

# **ENERJİ ÜRETİMİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

**FOSİL**

**HİDROLİK**

**YENİLENEBİLİR**

**NÜKLEER**

## **HAZIRLAYAN**

Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK

Doç. Dr. Atilla AKKOYUNLU

Çevre Yük. Müh. Kamil B. VARINCA

## İÇİNDEKİLER

<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	<b>4</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>5</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>6</b>
<b>SUNUŞ</b> .....	<b>7</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>9</b>
<b>2. TÜRKİYE'NİN ENERJİ ALANINDAKİ DURUMU VE GELECEK TAHMİNLERİ</b> .....	<b>12</b>
2.1. GEÇMİŞ YILLARIN ENERJİ DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	12
2.1.1. Enerji Kaynakları Üretimleri .....	12
2.1.2. Enerji Kaynakları Tüketimleri.....	13
2.1.3. Nihai Enerji Tüketimi.....	13
2.1.4. Sektörel Enerji Tüketimi.....	14
2.1.5. Enerji Kaynakları İthalatı ve İhracatı .....	16
2.1.6. Elektrik Enerjisi .....	16
2.2. GELECEK YILLARDAKİ ENERJİ ARZ TALEP DENGELERİ.....	19
2.2.1. Üretim Hedefleri.....	19
2.2.2. Genel Enerji Talebi .....	20
2.3. AVRUPA BİRLİĞİ'NİN ENERJİ DURUMU .....	23
<b>3. ENERJİ KAYNAKLARININ MEVCUT DURUM VE POTANSİYELİ</b> .....	<b>24</b>
3.1. FOSİL YAKITLAR .....	24
3.1.1. Mevcut Durum ve Potansiyel.....	24
3.1.2. Fosil Yakıt Türlerinin Elektrik Üretimindeki Payları .....	28
3.2. HİDROLİK KAYNAKLAR .....	29
3.2.1. Dünyanın Hidrolik Enerji Potansiyeli ve Kullanımı .....	29
3.2.2. Türkiye'nin Hidrolik Enerji Potansiyeli ve Kullanımı .....	30
3.3. YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI .....	32
3.3.1. Güneş Enerjisi .....	33
3.3.2. Rüzgâr Enerjisi .....	35
3.3.3. Jeotermal Enerji.....	36
3.3.4. Canlı Kütle (Biyokütle) Enerjisi .....	37
3.3.5. Deniz Kaynaklı Enerjiler .....	38
3.3.6. Hidrojen Enerjisi .....	38
3.4. NÜKLEER ENERJİ .....	39
3.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE NÜKLEER ENERJİ GÜNDEMİ .....	42
3.5.1. Türkiye'de Nükleer Santral Yapımı .....	45
3.5.2. Türkiye'nin Komşularındaki Nükleer Santraller.....	46
3.5.3. Nükleer Enerjiyi Savunanların Görüşleri.....	47

3.5.4. Nükleer Enerji Karşıtlarının Görüşleri .....	50
3.5.5. Çernobil Kazası ve Sonuçları .....	52
3.5.6. Değerlendirme .....	53
<b>4. ENERJİ ÜRETİMİNDE ÇEVRESEL ETKİLER .....</b>	<b>55</b>
4.1. FOSİL YAKITLI SANTRALLERİN SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLAR .....	57
4.1.1. Hava Kirliliği .....	57
4.1.2. Su Kirliliği .....	58
4.1.3. Katı Atıklar ve Toprak Kirliliği .....	59
4.2. NÜKLEER SANTRALLERİN SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLAR .....	60
4.2.1. Radyoaktif Atıklar ve Bertarafı .....	60
4.2.2. Radyasyon Problemi .....	66
4.3. ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ AÇISINDAN NÜKLEER VE TERMİK SANTRALLERİN KARŞILAŞTIRILMASI .....	67
4.3.1. Kaynak Ekstraksiyonu Açısından Karşılaştırma .....	68
4.3.2. Yakıt İşlenmesi Açısından Karşılaştırma .....	68
4.3.3. Nakliye Açısından Karşılaştırma .....	68
4.3.4. Enerji Dönüşümü Açısından Karşılaştırma .....	69
4.3.5. Enerji Nakli Açısından Karşılaştırma .....	69
4.3.6. Leopold Matris .....	70
4.4. HİDROLİK SANTRALLERİN SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLAR .....	72
4.5. YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLAR .....	73
4.5.1. Güneş Enerjisi .....	74
4.5.2. Rüzgâr Enerjisi .....	75
4.5.3. Jeotermal Enerji .....	76
4.5.4. Biyokütle Enerjisi .....	77
4.5.5. Deniz Kaynaklı Enerjiler .....	78
4.6. EMİSYONLAR VE KONTROL TEKNİKLERİ .....	78
4.7. HUKUKİ DÜZENLEMELERİN ENERJİ ÜRETİMİ AÇISINDAN ÖNEMİ .....	80
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>82</b>
5.1. ARZ GÜVENLİĞİ VE KAYNAK ÇEŞİTLİLİĞİ .....	82
5.2. ÇEVRESEL ETKİLER VE ULUSLARARASI YÜKÜMLÜLÜKLER .....	83
5.3. ENERJİ TASARRUFU VE VERİMLİLİK .....	85
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>87</b>

## ÇİZELGELER LİSTESİ

ÇİZELGE 1.1. KAYNAKLARA GÖRE DÜNYA ENERJİ ARZI TAHMİNLERİ [14] .....	7
ÇİZELGE 2.1. BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI ