona sokulmasıyla elde edilmektedir. Bor ismi borun tuzu olan borakstan türetilmiştir.

Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk ve en hafif üyesidir. Atom numarası 5' dir. Temel hal elektron konfigürasyonu $1s^2 2s^2 2p^1$ dir. İlk üç iyonlaşma enerjisi 800.6, 2427.1 ve 3659.7 kJmol⁻¹ 'dir ve grup IIIA' nın diğer elementlerinin iyonlaşma enerjilerinden büyüktürler.

Bor elementinin, atom ağırlığı 10.82, ergime noktası $2190 \pm 20^\circ\text{C}$, kaynama noktası 2500°C 'dir. Yoğunluğu 2,34 gr/cm³'tür. Siyah renkte, metal ile ametal arası özelliklere sahip, metalik bir iletken olmasıyla birlikte yarı iletken sanayiinde de kullanılan bor, 51. yaygın element olarak yer kabuğunda yalnız olarak değil, O₂'li bileşikleri olan boratlar ve borasilikatlar halinde bulunan bir elementtir. (www.etiholding.gov.tr)

3.2 Borun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

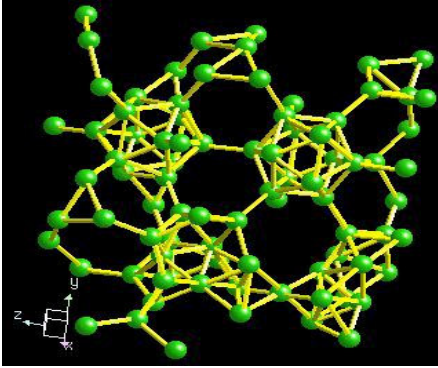
Tablo 3.1 Borun Fiziksel ve Kimyasal Bazı Özellikleri

Atom ağırlığı :	10.811 ± 0.005 g/mol
Kaynama noktası:	2500° C
Yoğunluğu :	2.34 g /cm ³
Oksidasyon sayısı :	3
Elektronegatifliği :	2.0
İyonlaşma enerjisi :	191 k cal /g atom
Sertliği :	9.3 Mohs
Atom yarıçapı :	0.98
Fusion Isısı :	5.3 k cal / g atom
Buharlaşma Isısı :	128 k cal / g atom
Kristal Yapısı :	Hexagonal

Kristal bor, önemli ölçüde hafiftir, serttir, çizilmeye karşı mukavemetlidir ve ısıya karşı kararlıdır. Bor kırmızı ötesi ışığın bazı dalga boylarına karşı saydamdır ve oda sıcaklığında zayıf elektrik iletkenliğine sahiptir. Yüksek sıcaklıkta iyi bir iletkenidir. Kristal

bor kimyasal olarak inerttir. Bor hidroklorik ve hidroflorik asitlerle kaynatıldığında bozulmaz. Sadece çok ince öğütülmüş bor, konsantre nitrat asidi ile yavaş oksitlenir.

Elmaktan sonra en sert madendir. Stratejik değere sahip bor mineralleri doğada yaklaşık 230 çeşittir. Bunlardan ticari değere sahip olanları ise boraks (tinkal), kernit (razorit), kolemanit, uleksit, propertit, pandermit ve bor asittir.



Şekil 3.1 Bor'un Kristal Yapısı

Bor elementi 150'den fazla mineralin bileşiminde yer alır. Yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunur. Borat yataklarının yer hareketlerinin sıkça görüldüğü gezegenimizi bir kabuk gibi saran levhaların birbiriyle oluşturdukları sınırlar boyunca yer aldıkları ve günümüzden yaklaşık 24-25 milyon yıl önce (neojen dönem) oluştukları saptanmıştır. En büyük borat yatakları kimyasal çökme sonucu gölsel ortamlarda meydana gelmiştir. Bunlar genellikle kil, kil taşı, volkanik kül, kireçtaşı ve benzer gölsel tortul katmanlarıyla ara katmanlıdır. Volkanik etkinlik eşzamanlı oluşan sıcak su kaynakları ve hidrotermal çözeltiler, bor elementinin oluşması için en uygun ortamlardır. Borat yataklarının kimyasal çökme sonucu gölsel ortamlarda oluşabilmesi için volkanik etkinliğin yanı sıra boratların birikim oluşturabilecekleri bir havuz olması, ayrıca, kurak yarı kurak bir iklimin hüküm sürmesi başka bir koşuldur. Boratlar suda çözünebilir nitelikte olduklarından, uzun süre boyunca böyle bir tehlikeden korunabilmeleri için üzerlerinin başka kayaç tabakaları tarafından örtülmesi gerekmektedir. Borat oluşumlarına gölsel ortamlar dışında, deniz ortamında oluşan tuz yatakları içinde de rastlanmaktadır. Ancak bu tür ortamlarda meydana gelen boratlar çoğunlukla ekonomik değere sahip değildir. Bor mineralleri bundan başka, yeraltındaki magmanın yeryüzüne yükselirken kristalleşmesi sonucu oluşur. Magmanın yeraltından yükselirken sokulum yapması ve yüzeye yaklaşırken soğuması sırasında çevredeki farklı kayaçların yüksek ısı ve basınçtan etkilenmesi de bor elementini oluşturur. (Trom petter v.d., 1999)

3.3 Bor Madeninin Tarihçesi

19. yüzyılın başlarında Fransız bilim adamları Joseph Louis Gay-Lussac ve Louis Jacques Thenand ile İngiliz bilim adamı Sir Humphrey Davy, yaklaşık aynı tarihlerde bor elementini ayırtırmayı başardılar, dolayısıyla bor elementini keşfetmiş oldular. Ancak %99 saflıktaki ilk kristalize bor 1909 yılında elde edildi.

Boraların değişik yararları ve kullanım alanları, uygarlığın ilk günlerinden bu yana biliniyor. Sümerler ve Etiler dönemlerinde metallerin yüzeyindeki oksit tabakasını çözme işlevi nedeniyle altın ve gümüş işletmeciliğinde, lehim elemanı olarak, Mezopotamya ve Mısır medeniyetlerinde antiseptik olarak, Çin'de seramik ve cam üretiminde, Romalılar'da arenaların tabanını dezenfekte etmek için ve cam yapımında, Babiller'de kuyumculukta, Araplar'da ise ilaç olarak kullanıldığına dair kaynaklar bulunmuştur. Mısırlılar'ın mumyalama işleminde, tedavi amaçlı ve değişik metalleri işlemede borakstan yararlandıkları da tahmin ediliyor. Boraks mineralinin kullanımına dair ilk yazılı metne 762 yılında Mekke, Medine ve Bağdat çevresindeki Arap yerleşimlerinde rastlanıyor. Kısa bir süre sonra Çin'de de görünüyor.

Modern bor endüstrisi ise bor'un 13. yy'da Marco Polo tarafından Tibet' ten Avrupa'ya getirilmesiyle başlamıştır. 1771 yılında, İtalya'nın Toscana bölgesindeki sıcak su kaynaklarında Sassolit bulunduğu anlaşılmış 1852' de Şili' de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği başlamıştır. Nevada, California, Caliko Moutain ve Kramer yöresindeki yatakların bulunarak işletilmeye alınmasıyla ABD dünya bor gereksinimini karşılayan birinci ülke haline gelmiştir. Türkiye' de ilk işletmenin 1861 yılında çıkartılan Maadin Nizamnamesi uyarınca 1865 yılında bir Fransız şirketine işletme imtiyazı verilmesiyle başladığı bilinmektedir.

1950 yılında Bigadiç ve 1952 yılında Mustafa Kemal Paşa yöresindeki kolemanit yatakları bulunmuştur. 1956 yılında Kütahya Emet Kolemanit, 1961 yılında Eskişehir Kırka Boraks yataklarının bulunması ve işletilmeye başlatılmasıyla Türkiye, dünya bor üretimi içinde % 3 olan payını 1962'de % 15, 1977' de % 39 düzeyine yükseltmiştir.

3.4 Bor Mineralleri

Bor minerallerinin sayısı oldukça fazladır. Sayıları 100'e yakındır. Bazı mineraller genellikle her yatakta gözlenirken bazıları ise çok ender olarak gözlenirler. Pandermit'in, sadece dünyada Balıkesir-Susurluk yatağında bulunuşu buna örnek olarak verilebilir. Ticari ve Türkiye yatakları açısından önemli olan bor mineralleri: (www.mta.gov.tr)

3.4.1 Boraks (Tinkal) ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Renksiz ve saydam olmasına rağmen, bileşimindeki çeşitli safsızlıklar nedeniyle pembe, sarımsı, gri renklerde bulunabilir. Sertliği 2-2,5, özgül ağırlığı 1,7'dir. B_2O_3 içeriği %36,5'dir. Tinkal çabuk bozunarak suyunu kaybederek tinkalkonit'e dönüşebilir. Kille ara katkılı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Türkiye'de Eskişehir-Kırka yatağında bulunmaktadır.



Şekil 3.2 Boraks'ın Mineral Hali

3.4.2 Kernit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Renksiz, saydam beyaz, uzunlamasına bireysel iğne şeklinde küme kristaller halinde bulunur. Sertliği 3, özgül ağırlığı 1,95'dir. Atmosferik koşullarda tinkalkonit'e dönüşür. Soğuk suda yavaş çözünür. B_2O_3 içeriği % 51,0'dir. Kırka'da Sodyum borat kütlesinin derin kısımlarında bulunur. Dünya'da ise Arjantin ve A.B.D.'de bulunur.



Şekil 3.3 Kernit'in Mineral Hali

3.4.3 Uleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

Masif, karnabahar, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Saf olanı beyaz olup gri renk tonlarında da bulunabilir, ipek parlaklığında olanları da vardır. Türkiye’de Emet, Kırka, Bigadiç borat yataklarında yaygın olarak ve Bigadiç yatağında ikinci cevher olarak bulunur. Emet yataklarında üç farklı düzeyde rastlanır. Burada kolemanit ve hidroborasit ile birlikte. Kırka’ da borat yatakları içinde boraks, kolemanit ve inyonit ile; kil tabakaları içinde ise kurnakovit ve inderit ile birlikte bulunur. Dünyada ise Arjantin’ de bulunmaktadır.



Şekil 3.4 Uleksit’in Mineral Hali

3.4.4 Kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır. Killer içinde cevher boşluklarında iri, parlak, saydam kristaller halinde bulunur. Türkiye’ de Emet, Bigadiç, Kestelek, Kırka, Sultançayır, borat yataklarında yaygın olarak oluşmuştur. Kırka hariç diğer yatakların esas cevheridir. Buralardaki kolemanitlerde izlenen görünümler; ışınal dokulu yumrular (nodül), masif taneli saçılmış kristaller yıldızsal, nodüllerin etrafında lifsel tabakalar, kil ara katkılı tabakalar bazen breşler halinde, boşluklarda (jeodik) , yassı öz biçimli kristaller halindedir.



Şekil 3.5 Kolemanit’in Mineral Hali

3.4.5 Probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Kirli beyaz, açık sarımsı renklere olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir. B_2O_3 içeriği % 49,6' dır. Kestelek yataklarında üleksit ikincil mineral olarak gözlenir. Ancak Emet' de tekdüze tabakalı birincil olarak ve Doğanlar, İğdeköy bölgesinde kalın tabakalı olarak oluşmuştur.

3.4.6 Pandermit ($\text{Ca}_2\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Beyaz renkte ve masif olarak teşekkül etmiş olup kireçtaşına benzer. Aragonit ile birlikte, sıcak su kaynaklarının meydana getirdiği çökellerde oluşur. Kil ve jips yataklarında da bulunur. Türkiye'de Bigadiç-Sultançayır ve Kırka-Borat yataklarında bulunmuştur. Pandermit buralarda nodüler ve bir tona yaklaşan kitleler halinde kil ve jips yataklarının altında görülür. Kırka'da kalsiyum borat zonu üstünde, killi seviye içinde yumrular ve masif kütleler halindedir.



Şekil 3.6 Pandermit'in Mineral Hali

3.4.7 Hidroborasit ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Bir merkezden ışınal ve iğne şeklindeki kristallerin rastgele yönlenmiş ve birbirini kesen kümeleri halinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir. B_2O_3 içeriği % 50,5'dir. Beyaz renkte, bazen içerisindeki safsızlıklara bağlı olarak sarı veya kırmızımsı renklere (arsenik içeriğine göre) ve kolemanit, üleksit, probertit, tunelit ile birlikte bulunur. Türkiye'de en çok Emet-Doğanlar-İğdeköy sahasında ve Kestelek'de rastlanır.

3.5 Türkiye Bor Mineralleri

Tablo 3.2 Türkiye Bor Mineralleri

Mineral	Kimyasal Bileşimi	%B ₂ O ₃	Bulunduğu Yatak
Inyonit	2CaO.3B ₂ O ₃ .13H ₂ O	37,62	Kırka, Bigadiç
Meyerhofit	2CaO.3B ₂ O ₃ .7H ₂ O	46,72	Kırka, Emet, Bigadiç
Kolemanit	2CaO.2B ₂ O ₃ .5H ₂ O	50,81	Kırka, Emet, Bigadiç, Susurluk, Kestelek
Tercit	4CaO.5B ₂ O ₃ .20H ₂ O	37,32	Bigadiç
Pandermit	4CaO.5B ₂ O ₃ .7H ₂ O	54,59	Bigadiç, Susurluk
Uleksit	Na ₂ O.2CaO.5B ₂ O ₃ .16H ₂ O	42,95	Kırka, Emet, Bigadiç, Kestelek
Probertit	Na ₂ O.2CaO.5B ₂ O ₃ .10H ₂ O	49,72	Kestelek
Boraks	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .10H ₂ O	36,51	Kırka
Tinkalkonit	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .5H ₂ O	47,80	Kırka
Kernit	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .4H ₂ O	51,02	Kırka
Hidroborasit	CaO.MgO.3B ₂ O ₃ .6H ₂ O	50,53	Kırka, Emet, Bigadiç
Inderborit	CaO.MgO.3B ₂ O ₃ .11H ₂ O	41,49	Kırka
Inderit	2MgO.3B ₂ O ₃ .15H ₂ O	37,32	Kırka

Kaynak: Bor Raporu, Türkiye Maden Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB) Metalurji Mühendisleri Odası, 2003.

3.6 Türkiye Bor Yatakları Rezervi

Türkiye bor yatakları, bilinen dünya bor rezervinin yaklaşık %70'ine sahiptir. (GÜYAGÜLER, 2002)

Tablo 3.3 Türkiye Bor Rezervi

TESİSİN YERİ	ÜRÜN CİNSİ	ÜRETİMİ (T/Yıl)
KIRKA	Konsantre Tinkal	800.000
EMET	Konsantre Kolemanit	400.000
BIGADIÇ	Konsantre Kolemanit-Üleksit	400.000
BIGADIÇ	Öğütmiş Kolemanit	60.000
KESTELEK	Konsantre Kolemanit	100.000
	TOPLAM	1.760.000

Kaynak: GÜYAGÜLER, 2002

Bor ürünleri üreten tesisler, Bandırma ve Kırka' da bulunmaktadır. Toplam bor konsantresi ürünü üretimi 1.760.000 ton/yıldır.

Tablo 3.4 Ürün Cinsine Göre Üretim Kapasitesi

ÜRÜN CİNSİ	ÜRETİM (T/Yıl)
Boraks Dekahidrat	47.000
Susuz Boraks	60.000
Sodyum Perborat Tetrahidrat	20.000
Sodyum Perborat Monohidrat	4.500
Boraks Pentahidrat	320.000
Borik Asit	85.000

Kaynak: GÜYAGÜLER, 2002

3.7 Türkiye Bor Madenciliği

Türkiye'de bilinen başlıca borat yatakları Batı Anadolu'da yer almakta ve bu yataklar dünya rezervinin % 60-70' ine sahip bulunmaktadır. Türkiye rezervlerinin % 37'si Bigadiç, % 34' ü Emet, % 28 'i Kırka ve %1' i Kestelek bölgesinde bulunmaktadır.

Bigadiç işletmesinde başlıca bor mineralleri kolemanit ve üleksittir. Boratlar 1-8 m kalınlıkta tabakalar halinde killer arasında yer alırlar . Kapalı ve açık ocaklardan üretilen tüvenan cevherler 600 000 ton/yıl tüvenan cevher yıkama kapasiteli konsantratörlerde zenginleştirilerek, 25-125 mm, 3-25 mm kolemanit konsantreleri ile 3-125 mm ve 0.2-3 mm üleksit konsantreleri elde edilir.

3.8 Türkiye Bor Teknolojisi

Dünya rezervinin yaklaşık %70'inin bulunduğu, aynı zamanda da dünyanın ikinci büyük üreticisi olan Türkiye'de, bor ETİBOR tarafından üretilir.

Etibor ürünleri, ham cevher, konsantre cevher ve son ürün (bor türevleri) olarak üç gruptur.

3.8.1 Hammadde ve Konsantre Ürün

Türkiye'de üretilen bor hammaddesi ve konsantre ürün tamamen Etibor tarafından, Kırka ve Emet'te bulunan konsantratörlerde konsantre cevher elde edilmektedir. Emet'de bulunan konsantratörde kırma ve titreşimli eleme işlemleri sonrasında seperatörlerden geçirilen cevher; 25-100 mm iri cevher, 3-25 mm orta ürün ve 0-3 mm ince taneli ürün olarak sınıflandırılır. Kırka tesisinde de bor cevherleri, benzer şekilde zenginleştirilmeye tabi tutulmaktadır. Emet ocaklarından yılda 480.000 ton ham cevher üretilir. Emet' de ise 200.000 ton Hisarcık konsantre cevheri ve 56.000 ton Espey arsenikli cevheri olmak üzere iki farklı ürün elde edilir.

3.8.2 Konsantre Ürün ve Borik Asit

Emet ve diğer bölgelerden üretilen cevherlerin bir kısmı, Bandırma Asit Borik Tesisi'ne gönderilerek burada bulunan iki üniteden oluşan tesiste; çözme, evaporatör ve tiknerleme vb yöntemlerle son ürünler üretilir.

Kırka' da bulunan Bor Türevleri Tesisi'nde de Borat Türevleri Ürünleri üretimi yapılmaktadır. Kırka Tesisleri'nde tinkal cevheri üretilir.

Etibor' un mamul ürünleri Bandırma Asit Borik Tesislerinde üretilmekte ve dünya pazarına sunulmaktadır.

- Boraks Dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Boraks Pentahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Borik Asit (H_3BO_3)
- Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Katma değeri yüksek, ileri teknolojiye dayalı, bilgi yoğun bor üretilmesi ve bunların üretilmesine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip ülkemiz için çok önemli bir hedef olarak dikkate alınmalıdır.

Üstün optik ve manyetik özellikleri nedeniyle dikkati çeken bor fosfatlı bileşikler, non-lineer optik özellikleri nedeniyle UV lambalar, flüoresan lambalar, düz kare TV ekranları üretiminde önem kazanan lityum borat bileşikleri konularında ülkemizde çalışmalar sürdürülmektedir. Elmasa yakın sertliğe sahip bor nitrür, bor karbür gibi stratejik özelliği olan, savunma sanayinde önemli uygulama alanı bulan malzemelerin üretimi, yine nükleer teknolojide nötron tutucu olarak kullanımı önerilen bor nitrür'ün üretim teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik araştırmaların ülkemizdeki bilgi birikimi ile mümkün olabileceği görülmektedir. Bor karbür ve bor flamanlar korozyona dayanıklılığı, sertliği, hafif olmaları, yüksek çekme gerilimine sahip olmaları nedeni ile ileri malzemeler arasında dikkati çekmektedir. Bor esaslı ve metal polimer matrisli kompozitler, korozyona ve diğer çevresel etkilere karşı dayanıklılıkları, sertlikleri, hafif olmaları nedeni ile çeşitli ileri teknoloji ürünleri arasında önemli bir yer teşkil ederler.

Yakıt pilleri ile enerji üretiminde kullanılan hidrojenin depolanmasında ve hidrojen kaynağı olarak bor hidrür bileşiklerinin kullanımı önemli ve yeni uygulama alanı olarak yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Özellikle hidrojen kaynağı olarak sodyum bor hidrür üretimi ve yakıt pillerinde hidrojen üretiminden sonra oluşan sodyum borat'ın tekrar sodyum bor hidrür'e dönüştürülmesi ileriye yönelik önemli bir araştırma konusu olarak dikkati çekmektedir. Borlu bileşiklerin hidrojen depolanmasında kullanımına yönelik bilimsel gelişmeler yakıt pillerinin ekonomik olarak kullanımına olanak sağlayabilecektir. Ayrıca yakıt pillerinde proton iletkenliğini artıran membran geliştirilmesinde de bor bileşiklerinin kullanımı araştırılmaktadır.

Bor bileşikleri ile yüzey kaplama tekniklerinin geliştirilmesi, üstün özelliklere sahip bor kaplanmış çelik üretimi de ülkemizde bilgi birikiminin mevcut olduğu konulardır. Ayrıca MgB_2 ' nin üstün iletken olarak kullanımı da üzerinde çalışılan konulardandır. Fungusit ve antiseptik olarak kullanım alanı bulan, ayrıca boyar madde sentezinde ve katalizör olarak kullanılan bor alkolsitler konusunda da bilgi birikimi mevcuttur. Bazı bor bileşiklerinin tıpta ve eczacılıkta çok önemli potansiyel kullanım alanları üzerinde araştırmalar yapılmakta olup bu konulardaki çalışmaların teşviki üzerinde durulmaktadır. (GMELIN, 2001)

3.9 Bor Madeninin Stratejik Önemi

Bor ve borlu yakıtlar, 1950'li yılların başında ABD Savunma Programında geleceğin yakıtı olarak adlandırılmış ve nükleer silahlanma dışında 2. önemli stratejik malzeme olarak

nitelendirilmiştir. 1958-1961 yılları arasında ABD ve NATO tarafından bor, stratejik bir maden olarak ilan edilmiş, pazarlaması kontrol altına alınmış ve COCOM olarak nitelendirilen tedbirler kapsamında Varşova Paketi ülkelerine ihracı yasaklanmıştır.

Bor madeninin önemi, ülkeleri bu konuda çıkarlarını düşünmeye ve planlı davranmaya sevk etmektedir. Bor hakkında sürdürülen araştırmaların, bor bileşiklerinin yüksek teknoloji ürünlerdeki yeni kullanım alanlarını keşfetmesi, bu madeni gelecekte, petrol gibi üzerinde uluslar arası mücadelelerin yaşandığı bir ürün konumuna getirebilecektir.

Bor madenin kullanım miktarındaki asıl önemli artış, bor'un yakıt taşıyıcısı olarak kullanılmasıyla sağlanabilecektir. Birçok pil, akümülatör vs. enerji üretim aygıtında yakıt olarak kullanılan hidrojenin elde edilme, nakil ve depolama yöntemleri bu aygıtların verimliliğinin artırılması karşısındaki en önemli sorunlardır. Çünkü hidrojen çok düşük sıcaklıklarda sıvılaşmakta, (-252 santigrat derece), gaz halindeyken çok yer kaplamakta, patlayıcı bir gaz olması sebebiyle taşıma ve depolama işlemleri sırasında tehlike arz etmektedir. Bu sebeple, bor bileşiklerinin hidrojen taşıma kapasiteleri, bu bileşiklerin yakıt taşıyıcısı olarak yeni bir öneme kavuşabileceğine işaret etmektedir. (KAHRİMAN, 2001)

Avrupa ve Amerikalı büyük üreticilerin Türkiye'deki bor yataklarına daha Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde başlayan ilgileri bor madenleri 1978 yılında kamulaştırıldıktan sonra da azalmadan sürmüştür. Bor madenlerinin özelleştirilmesi 1999'da IMF ile yapılan stand-by anlaşmasının taahhütleri arasında da yer almıştır.

Bor madenleri 1978 yılında devletleştirilmeden önce Türkiye'de de bor madenciliği ile uğraşan Avrupalı ve Amerikalı firmaların, çıkardıkları borun ham halde ihracını tercih ettiği, bu firmaların boru Türkiye'de işleyecek entegre tesisler vs kurmadıkları, Türkiye'ye bor konusunda herhangi bir teknoloji transferinde bulunmadıkları, bor rezervlerinin miktarını küçük, madenin değerini düşük göstermeye çalıştıkları tespit edilmiştir. Bunun da büyük ölçüde borun stratejik öneminden ve dünya çapındaki bor üreticisi firmaların Türkiye'deki bor yataklarına olan ilgilerinden kaynaklandığı açıktır.

Etibank bor piyasasına 1960-1968 yılları arasında girmiş ve bu dönemde yabancı firmalarla kıyasıya bir fiyat belirleme savaşı yaşanmıştır. Ticaret ve Enerji Bakanlığı 1974 yılında, bu rekabet sonucunda tonu 30 \$'a kadar düşen bor cevherinin fiyatını taban fiyat uygulayarak 70 \$/ton'a yükseltmiştir. Ton fiyatı daha sonra 90 \$'a kadar yükselmiş, ancak, bu fiyatla bile bor, o dönemde dünya piyasalarında 120 \$/ton olan değerinin çok altında

kalmıştır. Bu sebeple bor madeninin 1978 yılında devletleştirilmesindeki en önemli amaçlardan biri madenin dünya piyasasındaki gerçek değerinden satılarak yurt dışına kaynak transferi yapılmasının önüne geçmek olmuştur.

Devletleştirmenin faydaları kısa sürede görülmeye başlanmış, Türkiye'nin dünya bor üretiminde (B_2O_3 bazında) 1970 yılında % 16 olan payı; 1980 yılında % 26, 2001 yılında %33.4'e yükselmiştir. 1978 yılında 83,4 milyon \$ olan bor gelirleri 2000 yılında 208 milyon \$'a ulaşmış, dünyanın en kaliteli kolemanitleri olan Emet, Bigadiç, Kestelek kolemanitleri 1978 yılı öncesi 40-60 \$/Ton fiyatla satılırken 290-295 \$/Ton fiyatla satılabilir hale gelmiştir. Bugün, Eti Holding'in ürün portföyündeki ham bor ürünleri için ortalama brüt kâr marjı %50 civarında olup, bazı bor ürünlerinde brüt kâr marjı %500'ü aşmaktadır.

TMMOB bor raporunda belirtildiği üzere, devletleştirme sonrası bulunan rezerv, daha öncesinde özel sektöre ilan edilen rakamın 115 katı kadar artmıştır. 1978 yılına kadar Türkiye'nin bor cevheri pazarlamasında kaba yıkama dışında hiçbir işlem yapılmamış, satılan bor cevherleri Avrupa ve ABD'nde işlenerek rafine ürünler çok daha pahalıya Türkiye'ye ithal edilmiştir. Eti Holding, rafine ürün üretimi çalışmalarına 1978'den sonra başlamış olmasına ve rakibi US Borax'ın 140 yıldan fazla bir süredir pazarda teknik üstünlüğe ve geniş dağıtım ağlarına sahip olmasına rağmen, Avrupa pazarının %51'ini, dünya pazarının %36'sını almayı başarmıştır. Bugün, konularında oldukça deneyimli elemanlar yetişmiş, özgün teknoloji geliştirme konumuna gelinmiştir. Edinilen bilgi birikimi doğrultusunda yatırımlar gerçekleştirilmekte, Eti Holding hedeflenen üretim ve satış miktarlarına ulaşmaktadır.

Dünya bor üretimi %100 B_2O_3 bazında 1,5 milyon ton civarındadır. Bu üretimin %42'si ABD sermayeli US Borax (ya da diğer adıyla Rio Tinto), %33,4'ü Eti Holding A.Ş. tarafından gerçekleştirilmektedir. Değer olarak ise dünyada yaklaşık yıllık 1,2 milyar ABD doları kadar B_2O_3 pazarı bulunmaktadır. Eti Holding bu pazarın parasal olarak %20-23'üne, US Borax ise %65-70'ine sahiptir. Bor gibi 21. yüzyılın petrolü olarak adlandırılan bir madenin en büyük rezerv kaynağı olan Türkiye'nin, bor ihracatından yılda yalnızca 102 milyon dolar, bor ürünleri ihracatından ise 106 milyon dolar kazanıyor olması, önemli bir kapasitenin israf edildiğine işaret etmektedir.

Türkiye bor madenini tam rafine işlenmiş olarak değil, ham veya yarı rafine halde satmasından dolayı çok önemli döviz kazandırıcı fırsatları kaçırmaktadır. Bunun çeşitli örnekleri verilmektedir. "Örneğin, ortalama FOB Bandırma 200 dolar/ton dan sattığımız %42 B_2O_3 tenörlü kolemanit cevherini (Türkiye bu cevherde dünyanın tek üreticisi ve ihracatçısı

konumundadır) alan bir ihracatçı firma söz konusu ürünü öğüttükten sonra 600-650\$/ton fiyatla nihai kullanıcıya satmaktadır.

Türkiye en büyük rezerv sahibi olarak bor dünya piyasasını ve fiyatlarını belirleyebilecek konumda olma imkânına sahiptir. Ancak, dünyadaki örnekler maden zengini gelişmekte olan ülkelerin bu madenlerden yeterince yararlanamadığını, ham madene sahip olan ülkelere ziyade, bu madenle ilgili teknolojiye sahip olan gelişmiş ülkelerin piyasaları kontrol ettiğini göstermektedir. Türkiye de, 1978 yılında yapılan devletleştirilmeden sonra bu konuda önemli yol katetmiş olsa da, kalkınmakta olan ülke statüsünün getirdiği sorunlar ve teknolojik eksiklikleri sebebiyle bor dünya piyasasında rezervleri ile orantılı bir hâkimiyete sahip olamamaktadır. Gelişmiş ülkeler sanayilerinin pek çok alanında alternatifi olmayan, ikamesi zor bir hammaddede büyük oranda Türkiye'ye bağımlıyken, Türkiye bu avantajını iyi değerlendirememekte, bordan kazandığı ihracat geliri düşük oranlarda kalmaktadır. (ATDEMİR, 2001)

Bor ürünlerine ait teknolojiler genellikle teknolojiyi üreten ülkelere gizlenmekte, bu konudaki bilgilere kolaylıkla ulaşılamamaktadır. Bu sebeple diğer ülkelere önemli teknoloji transferleri yapılamamıştır. Eti Holding A.Ş.'nin teknik elemanlarının özverili çalışmaları ve üniversitelerle yaptığı işbirliği sonucu üretim sorunlarına çözüm getirilebilmiş, özgün teknolojiler dahi geliştirerek önemli bilgi birikimi ve tecrübe kazanılmıştır. (ÜNCÜ, 2003)

Diğer taraftan, Eti Holding A.Ş.'nin dünya pazarlarındaki en büyük rakibi US Borax ise 80'den fazla ülkede örgütlenmiş, 1800'lü yılların sonlarından beri üretim teknolojisini sürekli geliştiren, bor'un kullanım alanlarının genişletilmesi yönünde çalışmalar yapan, üretim, depolama, dağıtım ve pazarlama faaliyetleri ile dev bir kuruluştur. US Borax'ın sahibi Rio Tinto, dünya maden üretiminde %12,5'lük payı ile birinci sıradadır.

3.10 Bor Cevherlerinin Endüstrideki Kullanımı

Çok çeşitli sektörlerde kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin % 10 'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır. (BULUTÇU, 2001) Bor ürünlerinin başlıca kullanım alanları şunlardır:

3.10.1 Cam ve Seramik Sanayi

a) Cam Elyafı Yapımında Bor Ürünleri

Ergimiş cama % 7 bor oksit verecek şekilde bor pentahidrat veya üleksit-probertit katılmaktadır. Maliyetine bağlı olarak sulu veya susuz tipleri kullanılmakta, bazen borik asit'ten yararlanılmaktadır. Kullanılan bor oksitin % 24'ü A.B.D.'de, % 14'ü B.Avrupa'da yalıtıcı cam elyafı imalinde tüketilmektedir. İstenen yalıtkanlık derecesine göre çeşitli spesifikasyonlar tanımlanır. Binalarda asbestin yerine ısı ve ses yalıtımında kullanılmaktadır.

Cam Elyafı, kullanıldığı malzemelere sertlik ve dayanıklılık kazandırmakta, ayrıca malzemenin de hafif olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle plastiklerde, lastiklerde, sınav elyaflarda, otomotiv, uçak ve diğer sanayi sektörlerinde çelik ve diğer metallerin yerine, spor malzemelerinde kullanılmaktadır. İngiltere'de oto başına 70-75 kg cam yünü tüketilmektedir. Bu gibi ürünlerde rafine kolemanit tercih edilmektedir.

Fiberoptik sanayiinde, liflere %6 borik asit ihtiva etmektedir. Philips'in Hollanda'daki fabrikasında bu lifler üretilmektedir. Optik cam elyafı ışık fotonlarının etkin biçimde transferlerini sağladığından günümüzde telekomünikasyonda tercih edilmekte olup kablo yerine kullanılmaktadır. Örneğin, Ankara-Çankaya ilçesinde Türk Telekom tarafından kullanılmıştır.

b) Borcam Yapımında

Camın ısıya dayanımının artması ve cam imalatı sırasında çabuk ergimesini ve devitrifikasyonun önlenmesini sağlayan bor, aynı zamanda camın yansıtma, kırma, parlama gibi özelliklerini de artırmaktadır. Bor, camı asite ve çizilmeye karşı korur. Cam eriyiğinin % 0,5 ile % 0.23'ü bor oksitten oluşmaktadır. Ateşe dayanıklı olan Pyrex camlarda %13,5 B₂O₃ vardır.

Genellikle cama boraks, kolemanit, borik asit halinde karma olarak ilave edilerek bor cam elde edilir. Otolar, fırınlar, çamaşır makinesi, vb makinelerde bu tür camlar tercih edilir. ABD'de bu tür cam imal eden 100'e yakın firma vardır.

c) Emaye ve Seramik Sır Yapımında

Emayelerin viskozitesini ve doyunlaşma ısını azaltan borik oksit %20'ye kadar kullanılmaktadır. Sulu boraks ve bazı hallerde borik asit veya susuz boraks da kullanılır.

Mutfak aletleri, banyolar, kimya sanayi teçhizatı, su tankları, silahlar, vb alanlarda da emaye kaplama kullanılır.

Seramiği çizilmeye karşı dayanıklı kılan bor %3-24 oranında kolemanit halinde sırlara katılmaktadır. Avrupa'nın en önde gelen seramik üreticisi olan Türkiye seramiklerinde, İngiltere, İtalya ve İspanya'da kaolenden mamul eşyaları sırla kaplanır. Tuğlalara da bu sırdan sürülmektedir.

3.10.2 Sabun ve Deterjan Sanayi

Temizleyici maddeler klorinli veya peroksitli bileşiklerdir. Deterjanların ağırlığının % 20-25' i sodyum perborattır. En önemli rakip maddeler sodyum hidroksit, sodyum hipoklorit ve hidrojen peroksittir. Bulaşıktan çok çamaşırdaki tercih edilmektedir. Perborat ürününün % 90'ı deterjan imalatında kullanılmaktadır. Sabun ve deterjanlara mikrop öldürücü (jermisit) ve su yumuşatıcı etkisi nedeniyle % 10 boraks dekahidrat ve beyazlatıcı etkisini artırmak için toz deterjanlara % 10-20 oranında sodyum perborat katılmaktadır.

Ancak bilinçsiz ve aşırı deterjan kullanımı nedeniyle, atık suların içerisindeki bor oranı yükseldiğinden çevre kirlenmesine sebep olmakta ve günümüzde bu konuda yoğun tartışmalar yapılmaktadır.

3.10.3 Yanmayı Önleyici (Geciktirici) Maddeler

Borik asit ve boratlar selülozik maddelere, ateşe karşı dayanıklılık sağlarlar. Tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdaki su moleküllerini uzaklaştırırlar ve oluşan kömürün yüzeyini kaplayarak daha ileri bir yanmayı engellerler.

Bor kendisinin oksit olması, ergime ısısının 2300 °C olması nedeniyle yanmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı yanmayı önleyici madde olarak kullanılır veya bu özellikteki maddelerin içerisinde değişik oranlarda katılır.

Özellikle, çinko borat, boraks, amonyum florborat ürünleri olan yangın önleyiciler antimuan trioksit ile birlikte kullanılmakta olup dumanın emilme hızını uzattığı, kor halindeki ateşi çabuk bastırıldığı için daha üstün bir mamuldür. Ancak maliyetleri (Alümina trihidrat, magnezyum hidroksit) bileşimli olan yangın önleyicilere nazaran daha yüksektir.

3.10.4 Metalurji Sanayi

Boratlar yüksek sıcaklıklarda düzgün, yapışkan, koruyucu ve temiz, çapaksız bir sıvı oluşturma özelliği nedeniyle demir dışı metal sanayiinde koruyucu bir cüruf oluşturu ve ergitmeyi hızlandırıcı madde olarak kullanılmaktadır.

Bor bileşikleri, elektrolit kaplama sanayiinde, elektrolit elde edilmesinde sarf edilmektedir. Borik asit nikel kaplamada, fluoboratlar ve fluoborik asitler ise; kalay kurşun, bakır, nikel gibi demir dışı metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır.

Alaşımelerde, özellikle çeliğin sertliğini artırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu konuda ferrobora oldukça önem kazanmıştır. Çelik üretiminde 50 ppm bor ilavesi çeliğin sertleşme niteliğini geliştirmektedir. Demir, bor, karbon ve silikon ile yapılan deneysel camlı metal üretimlerinde başarılı olunmuştur. Transformatörlerdeki enerji kaybını 1/3'e indiren bu metaller gelecekte hızlı bir gelişme göstermektedir.

3.10.5 Tarım Sektörü

Bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı), kaba yoncalar, alfaalfalar, meyve ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık bir gübre kullanılmaktadır. Bu ise, suda çok eriyebilen sodyum pentaborat ($\text{NaB}_5\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) veya disodyum oktaboratın ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$) mahsulün üzerine püskürtülmesi suretiyle uygulanmaktadır.

Bor, sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte otların temizlenmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda da kullanılmaktadır.

Yeni imal edilen, keresteyi böceklerden korumak için borik asit veya boraks pentahidrat banyosu kullanılmaktadır. Dizel ve uçak yakıtlarında gelişen fungusların önlenmesi için borik asit esteri kullanılmaktadır.

Karıncalar ve hamam böceği için de etkili bir öldürücüdür.

3.10.6 Nükleer Sanayi

Tüketim miktarı yönünden önemli olmamasına rağmen teknolojik ilerleme açısından büyük önemi olan bir kullanım alanıdır.

Bor mineral ve bileşikleri ^{10}B ve ^{11}B izotoplarını içerirler. Bor'un nötron emme gücü çok yüksektir. Bor izotopları nükleer reaksiyon sırasında denetim kurulmasına olanak verdiği gibi, dimetil eter, elementer bor, zenginleştirilmiş bor oksit veya asit veya ferrobora haline dönüştürüldüğünde nükleer reaktörün kontrol çubuklarının yapımında da kullanılır. Bu çubuklar % 2 bor içeren çelik/alüminyum alaşımlarıdır. ^{10}B nükleer reaktörlerde koruyucu kabuk olarak işe yaramaktadır.

Atom reaktörlerinde borlu çelikler, bor karbürler ve titanbor alaşımları kullanılır. Paslanmaz borlu çelik, nötron absorbanı olarak tercih edilmektedir. Yaklaşık her bir bor atomu bir nötron absorbe etmektedir.

Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörün alarm ile kapatılmasında ^{10}B kullanılır. Ayrıca, nükleer atıkların depolanması için kolemanit kullanılmaktadır.

3.10.7 Sağlık Sektörü

BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle; beyin kanserlerinin tedavisinde hasta hücrelerin seçilerek imha edilmesinde kullanılmakta ve sağlıklı hücrelere zararının minimum düzeyde olması nedeniyle tercih nedeni olabilmektedir.

İnsan vücudunda normalde bulunan bor, bazı ülkelerde tabletler şeklinde üretilmeye başlanmıştır.

3.10.8 Diğer Kullanım Alanları

Ahşap malzeme korunması için sodyum oktaborat kullanılır. % 30' luk sodyum oktaborat çözeltisi ile muamele görmüş tahta malzeme yavaş yavaş kurutulursa bozunmadan ve küllenmeden uzun süre kullanılabilir.

Silisyum üretiminde bor triklorür, polimer sanayinde, esterleme ve alkilleme işlemlerinde ve etil benzen üretiminde bor trifluorür katalizör olarak kullanılmaktadır.

Tekstil sanayiinde, nişastalı yapıştırıcıların viskozitelerinin ayarlanmasında, kazeinli yapıştırıcıların çözücülerinde, proteinlerin ayrıştırılmasında yardımcı madde boru ve tel çekmede akıcılığı sağlayıcı madde, dericilikte kireç çöktürücü madde olarak boraks kullanılmaktadır.

Bor'un önümüzdeki yıllarda önemli miktarda kullanılabileceği bir üretim dalı da çimento sanayiidir.

Tablo 3.5 Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları

KULLANIM ALANI	KULLANIM YERLERİ
Askeri & Zırhlı Araçlar	Zırh Plakalar, Seramik Plakalar, Ateşli Silah Namluları vb.
Cam Sanayi	Borosilikat Camlar, Laboratuvar Camları, Uçak Camları, Borcam, Pyrex, İzole Cam Elyafı, Tekstil Cam Elyafı, Optik Lifler, Cam Seramikleri, Şişe, diğer Düz Camlar, Otomotiv Camları vb.
Elektronik ve Bilgisayar Sanayi	Mikro Chipler, LCD Ekranları, CD-Sürücüler, Akım Levhaları, Bilgisayar Ağlarında; Isıya-Aşınmaya Dayanıklı Fiber Optik Kablolar, Yarı İletkenler, Vakum Tüpler, Dielektrik Malzemeler, Elektrik Kondansatörleri, Kapasitörler, Gecikmeli Sigortalar, Bataryalar , Laser Printer tonerleri vb.
Enerji Sektörü	Güneş Enerjisinin Depolanması, Güneş Pillerinde Koruyucu olarak, Hücre Yakıtları vb.
Fotoğrafçılık ve Görüş Sistemleri	Kamera ve Mercek Camları, Fotoğraf Makinaları, Dürbünler, Banyo ve Film İmalatları
İlaç ve Kozmetik Sanayi	Dezenfekte Ediciler, Antiseptikler, Diş Macunları, Lens Solüsyonları, Kolonya, Parfüm, Şampuan vb.
İletişim Araçlarında	Cep Telefonları, Modemler, Televizyonlar vb.
İnşaat Sektöründe	Çimentoya Mukavemet Artırıcı ve İzolasyon Amaçlı olarak
Kağıt Sanayi	Beyazlatıcı olarak
Kauçuk ve Plastik Sanayi	Naylon vb Plastik Malzemeler vb.
Kimya Sanayi	Bazı Kimyasalların İndirgenmesi, Elektrolitik İşlemler, Flotasyon İlaçları, Banyo Çözeltileri, Katalistler, Atık Temizleme Amaçlı olarak, Petrol Boyaları, Yanmayan ve Erimeyen Boyalar, Tekstil Boyaları, Yapıştırıcılar, Soğutucu Kimyasallar, Korozyon Önleyiciler, Mürekkep, Pasta ve Cilalar, Kibrit, Kireçlenme Önleyicileri, Dezenfektan Sıvılar, Sabun, Toz Deterjanlar, Toz Beyazlatıcılar, Parlaticılar ,Mumyalama vb
Koruyucu	Ahşap Malzemeler ve Ağaçlarda Koruyucu olarak, Boya ve Vernik Kurutucularında vb.
Makine Sanayii	Manyetik Cihazlar, Zımpara ve Aşındırıcılar Kompozit Malzemeler, vb.
Metalürji	Kaplama Sanayiinde Elektrolit olarak, Paslanmaz ve Alaşımli Çelik, Sürtünmeye-Aşınmaya Karşı Dayanıklı Malzemeler, Kaynak Elektrotları, Metalürjik Flaks, Refrakterler, Briket Malzemeleri, Lehimleme, Döküm Malzemelerinde Katkı Maddesi olarak, Kesiciler Kompozit Malzemeler, Zımpara ve Aşındırıcılar vb.
Nükleer Sanayi	Reaktör Aksamları, Nötron Emiciler, Reaktör Kontrol Çubukları, Nükleer Kazalarda Güvenlik Amaçlı ve Nükleer Atık Depolayıcı olarak,
Otomobil Sanayi	Hava Yastıklarında, Hidroliklerde, Plastik Aksamda, Yağlarda ve Metal Aksamlarda, Isı ve Ses Yalıtımı Sağlamak Amacıyla, Antifrizler vb.

Patlayıcı Maddeler	Fişek vb.
Seramik Sanayi	Emaye, Sır, Fayans, Porselen Boyaları vb.
Spor Malzemeleri	Kayak Aksamları, Tenis Raketleri, Balık Oltaları, Golf Sopaları, Darbe Koruyucular vb.
Tarım Sektörü	Biyolojik Gelişim ve Kontrol Kimyasalları, Gübreler, Böcek-Bitki Öldürücüler, Yabani Otlar vb.
Tekstil Sektörü	Isıya Dayanıklı Kumaşlar, Yanmayı Geciktirici ve Önleyici Selülozik Malzemeler, İzolasyon Malzemeleri, Tekstil Boyaları Deri Renklendiricileri, Suni İpek Parlatma Malzemeleri, vb.
Tıp	Ostreopoz Tedavilerinde, Alerjik Hastalıklarda, Psikiyatride, Kemik Gelişiminde ve Artiritte, Menopoz Tedavisinde BNTC Terapi Yöntemiyle Beyin Kanserlerinin Tedavisinde, Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazlarında vb.
Uzay ve Havacılık Sanayii	Stirtünmeye-Aşınmaya ve Isıya Dayanıklı Malzemeler, Roket Yakıtı, Uydular, Uçaklar, Helikopterler, Zeplinler, Balonlar vb.

3.11 Özel Bor Ürünleri

Dünya pazarında geniş bir tüketici kitlesi olan ham bor ürünleri (konsantre cevherler) ve rafine bor ürünlerinin (Borakslar, borik asit, sodyum perborat) yanında üçüncü grup bor ürünleri ; Özel Bor Ürünleri'dir.

Bu ürünlerin başlıcaları;

- Çinko Borat
- Bor Karbür
- Bor Nitrür
- Borhidrürler (Sodyum ve potasyum borhidrür)
- Ferrobor
- İnorganik Boratlar
- Elementer Bor
- Borik Asit Esterleri
- Fluoroboratlar
- Organobor bileşikleri
- Bor-Azot bileşikleri

Bu grupta yer alan ürünlerin bir bölümü ülkemizde laboratuvar çapında başarılı olarak üretilmiş olmakla birlikte henüz hiçbiri ticari olarak üretilmemektedir.

Hedef; bu ürünlerin üretimi paralelinde bunların tüketimine yönelik endüstrilerin de geliştirilmesidir.

a) Çinko Borat

Henüz ülkemizde ticari boyutta üretimi olmayan çinko borat alev geciktirici, duman bastırıcı, korozyon geciktirici olarak polimerlerde ve kaplamalarda kullanılır.

Baslıca kullanım alanları;

Yanmaya dayanıklı

- kablolar
- boyalar
- kumaşlar
- elektrik / elektronik parçalar
- halı kaplamalar
- otomobil / uçak iç aksamları
- tekstil ve kağıt endüstrisi'dir.

b) Bor Nitrür

En çok kullanılan bor nitrür türü Hegzagonal Bor Nitrür'dür.Hegzagonal Bor Nitrür çok iyi yağlama özelliğine sahip olduğu için;

- Mekanik aksamlarda,
- Seramik ve cam endüstrisinde

kullanılmaktadır.

Diğer bir bor nitrür türü olan Kübik Bor Nitrür ;

- Çok yüksek ısı direnci nedeniyle kesme aletlerinde,
- Aşındırıcı malzeme olarak,
- Sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde,
- Kuru yağlayıcı olarak ve yağlama yağı katkısı olarak,
- Seramik Sanayinde,
- Kozmetik Sanayinde,
- Havacılık ve Uzay uygulamalarında çeşitli kompozit malzemelerin üretiminde,

kullanılmaktadır.

c) Bor Karbür

Elmas ve kübik yapıdaki bor nitrür'den sonra günümüzde bilinen malzemeler içerisinde en yüksek sertliğe sahip olan bor karbür ise;

- Makine ve çalışma aletleri yüzeylerinin işlenmesinde, (Matkap uçları, dişli mekanizmalar, rulman yatakları, suni malzeme pres kalıpları, frezeler vb.)
 - Seramik ve sert çalışma malzemelerinin işlenmesinde, (Kuars, optik camlar vb.)
 - Seramik yapı parçaları imalatında,
 - Nükleer kalkan ve termik nötronların tutulmasında,
 - Metal matriks kompozitlerinde
- kullanılmaktadır.

Bor karbür ve bor nitrür üretimleri konusunda ülkemizde laboratuvar çapında sonuçlandırılmış birçok çalışma mevcuttur.

d) Ferrobor

Ferrobor çelik, dökme demir, sürekli mıknatıslar ve amorf metallerin üretiminde kullanılır. Dünya ferrobor üretiminin % 50'den fazlası çelik endüstrisinde kullanılmaktadır. Üretimin % 10'luk bir bölümü ise Nd-Fe-B mıknatıslarının üretiminde kullanılmaktadır.

Ferrobor üretimi konusunda laboratuvar çapında başarılı sonuçlanmış çalışmalar vardır.

e) Sodyum Borhidrür

Sodyum borhidrür kâğıt sanayinde, bir ağartıcı olan sodyum hidrosülfid üretiminin yanında, birçok ilaç ve özel organik kimyasalların üretiminde de kullanılmaktadır.

Son yıllarda hidrojen taşıyıcı özelliğinden yararlanma konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

f) İnorganik Bor Bileşikleri

Baryum metaborat, amonyum biborat, amonyum pentaborat, kalsiyum borat, bakır borat, lityum borat, magnezyum diborür, titanyum diborür, potasyum pentaborat bu grupta sayılabilecek bileşiklerdir.

İnorganik bor bileşiklerinden ;

Potasyum Pentaborat paslanmaz çelik ve çeşitli demir dışı metallerin kaynak ve lehim işlemlerinde,

Baryum Metaborat korozyon önleyici,

Amonyum Biborat ürefoaldehit reçinelerinde nötralizasyon amacı ile,

Amonyum Pentaborat elektrolitik kapasitörlerde elektrolit olarak,

Magnezyum Diborür süperiletken olarak,

Kalsiyum Borat antifriz bileşiklerinde, metalurjik fluxlarda ve porselen üretiminde,
Bakır Borat mantar oluşumunu önleyici olarak,
Lityum Borat cam ve seramik endüstrilerinde ve X-ray Spektroskopide flaks olarak,
kullanılmaktadır.

Özel Bor Ürünlerinin Kullanıldığı Bazı Yüksek Teknoloji Projeleri

- Sodyum borhidrür'lü yakıt pilleri,
- Nd-Fe-B mıknatısları ve Maglev teknolojisinden yararlanılan hızlı trenler,
- Bor'un nötron tutucu özelliği ve BNCT yöntemi

4. TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİ ve ENERJİ KAYNAĞI BOR

4.1 Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi

Tablo 4.1 Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi

BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI TÜKETİMİ (Orjinal Birimler)															
YILLA	TAŞKÖMÜRÜ (BinTon)	Linyit (BinTon)	ASFALTİT (BinTon)	PETROL (BinTon)	DOĞAL GAZ (106 m3)	HİDROLİK (GWh)	JEOTERMAL		RÜZGAR (GWh)	GÜNEŞ (BinTep)	ODUN (BinTon)	BİTKİ ART. (BinTon)	İTHALATI (GWh)	İHRACATI (GWh)	TOPLAM
							ELEKTRİK (GWh)	ISI (BinTep)							
1970	4727	5772	36	7579		3033		23			12816	9253			18872
1971	4651	6376	23	8819		2610		38			12189	9316			20088
1972	4638	7355	168	10215		3204		38			13503	9514			22411
1973	4595	7642	290	11995		2603		48			13847	9807			24512
1974	5031	8188	394	12132		3356		50			14500	10088			25535
1975	4959	8973	456	13503		5904		56			14562	10495	96		27437
1976	5005	10998	443	14992	15	8375		58			14734	11002	332		29695
1977	5057	11675	434	17230	18	8572		58			14989	11276	492		32454
1978	4696	13235	297	17010	22	9335		60			15248	11750	621		32571
1979	4898	13882	203	14796	34	10289		60			15506	12258	1044		30708
1980	4630	15243	558	15309	23	11348		60			15765	12839	1341		31973
1981	4522	16179	560	15090	16	12616		60			16023	12689	1616		32049
1982	5044	17716	861	16127	45	14167		82			16760	12607	1773		34388
1983	5336	20663	750	16705	8	11343		100			17086	12748	2221		35697
1984	5678	25632	225	16990	40	13426	22	178			17256	11978	2653		37425
1985	6189	34767	523	17270	68	12045	6	232			17368	11039	2142		39399
1986	6545	42354	607	18688	457	11873	44	304	5	17570	11343	777		42472	
1987	7220	40653	631	21239	735	18618	58	324	10	17693	11059	572		46883	
1988	7525	33080	624	21302	1225	28950	68	340	13	17711	10987	381		47910	
1989	6825	47557	409	21732	3162	17940	63	342	19	17815	10885	559		50705	
1990	8191	45891	287	22700	3418	23148	80	364	28	17870	8030	176	-907	52987	
1991	8824	48851	139	22113	4205	22683	81	365	41	17970	7918	759	-506	54278	
1992	8841	50659	197	23660	4612	26568	70	388	60	18070	7772	189	-314	56684	

1993	8544	46086	102	27037	5088	33951	78	400		88	18171	7377	213	-589	60265
1994	8192	51178	0	25859	5408	30586	79	415		129	18272	7074	31	-570	59127
1995	8548	52405	66	27918	6937	35541	86	437		143	18374	6765	0	-696	63679
1996	10892	54961	34	29604	8114	40475	84	471		159	18374	6666	270	-343	69862
1997	12537	59474	29	29176	10072	39816	83	531		179	18374	6575	2492	-271	73779
1998	13146	64504	23	29022	10648	42229	85	582	6	210	18374	6396	3299	-298	74709
1999	11362	64049	29	28862	12902	34678	81	618	21	236	17642	6184	2330	-285	74275
2000	15525	64384	22	31072	15086	30879	76	648	33	262	16938	5981	3791	-437	80500
2001	11176	61010	31	29661	16339	24010	90	687	62	287	16263	5790	4579	-433	75402
2002	18830	52039	5	29776	17694	33684	105	730	48	318	15614	5609	3588	-435	78331
2003	17535	46051	336	30669	21374	35330	89	784	61	350	14991	5439	1158	-588	83826
2004	18904	44823	722	31729	22446	46084	93	811	58	375	14393	5278	464	-1144	87818
2005	19421	56577	738	30016	27314	39561	94	926	59	385	13819	5127	636	-1798	91576

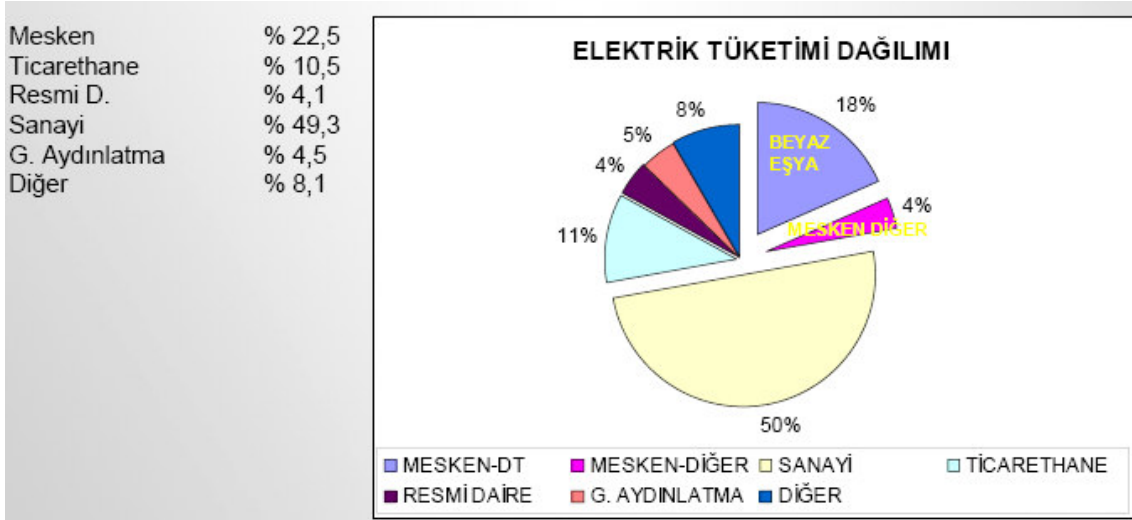
Tablo 4.1'in devamı

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2004)

Birincil enerji tüketimi 1990 yılında 52,9 Mtep'den 2000 yılında 80,5 Mtep seviyesine ulaşmış, dolayısıyla tüketim %52,1 oranında artmıştır. 2000 yılında tüketimde yıllık artış hızı yaklaşık %3,9 olmuştur. 1995-1996 yıllarındaki yüksek artış hızlarına oranla son dönemde bir yavaşlama görülmektedir. Ekonomideki büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki burada da görülmektedir. 1994 krizi sonrasındaki yüksek oranlı büyüme döneminde enerji tüketimindeki artış da yüksek olmuştur. Ekonominin son yıllarda sık sık krize girmesi nedeniyle elektrik tüketimindeki artış sınırlı düzeyde kalmıştır.

2000 yılında enerji tüketiminde %43,8 ile en büyük paya sahip olan petrolü, %17,6 ile doğal gaz, %16,1 ile linyit takip etmektedir. Son iki yılda doğal gaz boru hatlarının yapımının hızlanmasının da etkisi ile doğal gaz tüketimi 1990-2000 döneminde yaklaşık 3,5 kat artış göstermiştir.

Tablo 4.2 Elektrik Enerjisi Tüketim Dağılımı (2005)



2005 yılında tüketilen 91,5 Mtep birincil enerjinin sektörel dağılımı incelendiğinde, %50 ile sanayi sektörü tüketilen enerjinin yarısını oluşturmaktadır. % 22,5 ile meskenlerin kullandığı enerji ikinci sırada yer almaktadır. Tüketilen enerjinin geri kalanı ise %10,5 oranı ile ticarethanelerde, %4,1 oranı ile resmi dairelerde ve %4,5 oranı ile aydınlatma sektöründe kullanılmıştır. Diğer kullanım oranı ise %8,1'dir.

4.2 Enerji Hammaddesi Olarak Bor

Dünyada toplam enerjinin % 85'ini kullanan sanayileşmiş ülkeler en iyimser tahminle fosil yakıtların 50 yıl sonra tükeneyeceği gerçeği üzerinden kendi enerji planlamalarını yapmakta, bir anlamda da OPEC gibi kartellerin gittikçe azalan bu kaynaklar üzerindeki kontrolünün kendi gelişmelerine sekte vuracağını düşünmektedirler. OPEC'in petrol boykotları da düşünüldüğünde başta ABD ve AB devletleri açısından enerjinin istikrarlı temini, temiz (emisyonuz) ve ucuz olması önemli bir anlam taşımaktadır

ABD'nin 1950'lerden beri alternatif enerji kaynakları konusunda çalışmalar yaptığı bilinmektedir. Özellikle bor'un 50'li yıllardan beri ABD ordusu tarafından askeri açıdan 1963 yılına değin stratejik bir ürün olarak görüldüğü, yine Türkiye'nin NATO'ya girmesinden sonra o zamanki Varşova Paktı üyesi Polonya'ya satılan bor'u taşıyan gemilerin Çanakkale Boğazı çıkışında ABD donanması tarafından geri çevrildiği, ancak belli kota dahilinde satışlara izin verildiği de hatırlanmaktadır.

Günümüzde ise bor'un hidrojenli yakıt sistemlerinde aracın seyri sırasında hidrojen üreten bir yakıt üretici olarak kullanıldığı sistemler ve elektrik motorlu araçlarda motoru

besleyen yakıt pillerinin yakıtı olarak kullanıldığı sistemler, araçların deneme sürüşü düzeyine kadar gelmiştir.

Teknik açıdan verimli bir alternatif yakıt sistemi geliştirilmesine rağmen, maliyet olarak bu sistemlerin makul düzeylere çekilmesi gerektiği ve buna yönelik çalışıldığı bilinmektedir. (Wakefield. 2002).

Bor'un yanma özellikleri araştırmacıları alternatif yakıt olarak kullanımı konusunda değişik çalışmalara ve teknolojilere yönlendirmiştir. Cowan (2002), bor'un doğrudan araç yakıtı olarak kullanıldığı farklı ve yeni bir sistem geliştirmiştir.

Cowan (2002), yaptığı çalışmalar sonucunda bor'un hidrojenen daha iyi bir enerji taşıyıcı olduğunu ortaya koymuş, bütün yönleriyle diğer alternatif yakıt sistemleriyle kıyaslamıştır. Gerek benzin, gerekse hidrojen, alüminyum, magnezyum gibi alternatif yakıt sistemlerinden üstün yönlerini belirlemiştir.

Bor madeni kendisinden enerji üretilebilen elementler içinde litre başına 92,77 megajoule yanma enerjisiyle birinci sırada yer almaktadır. Hidrojen elementi günümüzde ve gelecekte en çok umut vadeden enerji kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Enerji yoğunluğunun yüksekliği hidrojeni yüksek verimli bir enerji kaynağı yapmaktadır. Bilim adamları, fosil yakıtların kullanıldığı her yerde fosil yakıt yerine hidrojenin kullanılabilceğini ifade etmektedirler. (ERASLAN ve KARAKOÇ, 2003)

Tablo 4.3 Enerji Kaynakları ve Enerji Değerleri

ENERJİ KAYNAĞI	ENERJİ (Megajoule / Litre)
Hidrojen	8,03
Lityum	15,69
Berilyum	86,15
Karbon	54,01
Magnezyum	29,52
Alüminyum	57,42
Silikon	51,55
Fosfor	43,01
Bor	92,77

Aslında bor'un bir enerji kaynağı olarak kullanılma fikri bor'un kendisinin yanma enerjisi üzerine odaklanmasından çok en uygun hidrojen taşıyan bir element olarak

görülmesindedir. Burada alternatif ve emisyonuz bir enerji kaynağı olarak da “Hidrojen” gündeme gelmiş ve yapılan bilimsel çalışmalar hidrojen üzerinde yoğunlaşmıştır.

4.2.1 Boranlar

Amerikan Hava Kuvvetleri ve Deniz Kuvvetleri 1952 yılında yüz milyonlarca dolar hacimli bir projeye giriştiler. Bilinen hidrokarbonlardan en az %50 daha fazla enerji veren bor bileşiklerini roketlerde ve atmosfer üstü uçaklarda yakıt olarak kullanmak. (GÜMÜŞ, 2003)

Daha sonra HERMES, X-Files gibi pek çok yeni proje araştırma kurumlarına ve şirketlere dağıtıldı.

Şekil 4.1 SR-71 “Blackbird”3,2 Mach



Mig 25- Foxbat



4.2.2 Hidrojen Taşıyıcı Olarak Bor

Bor minerali bir enerji hammaddesi olarak 1950 yılından bu yana üzerinde en yoğun çalışma yapılan bir mineraldir. Bu bağlamda bor mineralinin üç özelliği üzerinde ticari açıdan önemle durulmaktadır. Bunlar;

- Hidrojen taşıyıcısı olarak bor mineralinden faydalanma,
- Hidrojenden daha iyi bir enerji hammaddesi olması,
- Füzyon (fusion) reaktörlerinde yakıt olarak bor kullanımı.

olarak sayılabilir. Yakıt pilleri üzerinde yapılan çalışmalar bor mineralini ön plana çıkarmış ve ticari olarak kullanılabilirliği üst seviyede kanıtlanmıştır. (LYDAY, 2003)

4.2.2.1 Millenium Cell ve Hydrogen on Demand Projesi

Alternatif enerji konusunda ABD'nin geçmişte başlattığı en önemli proje olarak görülen “The New Jersey Genesis Project” aynı zamanda New Jersey Department of Transportation’s Technology, NJ Board of Public Utilities, NJ Department of Enviromental Protection ve NJ Commerce Commision gibi ABD’li resmi kurumlar tarafından, Advanced

Power Associates (güç dönüşümleri), Neocon Technologies (sistem kurucuları), Fully Independent Residential Solar Technologies (enerji sistemleri) gibi özel şirketler, Rutgers University, Mercer County Vocational School, School District ve Burlington College gibi okullar tarafından başlatılmış ve desteklenmiştir. Bu proje kapsamında 1998 yılında temiz, emisyonuz yeni enerji kaynakları konusunda teknoloji üretmek üzere yine New Jersey’de Millenium Cell adlı bir kuruluş kurulmuştur. Bu kuruluşun amacı hidrojen ve elektrik enerjisi üreten teknolojiler yaratmaktır. Bu amaç için kullanılan hammaddeler saf su ve sodyum borhidrit’tir. Borhidrit sodyumlu bor tuzunun rafine edilmesi ile çok kolay elde edilebilen ve günümüzde de deterjan sanayiinde çokça kullanılan (sodyum perborat türevi) bir üründür. Burada Millenium Cell firması sodyum borhidrit hidrojen üretmek için “Hydrojen on Demand” adı verilen bir teknoloji geliştirmiş ve patentini almıştır. Burada sistem elde edilen hidrojenin elektrik enerjisine çevrilmesi üzerine kurulmaktadır. Burada söz konusu olan ve elektrik enerjisini depolayan yakıt pilleri (fuel cell) sistemin temelini oluşturmaktadır. Yakıt pillerinde sodyum borhidrit kullanılması, fosil yakıtlardan daha pahalı, eldesi, depolanması ve nakliyesi daha zor olan hidrojenin dezavantajını da ortadan kaldırmıştır.

Millenium Cell’in 1998 yılında kurulmasının ardından 2000 yılı içinde DaimlerChrysler, Rohm&Hass, Avantium, Ballard ve U.S. Borax ile Stratejik ortaklık anlaşmaları imzalamıştır. Burada dikkati çeken DaimlerChrysler’in neredeyse dünyanın tüm otomotiv firmaları ile Millenium Cell’in sahip olduğu “Hydrogen on Demand” sisteminin kullanımı ile ilgili olarak stratejik ortaklığa gitmesidir ki bu firmalar; Nissan, Honda, Wolkswagen, Mitsubishi Motors, Toyota, Genaral Motors ve Ford otomotiv firmalarıdır.

Millenium Cell; sodyum bor hidrit’in suyla karıştırılması sonucu elde edilen sıvıyı, “yakıt” olarak tanımlamaktadır.

Söz konusu yakıtın kimyasal reaksiyonu;



formülü üzerine kurulmuştur. Su içerisinde çözünen sodyum borhidrit, bir karışım olarak depolanmakta, enerji üretmek için hidrojen ihtiyacı gerektiğinde bu karışımın içine tatbik edilen katalizör vasıtasıyla kimyasal reaksiyon başlatılmaktadır. Reaksiyon sonucunda gaz halinde serbest kalan H₂ (hidrojen) ya yakıt pili (Fuel Cell) vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmekte ya da doğrudan içten yanmalı motorda yakıt olarak kullanılmaktadır.

Bu reaksiyonun arkasında sodyum bor tuzu atık olarak birikmektedir. Sistemde enerji kaynağı olarak kullanılan hidrojen, sadece ihtiyaç halinde üretileceğinden, burada kullanılan katalizör çözeltiden istenildiği zaman ayrılabilmekte ve reaksiyon kontrollü olarak durdurulabilmektedir. Söz konusu teknolojinin kullandığı karışımın içinde çözelti halinde bulunan sodyum bor hidrit'in yanıcı olmaması, kullanılan hidrojenin yarısının sodyum borhidrit'ten, diğer yarısının ise sudan alınması, katalizörün defalarca kullanılmaya uygun olması, reaksiyon sonrası ortaya çıkan sodyum bor tuzunun kolaylıkla sodyum borhidrit'e dönüştürülebilmesi sistemin önemli avantajlarını oluşturmaktadır.

Takvimler 12 Aralık 2001'i gösterdiğinde, DaimlerChrysler, Millenium Cell ile yaptığı stratejik ortaklığın ilk meyvesini Detroit Otomobil Fuarında tanıtıyordu. Chrysler, Town& Country Natrium adını verdiği, bir depo sodyum borhidrit sıvıyla 300 mil yol giden minivan aracı ile ilgili olarak yaptığı açıklamada; Natrium'un gerek benzinli ve gerekse bu güne kadar yapılan tüm hücre yakıt sistemli araçlardan çok üstün olduğu, Natrium'a bu üstünlüğü kazandıran hususun yakıtı ve yakıt hücre sistemi olduğunu, yakıt olarak bir bor türevi olan sodyum bor hidrit'in (NaBH_4) kullanıldığı, sodyum bor hidrit'in kuru halde kullanılabilceği, sodyum bor hidrit'in pil yakıtlı araçlar için önerilen diğer yakıtların elde edilmesinden daha zahmetsiz olduğu, sodyum bor hidrit'in diğer yakıtlara göre hiçbir dezavantajı bulunmadığı gibi bazı üstünlükleri olduğu, işlem sonucu yakıt atığının kimyasal olarak bor'a eşdeğer sodyum bor olduğu, atığın tekrar işleme tabi tutularak sodyum bor hidrit'e dönüştürülebildiği, Natrium'un pil yakıt sisteminin DaimlerChrysler'in pil yakıt ortağı Ballard/XCELLSIS tarafından üretildiği, hidrojenin Millennium Cell şirketince geliştirilen "Hydrogen on Demand" (talep kadar hidrojen-talep üzere hidrojen) mekanizması kullanılarak üretildiği, sodyum bor hidrit yakıt deposu ve işletim sisteminin aracın tabanına yerleştirildiği ve aracın kullanılabilirliğini olumsuz etkileyecek, azaltacak yer ve kabin kaybının olmadığını ifade etmekteydi.



Şekil 4.2 Detroit Otomobil Fuarı (2001), Daimler-Chrysler tarafından tanıtılan araç.

“Hydrogen on Demand” sistemini geliştirenler dünyada 600 milyon ton bor rezervinin (buna bilinen ve öngörülenler dahil) bulunduğunu öngörmektedirler. Her yıl 50 milyon taşıtın üretildiğini ve bu 50 milyon aracın hidrojen yakıtı kullandığını düşündüklerinde yaklaşık bu iş için 20 milyon ton bor’un bu sistemlerle yakıt olarak kullanılabileceğini planlamaktalar. Yukarıda değindiğimiz ayrıntılarda da belirttiğimiz gibi sistemin geri dönüşüm esasına göre çalışması bu 20 milyon ton dışında fazla ek bir bor ihtiyacının olmadığını da göstermektedir.

Sodyum borhidrit’ten hidrojen elde edilmesi üzerine geliştirilen bu çalışmaların yanında ABD, Fransa, Japonya gibi ülkelerde de yapılan bilimsel çalışmalarda bor’un kendisinin içten yanmalı bor motorları vasıtası ile doğrudan yakıt olarak kullanımı üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmaların nedeni de bor’un hidrojenden daha iyi bir yakıt olduğu kabulüdür. Hidrojen ve bor’un yanma enerjileri kıyaslandığında bu durum açıkça görülebilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi 1 litre hidrojende 8.03 megajoule enerji varken, bu 1 litre borda 92.77 megajoule enerji vardır. Yani Bor hidrojene göre tartışmasız bir üstünlüğe sahiptir. Elementer boru saf oksijenle motor içinde yakılması sonucunda meydana gelecek enerjinin itme gücü ile çalışma esasına göre modellenen bu sistemlerde aracının yakıtının bobinine sarılmış bor filamentleri olacağı, bu tip yakıtların hiçbir emisyon içermediği için % 100 temiz olacağı, ayrıca da yanma işlemi sonucu oluşan ve tekrar motora besleme yapabilen B₂O₃ külünün tek atık olarak çıkacağı tasarlanmaktadır.

Bor’un kendisinin yakıt olarak kullanılmasını içeren çalışmalar yukarıdaki sodyum borhidrit’ten hidrojen elde ile yapılan “Hydrogen on Demand” sisteminden farklı ve ayrı çalışmalardır. Bu çalışmalarda diğer çalışmalar gibi önemli oranda kaynaklar kullanılarak devam etmekte ve gelişmelerin sadece belli bölümleri kamuoyuna sunulmaktadır.

4.2.3 İleri Teknoloji Malzemesi Olarak Bor

Bor, bor alaşımları, bor tuzları, ve organometalik bor kompleksleri kendi başlarına ileri teknoloji malzemesidirler ya da başka maddelere katılarak onlara ileri teknoloji malzemesi özelliği kazandırılırlar. (OLSON, 2001)

Böylece ortaya çıkan çeşitli malzemelerin ne işe yaradığını özetlersek şöyle bir liste ortaya çıkar:

Tablo 4.3 Bor İçerikli İleri Teknoloji Malzemeleri

<input type="checkbox"/> Gaz türbinleri <input type="checkbox"/> Mikrodalga tüpleri <input type="checkbox"/> Güneş pilleri <input type="checkbox"/> Sensörler <input type="checkbox"/> Süper iletkenler <input type="checkbox"/> Yarı iletkenler <input type="checkbox"/> Magnetler <input type="checkbox"/> Elektron emitterleri <input type="checkbox"/> Yüksek ısı transistörleri <input type="checkbox"/> Titreşim söndürücü malzemeler <input type="checkbox"/> Uzay-havacılık ekipmanları <input type="checkbox"/> Fiber-kompozit malzemeler <input type="checkbox"/> Kaplama elemanları <input type="checkbox"/> Devre kartı <input type="checkbox"/> Optik camlar <input type="checkbox"/> Cam elyaf <input type="checkbox"/> Fotoğraf ve film banyo tuzları <input type="checkbox"/> Kayak takımı <input type="checkbox"/> Kayak ayakkabıları <input type="checkbox"/> Tenis raketleri <input type="checkbox"/> Golf sopaları <input type="checkbox"/> Ok, yay <input type="checkbox"/> Darbe söndürücüler <input type="checkbox"/> Yüksek performanslı zırh malzemeleri <input type="checkbox"/> Piyade tüfeği nSentetik gübreler nKüf ve mantar önleyiciler nAhşap emprenye çözeltileri nSeramik ve porselen sırları nEmayeler nKatkılı çimentolar nHava yastığı şişirme mekanizmaları nDericilikte kireç çöktürücü nAntibiyotikler (boromicyn)	<input type="checkbox"/> Yüksek sıcaklık refrakterleri <input type="checkbox"/> Kondansatörler <input type="checkbox"/> Fiber optik kablolar <input type="checkbox"/> Sıvı kristal ekranlar <input type="checkbox"/> Yapay organlar <input type="checkbox"/> Aşındırıcılar <input type="checkbox"/> Sert malzemeler <input type="checkbox"/> Motorlar <input type="checkbox"/> Katı yağlayıcılar <input type="checkbox"/> Yüksek sıcaklık sızdırmazlık contaları <input type="checkbox"/> Borosilikat camları <input type="checkbox"/> Tabanca, top namluları <input type="checkbox"/> Radar dalgası soğurucular <input type="checkbox"/> Osteoporöz, alerji ve psikiyatrik hastalık tedavisinde ilaçlar <input type="checkbox"/> Radyoterapik tümör öldürücüler <input type="checkbox"/> Yüksek performanslı motor yağları <input type="checkbox"/> Dezenfektan kimyasallar <input type="checkbox"/> Ağartıcılar <input type="checkbox"/> Kozmetikler <input type="checkbox"/> Diş macunu <input type="checkbox"/> Sabunlar, deterjanlar, yumuşatıcılar nNükleer teknolojide emniyet malzemeleri nNükleer atık depolama (kolemanit cam bloklar) nBor hidrür yakıtları (boranlar) nIsı enerjisi depolayıcılar nPiller nHidrojen depolayıcılar n..... n..... n2500 üretim dalında onbinlerce ürün türü
---	--

5. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

5.1 Genel

Sonuç olarak; 1800–1900 yılları arasında odun, rüzgâr, su ve hayvanlardan istifadeyle doğrudan yakma, 1830–1900 yılları arasında buhar makinesiyle birlikte ve 1900–1940 yılları arasında elektrik dinamosuyla birlikte kömür, 1910–1970 yılları arasında içten yanmalı motorların devreye girmesiyle petrol, 1970–1990 yılları arasında nükleer enerji öncelikle kullanılır olmuştur. 1990 yılından itibaren doğal gaz ve nihayet 2000’li yıllara gelindiğinde ise; alternatif enerji kaynakları kullanımı önem kazanmaya başlamıştır. Artan nüfus, ekonomik büyüme, sürdürülebilir kalkınma gibi unsurların etkisiyle ihtiyaçların sürekli olarak artış göstermesi, yeni ve yenilenebilir, çevreye ve ekolojik dengeye duyarlı alternatif enerji kaynaklarının (hidrolik, güneş, rüzgâr, hidrojen vb.) kullanımı yaygınlaşmaya başlamış ve bu konudaki alternatif arayışları hızlandırmıştır.

5.2 Politik

Enerjinin kesintisiz, güvenilir, yeterli miktarda ve ucuz olarak temin edilmesi temel ilkeler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu ilkelerin yerine getirilmesi, dünya güç dengesinin uygulamalarına sahne olmaktadır. (PAMİR, 2003) Enerji kaynaklarının günümüz için kıt kaynaklar olması, ülkelerin birbirlerine bağımlılığını zaruri hale getirmektedir. Ancak, enerji kaynaklarına sahip olan ülke ve bölgeler başta olmak üzere enerji kaynaklarının ulaştırma yollarının güvenliği, kısacası arz güvenliği günümüz enerji politikalarının merkezine otururken, gelecekte söz konusu kıt kaynakların da sona erecek olması, yeni enerji kaynaklarının arayışını hızlandırmakta, ülkeler arası ilişkileri de yönlendirmektedir.

Bor; cam, seramik, deterjan sektöründen metalurji, sağlık, enerji sektörüne kadar pek çok sektörde kullanılabilir. Bor ve ürünleri dünyada gelişmiş endüstri ve teknolojiye sahip ülkelerde 250 çeşide ulaşan uç ürünleri ile sanayinin temel girdisi durumundadır.

Alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelik olarak; 10 Mayıs 2005 tarihinde “Temiz Elektrik Üretimi ve Kullanımı ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” yürürlüğe girmiştir. Bu kapsamda; benzer şekilde “Jeotermal Kanunu” ve “Enerji Verimliliği Kanunu” ile ilgili çalışmalar da sürdürülmektedir.

5.3 Ekonomik

Tüketilir enerji kaynakları arasında ilk sıraları ağırlıklı olarak petrol, doğal gaz ve kömür almaktadır. Türkiye başta kömür olmak üzere çeşitli enerji kaynaklarına sahip

olmasına rağmen enerji ihtiyacının ancak % 39'unu ulusal kaynakları ile karşılayabilmektedir. 2004 yılı sonunda elde edilen verilere göre; Türkiye, enerji alanında kullandığı kömürün % 14'ünü, petrolün % 90'ını ve doğal gazın % 96'sını ithal etmektedir.

Türkiye'de petrol aramalarında 1980 yılından bu yana yapılan bilimsel araştırmaların tamamına yakını (% 95) ulusal kuruluşumuz olan TPAO tarafından sürdürülmektedir. Buna karşın, TPAO'nun yurt içi yatırım bütçesi 1990 yılında 190 milyon dolar iken, 2001 yılında 22 milyon dolara indirilmiştir. Türkiye'de petrol ve doğal gaz aramalarının başladığı 1930'lu yıllardan bu yana petrol ve doğal gaz arama amacıyla açılmış kuyu sayısı sadece 1623'tür. Romanya'da bir yılda açılan kuyu sayısı 2000 civarındadır.

Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat) olarak tespit edilmiştir. Bu zaman dilimi yılın % 29,8'ini oluşturmaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi gücü ilk kez 1970 yılında bir bilimsel araştırma kapsamında hesaplanmıştır. Ülke genelinde yıllık ortalama güneş enerjisi 1311 KWh/m²'dir. Buna göre Türkiye'nin tüm yüzeyine gelen güneş enerjisi yılda 1025x10¹² KWh kadardır. Bu miktar Türkiye'nin 2000 yılında ürettiği elektrik enerjisinin yaklaşık 10 000 katına karşılık gelmektedir.

Türkiye'nin deniz alanlarında rüzgâr teknik potansiyelinin 60 000 MW (150 milyar KWh/yıl) düzeyinden fazla olduğu tespit edildiği halde bunun teknik ve ekonomik yönü ile ilgili hiçbir etüt bulunmamaktadır. Biyokütle enerji kullanımında; Türkiye enerji ormancılığı için uygun alanın ancak % 15'i değerlendirilmiş geri kalan % 85'lik alan bu konuda yapılacak uygulamaları beklemektedir. Özel kesimin enerji yatırımlarına yönlendirilmesi, aşırı garantilerle değil, sağlıklı işleyen bir proje seçim, değerlendirme, denetim ve işletim yaklaşımıyla sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde büyük ve finansal açıdan güçlü şirketlerin sektöre çekilmesi mümkün olabilecektir.

Türkiye, dünya görünür bor rezervinin yaklaşık % 75'ine, toplam rezervin ise % 63'üne sahiptir. Bugünkü yıllık 1.5 milyon ton üretim miktarının muhafaza edilmesi halinde; önümüzdeki 70–80 yıl içinde Türkiye haricindeki ülkelerin kaynaklarının tükeneceği ve Türkiye kaynaklarının dünya tüketimini 250 yıl kadar daha karşılayabileceği dikkate alındığında bor madenlerinin neden stratejik olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca; sürdürülmekte olan araştırmalarla bor madeninin geleceğin en önemli enerji kaynaklarından olabileceği ve hâlihazırda ön planda olan hidrojen enerjisinin kullanımını kolaylaştırmakla birlikte pek çok özelliğiyle yakıt konusunda önüne geçebileceği görülmektedir. Uygulama alanının gösterdiği çeşitlilik göz önüne alındığında bor madeninin günümüzdeki öneminin yanında, asıl gelecekte alacağı konum göz ardı edilemeyecek denli büyüktür. Türkiye, dünya bor ürünleri ticaretinden ton olarak ancak % 19 pay alabilmektedir. Konsantre cevher ve

rafine boratlar, miktar olarak büyük miktarlarda kullanılmalarına karşı, pazarda parasal değerleri düşüktür. Türkiye sahip olduğu potansiyele rağmen, bor araştırmalarında öncülük edebilecek, dünyada bor madeni tüketimini atışleyebilecek, bor madeninın kullanım alanlarını artırabilecek teknolojiye henüz yatırım yapmamıştır.

Bu kadar önemli bir mineralin dünyadaki üretimine iki ülke hakimdir. Türkiye % 63, Amerika ise % 10'luk bir rezerve sahiptir.

Türkiye'de üretim maliyetleri ABD' dekinden daha düşüktür. Bunun en önemli sebepleri Türkiye'deki düşük işçilik ücretleriyle birlikte, Türkiye'de bulunan bor minerallerinin yüzeye daha yakın oluşundan dolayı daha az masrafla elde edilebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu büyük rezerve rağmen Eti Holding yaklaşık 1,2 milyar \$ lık pazarın yalnız %20-25' ine sahiptir. Bu verimsizliğin en temel nedeni ülkemizde çıkarılan bor mineralinin işlenip uç ürünlere dönüştürülmeden ham olarak satılmasıdır. Bor mineralleri işlenip uç ürünlere dönüştürüldüğünde değeri çok yüksek miktarlarla ifade edilmektedir. Ancak ülkemizde bu düzeyde bor işleyecek tesisler ve teknoloji bulunmamaktadır.

Türkiye, topraklarından çıkardığı bor minerallerini ucuz fiyata Avrupa ülkeleri ve A.B.D.' ne satmakta, boru bizden ham olarak satın alan bu ülkelerde satın aldıkları boru işleyip uç ürünlere dönüştürerek yüksek fiyatlarla dünya ülkelerine pazarlamaktadır. Bor mineralleri işlendikten sonra ham halinden yaklaşık 4 katı daha fazla fiyata değer bulmaktadır.

1978 yılında devletleştirilen bor madenlerini işleten Eti-Bor kâr elde etmesine ve bu kârını artırmasına rağmen elde ettiği miktarın yeterli olmadığı düşünülmektedir. Dünya piyasalarında satılan borun %88' i Türk malı olmasına rağmen kazanan A.B.D.' ne ait şirketler olmaktadır. Bor minerallerinin ülkemizde işlenmesini engelleyen bu şirketler bor pazarı üzerindeki tekellerini sürdürmek istemektedirler. Ortadoğu için petrolü önemi ne ise Türkiye için de bor minerallerinin önemi o denli yüksektir. Fakat önemli olan bor minerallerinin kendi ülkemiz sınırları içerisinde işlenip, uç ürünlere dönüştürülmesi, bu sayede bordan elde edilen kazancımızın çok yüksek miktarlara ulaşmasıdır.

5.4 Stratejik

Türkiye, 1995 yılından itibaren doğal gaz alımı konusundaki girişimlerini hızlandırmıştır. Doğal gaza olan talebin her geçen gün artması yanında; doğal gazın % 65 (14,3 milyar m3) gibi büyük bir bölümünün tek kaynaktan (Rusya Federasyonu) tedarik edilmesi nedeniyle; Türkiye enerji arz güvenliği siyasî ve ekonomik etkilere açık hale gelmiştir. Türkiye'nin doğal gaza bugün ayırdığı pay Dünya ülkelerinin 20 yıl sonra ayırmayı

planladığı payla aynı seviyededir. Türkiye bu pahalı ve arz güvenilirliği olmayan enerji kaynağına diğer ülkelerden 20 yıl önce bağımlı hale gelmiştir.

Türkiye kendi hidrolik, linyit ve taşkömürü kaynaklarından ekonomik olarak en çok 246 milyar KWh/yıl elektrik üretecektir. Oysa 2010 yılında elektrik talebinin 290 milyar KWh, 2020 yılında ise 547 milyar KWh olacağı değerlendirilmektedir. Aradaki farkın ithal kömür ve ithal doğal gaz ile kapatılması önemli ithalat ve çevre sorunlarını ortaya çıkartacaktır. Bu nedenle, temiz, güvenli, ekonomik ve yoğun üretime uygun alternatif enerji kaynaklarının devreye sokulması Türkiye için zorunlu hale gelmiştir. Türkiye, enerji tüketimini yalnızca fosil yakıtlara dayalı olarak sürdürmez. Aşırı fosil yakıt kullanımın getireceği çevre sorunları da göz ardı edilmemelidir. Türkiye’de hem artan enerji ithal yükünün azaltılması, hem de enerji ve çevre sorununa çözüm bulunabilmesi açısından, alternatif enerji kaynaklarının yeni bir atılımla kullanıma sokulması ihtiyacı doğmuştur. Bu kapsamda, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle enerji, hidrolik enerji ve nükleer enerji kullanımı gündemdeki yerini korumaktadır.

Türkiye’nin zengin hidroelektrik kaynaklarının önemli bir kısmı (% 73,7) henüz devreye sokulamamıştır. Ayrıca, devlet tarafından özel sektöre ait doğal gaz santrallerine, ürettikleri elektriği satın alma garantisi verildiğinden, hidroelektrik santraller ve linyit kömürü ile çalışan santraller, zaman zaman durdurulup, yalnızca doğal gaz santralleri çalıştırılmaktadır. Türkiye’nin, 100–120 milyar KWh kadar tahmin edilen hidroelektrik potansiyeli ve düşük kalorili linyit veya ithal fuel oil, doğal gaz veya kömüre dayalı termoelektrik üretim potansiyelinin 245 milyar KWh ile sınırlı kalacağı tahmin edilmektedir. Buna karşılık % 7 kalkınma hızı ile 2010 yılında 75 milyona ulaşması beklenen insanımıza, yılda kişi başına 3,5 ton taş kömürüne eşdeğer olan dünya ortalaması kadar kullanılabilir enerji arz etmeyi hedeflediğimizde, gerekli elektrik ihtiyacı 300 milyar KWh olacaktır. Arz-talep arasındaki farkı nükleer elektrik santralleri ile karşılamamanın uygun ve güvenilir bir hal tarzı olacağı değerlendirilmektedir.

Türkiye, sahip olduğu jeotermal enerji potansiyeli ile dünyada ilk yedi ülke arasına girmektedir. Türkiye’nin brüt olarak alınabilecek jeotermal elektrik potansiyeli 4500 MW/yıl’dır. Ancak, yapılan sondajlara dayalı olarak ortaya konan kesinleşmiş jeotermal elektrik potansiyeli 200 MW/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Türkiye’de yeteri kadar jeotermal kuyu açılmamıştır. 140 jeotermal alana karşılık açılan kuyu sayısı 200 olup, dünya standartlarına göre çok azdır. Bu enerji kaynağı ile; Türkiye’de 120 000 konut ısıtması projelendirilmiş olmasına rağmen halihazırda 17 000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır.

Biyogaz; pek çok otomobil üreticisi firmanın araçlarında kullanımı için garanti verdiği, Avrupa Birliği'nin kullanım zorunluluğu getirdiği ve dünyanın birçok ülkesinde ticari başarısını kanıtlamış çevreci bir alternatif yakıttır. Bu, ülkemiz gibi giderek artan ham petrol ihtiyacının çok büyük bir kısmını ithal eden ülkeler için oldukça önemli bir konudur. Ülkemizin bir tarım toplumu olduğu düşünüldüğünde bu önem daha da artmaktadır. Türkiye kendi tarım potansiyelini kullandığında, Avrupa'nın biyogaz üretim üssü olabilecek imkân ve kapasitededir.

İnşa edilmesi durumunda; 8 reaktörlü bir nükleer santral ile 8000 MWh enerji elde edilebileceği ve bu enerjinin Türkiye'nin en büyük barajı olan Atatürk Barajı'ndan elde edilenin 8 katı kadar olacağı dikkate alındığında nükleer enerjinin önemini ortaya koymaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarının belki de en önemlisi olan bor madeni konusunda ise Türkiye bu madenin rezervinin çok çok büyük bir kısmına sahip olduğu için gerçekten şanslı sayılabilir. Çünkü çok yakında birçok bilim adamına göre alternatifsiz enerji kaynağı hammaddesi bor olacaktır. Bor'un alternatifi var mı sorusuna en iyi yanıtı çevreci enerji kaynağı araştırmalarına neredeyse bir ömür adayan Kogain Üniversitesi, Çevre ve Kimya Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi **Prof. Seijiro Suda**; taşınabilir yakıt hücresi için bor hidrit'e dayalı bir yakıtın dışında bir başka yakıtı dikkate almayacağını söyleyerek vermektedir.

Japonya son yıllarda bor hidrit yakıtlar üzerinde önemli çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar bir taraftan üniversiteler tarafından yürütülürken diğer taraftan özel şirket ve gruplar da bu çalışmalara yönelmiştir. Bu çalışmaların vardığı sonuç içinde bulunduğumuz yüzyılda yıldızı parlayan bor için muhteşemdir. Bu çalışmalarda petrol, metanol, metal hidrit, likid hidrojen, sıkıştırılmış hidrojen ve bor hidrit yakıtın ağırlık, güç ve kontrol, güvenlik, emisyon ve maliyet parametreleri dikkate alındığında bor hidrit'in tartışmasız bir üstünlüğü olduğu ifade edilmektedir. Böyle düşünmek de gayet normal, çünkü bor hem hidrojen taşıyıcı olarak hem de başlı başına kendisi bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

6. TEKLİFLER

Gelecek yıllarda da enerjinin stratejik önemini sürdüreceği gerçeğinden hareketle; daha bugünden, enerji planlaması kriterleri çerçevesinde dışa bağımlılık oranının azaltılmasını, bu maksatla; Türkiye'nin zaman kaybetmeksizin, ulusal enerji politikalarını gözden geçirerek millî menfaatleri esas alan ve öncelikle mevcut ulusal kaynakları devreye sokacak şekilde ana (master) planlar yapması gerekmektedir. (KİBAROĞLU, 2004)

Türkiye'nin petrol potansiyelinin ortaya konulabilmesi için çok daha fazla arama yapılmasının ve kuyu açılmasının zorunlu olduğu ve bu kapsamda, TPAO'nun yeterli imkânlarla kavuşturulması uygun olacaktır. Doğal gaz ithalât anlaşmalarının uygun fiyat üzerinden yapılması, doğal gazın zamanında temin edilebilmesi, kaynak çeşitliliği yaratılması, millî menfaatlerin ve enerji güvenliğinin dikkate alınması hususlarının hayati öneme haiz olduğu düşüncesinden hareketle; Rusya'dan temin edilen doğal gaz oranının % 65 seviyesinden % 30 seviyesine düşecek şekilde doğal gaz alım projelerinde mevcut alternatifler arasındaki önceliğin Azerbaycan ve Türkmenistan'a verilmesi yerinde olacaktır.

Elektrik iletim ve dağıtımında yeterli denetim ve yatırım yapılmadığı için, ülkemiz her yıl ortalama 1,5 milyar dolar değerinde şebeke kaybı ile karşılaşmakta olduğundan; şebeke iyileştirici yatırımların acilen yapılması ve sağlıklı bir denetim sistemi oluşturulması çok önemli bir konudur. Her ne kadar hidroelektrik enerji santrallerinin kuruluş maliyetleri yüksek olsa da, bağımsız ve yenilenebilir enerji kaynağı olmaları ve işletme maliyetlerinin düşük olması nedenleriyle hidroelektrik santrallerin yapımına ağırlık verilerek atıl durumda bulunan Türkiye'nin % 73,7'lik kapasitesinin faaliyete geçirilmesi ülkemiz açısından bir kazanç olacaktır. Elektrik üretimimizin, öncelikle kendi doğal kaynaklarımıza dayandırılmasını, “enerji güvenilirliği” kavramının “ulusal güvenlik” kavramı ile ayrılmaz bir bütünsellik içinde değerlendirilerek petrol ve doğal gaz dış alım kaynaklarının çeşitlendirilmesini, sadece güzergâh yönünden değil ucuzluk, sürdürülebilirlik, kaynak ve ülke bazında da çeşitliliğe gidilmesini ve özellikle elektrik üretiminde % 50'yi aşmakta olan doğal gazın payının tedrici olarak azaltılmasını ekonomik ve siyasi olarak yarar sağlayacaktır.

Kömürün dünyada diğer fosil kaynaklara göre daha fazla rezerv ömrü olması, dünyadaki dağılımının daha homojen olması ve fiyatlarının diğer fosil yakıtlara göre daha sabit kalması nedeniyle; enerji ihtiyacının karşılanmasında yerli kömür kullanımına önem verilmelidir.

Güneş kuşağında yer alan Türkiye'de güneş enerjisinin kullanımının teşvik edilmesini ve yaygınlaşmanın sağlanması bakımından turizm sektöründe zorunlu hale getirilmesini, Jeotermal alanların daha etkin olarak kullanılması maksadıyla; 200 kadar olan kuyu sayısının

artırılarak ısıtılması hedeflenen konut sayısının üç kat artırılarak 17 000'den 50 000'e çıkarılmasını,yapılan fizibilite çalışmaları, Türkiye'nin özellikle Marmara ve Ege Bölgelerinin rüzgâr enerjisi dönüşüm sistemleri için uygun olduğunu gösterdiğinden; elektrik sarfiyatının en yüksek olduğu bölgelerin Marmara ve Ege olduğu göz önüne alınarak; buralara rüzgâr enerjisi dönüşüm sistemleri kurulmasını ve böylece elektriğin iletimi sırasında ortaya çıkacak kayıpların da azaltılmasını ve/veya önlenmesini acilen gerçekleştirmemiz gerekmektedir.

Türkiye'nin kendi tarım potansiyelini kullanarak özellikle biyogaz konusunda önemli alt yapı yatırımları yapmasını ve AB'de otomobil yakıtı olarak kullanılmasını inceleyerek gerekli teknoloji transferi yapmalıdır.

Başta Karadeniz olmak üzere deniz alanlarında dalga enerjisi temini konusunda teknik ve ekonomik yönlü etütler yapılması ve bu bağlamda o yörelerde bulunan üniversiteler devreye sokulmalıdır.

Düşük güçlü, verimsiz santraller yerine büyük ölçekli verimli santraller kurulmasını, bunun yanında; kurabilmeleri durumunda küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin yerli özel sektör eliyle kurulmasının teşvik edilmesi ve termik santrallerde kullanılan türbin ve kazan imalatının da yurt içinde üretimi gerçekleştirilmelidir.

Yerli fosil kaynaklarının yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarının da ülke enerji potansiyeline dahil edilmesi kapsamında, 2005 yılında kabul edilen yasa hükümlerinin süratle hayata geçirilmesini, zorunluluklar, teşvikler, muafiyetler ve vergi indirimleri gibi seçeneklerle, yasa ile belirlenen hususların enerji planlamalarına dahil edilmesi ve benzer alanlarda gerekli diğer yasaların da süratle çıkarılması yerinde olacaktır.

Modern enerji kaynakları arasında yer alan "enerji tarımı ve enerji ormancılığı" ile ilgili çalışmaların ivedilikle yürürlüğe konularak biyokütle tesisleri ve çöp termik santrallerinin sayıca artırılmalıdır.

Türk Silâhlı Kuvvetleri bünyesindeki çeşitli askerî tesislerin elektrik ihtiyaçlarının karşılanmasında rüzgâr santrallerinden, ayrıca sıcak su ihtiyacının temininde de güneş enerjisinden faydalanılması uygun olacaktır.

Alternatif enerji kaynakları konusunda AR-GE çalışmalarının teşvik edilmelidir. Ülkemizin sahip olduğu toryum ve bor madenlerinin işletilmesinde, stratejik gerekçeler dikkate alınarak özelleştirilmeye gidilmemesi, gerek hidrojen gerekse bor ve toryumdan elektrik enerjisi elde edilmesi yönündeki araştırmaların sürdürülmesi, bor madenin hidrojen enerjisi elde edilmesinde taşıyıcı olarak ve/veya bizatihi yakıt olarak kullanılması yönündeki

çalışmaların yakından takip edilmesi, bu konuda gerekli ve yeterli miktarda araştırma ve çalışma grupları kurulması gerekmektedir.

Nükleer santrallerin, tüm tartışmalara karşın, dünyadaki elektrik enerjisi üretiminin %17'sini sağlamakta olduğu gerçeğinden yola çıkarak; orta vadede nükleer teknolojiyi kazanma ve enerji üretiminde kaynak çeşitliliği sağlamak maksadıyla; nükleer santraller kurulmasını, nükleer enerji kullanımında çevre ile ilgili hassasiyetleri konusunda kamuoyunun bilgilendirilmesini ve dışa bağımlılığı azaltması açısından, gerekliliğine inandırılarak pozitif kamuoyu oluşturulmalıdır.

Bor ve türevleri ile ilgili teknolojik gelişmelerin takip edilmesine paralel olarak; özellikle Türk Silâhlı Kuvvetleri envanterinde bulunan motorlu araçların bor, hidrojen ve yakıt hücresi teknolojilerine uyumlu hale getirilmesine yönelik proje çalışmaları yapılmalıdır. (POYRAZ, 2003)

Ülkemizden ham olarak alınan bor mineralleri öğütülerek çok daha fazla fiyata satılabilmektedir. Bu işlem basit bir teknolojiyle gerçekleştirilebilmesine rağmen Türkiye henüz boru ham olarak aracı şirketlere satmakta ve elde edebileceği gelirin çok daha altında bir gelire razı olmaktadır. Dolayısıyla öncelikle ham bor minerallerini öğütüp işleyebilecek tesisler kurulmasına bir an önce başlanmalı, ham bor satışına ise belli bir sınırlandırma getirilmelidir. İşlenmemiş mamul olarak farklı sektörlerdeki bor kullanımına kotalar uygulanabilir.

Ham bor minerallerinden elde edilebilecek uç ürün sayısını artırmak için devlet de özel sektör de çalışmalı, verimliliği artırıcı yönde ortak çalışmalar yapılabilir.

Bor minerallerinin işlenmesi için tesisle birlikte hayati öneme sahip gerekli teknolojiler transfer edilmeli ya da üniversitelere imkânlar sağlanarak bu konuda bilim adamlarımızın yapacağı çalışmalara destek olunmalıdır.

Bor mineraliyle ilgili en yüksek verimi elde edebilmek için işin madencilik kısmından başlayan, borun uç ürünlere dönüştürülerek ihracıyla devam eden ve ihraç edilecek ürünlerden en yüksek kârı elde edebilmek için uygun pazarlama faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine dayanan ulusal bir bor stratejisi belirlenmeli ve hayata geçirilmelidir.

8. KAYNAKLAR

- ADDEMİR, O., İleri Teknoloji Malzemelerinde Bor Türevleri, Türkiye Borat Yatakları, İTÜ Maden Fakültesi, 2001
- ALAPPAT, B.J. and RANE, V.C., Solid Circulation Rate In Recirculating Fluidized Bed, Journal of Energy Engineering, August 2001
- BİRLİKBAŞ, Mu.Bnb. A.İhsan, Enerji Darboğazı ve Türkiye'nin Alternatifleri, Tez, Harp Akademileri Komutanlığı, 23 Şubat 2001, Sf.32.
- Bor Raporu, Türkiye Maden Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB) Metalurji Mühendisleri Odası, 2003.
- BP Statistical Review of World Energy. June 2003
- BULUTÇU,N., Bor Teknolojileri ve Kullanım Alanları, s.37, Türkiye Borat Yatakları, İTÜ Maden Fakültesi, 2001
- CHEMSOC 2002, "A Visual interpretation of the table of elements".
www.chemsoc.org/visetements /pages/boron.html
- ÇINKI, Mustafa -Eti Holding A.Ş. Baş Müfettişi Küresel Bir Yalan "Bor Pazarında Rekabet" (www.geocities.com)
- ÇNAEM (Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi) Bilgi Haberler Broşürü, Mart 1999, Sayı:53, İstanbul
- DOĞANAY, Hayati, Ekonomik Coğrafya: Enerji Kaynakları, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Şafak Yayınevi, 1998
- DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Plânı, Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 2001, s. 23 – 29
- ERASLAN, K. ve KARAKOÇ, F., Borlu Yakıt Sistemleri, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2003
- GÜMÜŞ, M.T.,Hv.Plı,Yzb.,Geleceğin Alternatif Enerji Kaynağı, Hava Kuvvetleri Dergisi, Sayı:334, 2003
- GÜNEŞ, M., "Fotovoltaik Sistemin Sağladığı Elektrik Enerjisi İle Çalışan Bir Uygulama Sisteminin Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 1999
- GÜYAGÜLER,T.,Türkiye Bor Potansiyeli, 4. Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 2002
- HOENRAET C., The Energy Sources and Nuclear Energy, A point of view of the Belgian Catholic Church, Bruge, Belgium, 2000
- International Energy Agency, Energy Statistic of OECD Countries, Paris, France, 2004
- KARAOSMANOĞLU, Filiz, Harp Akademileri K.lığı "Dünya ve Türkiye'deki Enerji ve Su Kaynaklarının, Ulusal ve Uluslar Arası Güvenliğe Etkileri" Sempozyum bildirisi, S.14-15, Ocak 2004
- KILIÇ, Nurel, Türkiye'nin Enerji Potansiyeli, İzmir, İzmir Ticaret Odası Yayını, S.9,1994
- KİBAROĞLU, Doç.Dr.Mustafa, Harp Akademileri K.lığı "Enerji Kaynakları ve Ulaşım Yollarının Uluslararası Güvenliğe Etkileri," Sempozyum bildirisi, Ocak 2004, S.182-194
- LOY, D. And GAUBE, J. Producing Electricity from renewable Energy Sources, Energy Sector Framwork in 15 Countries in Asia, Africa and Latin America Eschborn, Germany, 2002
- LYDAY,P.A.2003 "Boron" USGS, www.minerals.usgs.gov/mineral/pubs/ commodity/ boron
- MERTOĞLU, O. Jeotermal Kaynakların Alternatif ve Entegre Kullanımları, Eylül 1998, Sh.109-119
- MİLLENIUM CELL 2002, "Hydrogen on Deamand"
www.millenniumcell.com/solutioons/index.html
- OLSON, M., " Boron: The Best Choice in Alternative Fuel", 2001, www.public.iastate.edu /mqolson/ papertwo.html
- ÖLÇEN, N., "Bor Madeninin Enerji Alanındaki Önemi", Uludağ Üniversitesi Makine Müh., Tez, 2001

ÖZİL, Prof.Dr.Eralp, Harp Akademileri K.lığı “Dünya’daki Stratejik Enerji Kaynakları ve Ulaşım Yolları” Sempozyum bildirisi, Ocak 2004, S.55-62

PAMİR, A.Necdet, Dünya’da ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları, Jeopolitik dergisi, Sayı:8.,2003

POYRAZ, Hamdi, Tnk.Kur.Kd.Alb., Bor Madenleri, Harp Akademileri Dergisi, Sayı:8, 2003
Scientific American Journal, Mayıs 2002.

TEAŞ Nükleer Santraller D. Bşk.lığı Akkuyu Nükleer Santral Proje İhalesi, Ankara, Kasım 2002

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Enerji Komisyonu, (IV.Enerji Kongresi için hazırlanan rapor), Türkiye’de Enerji Sorunu Ve Çözüm Önerileri, 10 Aralık 2003, S.11

UTLU, Zafer “2023’e Enerji Köprüsü” Gn.Kur.Bşk.’lığı Stratejik Araştırmalar Dergisi Sayı 3. 2005

ÜLTANIR, Prof. Dr. Mustafa Özcan, 21 nci Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, İstanbul, TUSİAD Yayını, 1998

ÜNCÜ, Ümit, “21 nci Yüzyılın Enerji Kaynağı Bor Olabilir mi?”, Ankara Üniversitesi’nde sunmuş olduğu konferans tebliği, 20 MART 2003

International Energy Agency, Energy Statistic of OECD Countries, Paris, France, 2004

YILMAZ, A., Her Derde Deva Hazinesiz BOR, Bilim Teknik, Sayı 414, 2002

YOUNGQUIST, W., 1998, Alternative Energy Sources-Myths and Realities Electronic Green Journal, Spec. Iss., 9

21’inci Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, TUSİAD, Aralık 2003, Sh.151

www.eie.gov.tr

www.energy.uk

www.etiholding.gov.tr

www.enerji.gov.tr/petrolarztalep.htm

ARAŞTIRMADA KULLANILAN TEMEL KAVRAMLARIN TANIMLARI

Enerji :

Maddelerin yapısında var olan, çeşitli şekillerde (yanma, düşme, sürtünme, hareket etme vb.) açığa çıkan güç. Fiziksel anlamda hareket ettirici güç demektir. Ayrıca iş yapma anlamına da gelmektedir.

Enerji, fiziksel anlamda ölçülebilir bir niceliktir ve bir türden diğer bir türe dönüşebilir. Enerji, kullanılışlarının eski ve yeni oluşlarına göre yenilenebilir ve yenilenmeyen (tükenbilir/primer/birincil/konvansiyonel) enerji; buldukları yere göre yeraltı ve yerüstü enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır. Yenilenmeyen (birincil) kaynaklar arasında; petrol, doğal gaz, kömür, uranyum ve toryum gibi nükleer kaynaklar ile bitümlü şistler (katran türevleri) sayılabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise, hidrolik (beyaz kömür), rüzgar, güneş, jeotermal, biyomas, dalga, gel-git enerjisidir.

Potansiyel Enerji :

Birikmiş , iş yapmayan enerji.

Kinetik Enerji :

Potansiyel enerjinin fiziksel-kimyasal bir olayla (yanma, düşme, sürtünme vb.) açığa çıkarak iş yapması, iş yapan enerji. Herhangi bir maddenin yapısında saklı olan potansiyel (iş yapmayan) enerjinin, yapılan bir iş sonucu açığa çıkması durumunda sağlanan enerjiye, kinetik enerji (iş yapan enerji) denir.

Birincil enerji:

Enerjinin her hangi bir değişime yada dönüşüme uğramamış biçimidir. Kömür, petrol, doğal gaz, hidrolik, jeotermal, odun, hayvan ve bitki artıkları, nükleer, güneş vb. enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarıdır.

İkincil enerji (Tüketilen enerji):

Birincil enerjinin yada diğer sekonder enerji biçimindeki enerjilerin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerjidir. Elektrik enerjisi ikincil enerji kapsamındadır.

Nihai enerji (Kullanıma verilen enerji):

Tüketiciye (sanayi, bina, ulaşım gibi) verilen enerjidir.

Taşkömürü :

Siyah renkte, organik fosil halinde, tortul birikimli katı yakıttır. Isıl değeri 24 MJ/kg (yaklaşık 5700 Kcal/kg ya da 10260 Btu/lb) düzeyindedir.

Linyit :

Isıl değeri 800-1000 ile 4000-6000 Kcal/kg. arasında değişen kömürdür.

Petrol :

Bileşimi % 80-85 karbon, %10-15 hidrojen ve %10-03 diğer organiklerden oluşan, bir çeşit bitüm (zift), doğal bir madensel yağdır. Çeşitli sıcaklıklarda ısıl işleme (rafinaj) tâbi tutularak türevler elde edilir. Hidrokarbonlar gaz biçiminde ise doğal gaz, sıvı ise petrol ve katı halde ise bitümlü şist adını alır.

Rüzgâr Enerjisi :

Tükenmeyen, yakıt gereksinimi olmayan, çevresel etkileri en az olan, emniyetli bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi hava koşullarına ve topoğrafik şartlara göre değişim göstermektedir. Bu enerji yatay ve düşey eksenli rüzgâr türbinleri ile mekanik enerjiye dönüştürülmekte, su pompalama veya elektrik üretimi amacıyla da bu mekanik enerjiden yararlanılmaktadır.

Güneş Enerjisi :

Çevre kirliliğine yol açmayan tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dev bir nükleer fizyon (bölünme) reaktörü olarak adlandırılan güneşten her yıl yeryüzüne ulaşan radyasyon değerinin enerji olarak 1.75×10^{18} KWh elektrik enerjisi eş değeri olduğu hesaplanmıştır.

Hidroelektrik Enerji :

Suyun yer çekimine bağlı olarak düşürülmesi ile madde olarak bünyesinde mevcut olan potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüştürülerek elektrik enerjisi elde edilmesidir.

Jeotermal Enerji :

Yer kabuğu içindeki magma ve radyoaktif elementlerin doğal parçalanmasından ileri gelen ısı akımı sonucu ısınan, kaynar veya buhar halindeki suların, konut ısıtılması veya buhar türbini ile elektrik enerjisi üretiminde kullanılan enerjidir.

Bitüm (Katran) :

Yerkabuğu tabakaları arasında doğal olarak oluşmuş; katı, yarı katı ya da çamur kıvamında bir hidrokarbondur. Katran, ham petrolün atmosferik damıtma artıklarının vakum altında damıtılması yoluyla elde edilir.

Biyomas (Biyokütle) :

Çeşitli organik artıkların (Bitkisel artıklar, hayvan gübresi, deniz ve kara yosunları, özel olarak yetiştirilen bazı bitkiler gibi) oksijensiz bir ortamda fermantasyona uğratılması sonucu elde edilen yanıcı gaz karışımına biyogaz, kullanılan maddelere de biyomas (biyokütle) denilmektedir. Bir ton biyomas maddesinin, havasız bir ortamda ısıtılması sonucu, 1,2 varil petrole eş değer enerji elde edilebileceği hesaplanmıştır.

Biyomas enerji kullanımı klasik ve modern olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Klasik biyomas, enerji konvansiyonel ormanlardan elde olunan yakacak odun, yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından (özellikle tezekten) oluşmaktadır.

Modern biyomas kaynakları, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji tarım ürünleri, tarım kesiminin bitkisel atıkları ve hayvansal atıkları, kentsel atıklar, tarımsal endüstri atıkları biçiminde sıralanır.

Isıl Değer :

Katı ve sıvı yakıtların 1 kg'ının, gaz yakıtların ise 1 m³'ünün 0⁰ C'de ve 760 Torr'luk basınç altında yanması ile kcal olarak ortaya çıkan ısı miktarıdır.

Fosil :

Organik canlıların yaşadıkları jeolojik zaman veya bunların devirlerinde, tortul kayalık katmanları arasında veya sedimantasyon materyali içinde kalarak taşlaşmış kalıntıları, organik kökenli yakıtların oluşumudur.

Termik Enerji :

Kömür, petrol, doğal gaz gibi sıcaklık yayan kaynaklardan elde edilen enerjidir.

Nükleer Enerji :

Nükleer (Çekirdek) reaksiyon sonucu elde edilen enerjidir. Atom çekirdeğinin hemen hemen eşit iki kütleyle ayrılması işlemlerine fizyon, daha ağır ve yeni bir atom çekirdeği oluşturmak üzere iki veya daha fazla atom çekirdeğinin birleştirilmesine füzyon denilmektedir. Nükleer enerji fizyon veya füzyon yöntemleri ile elde edilmektedir.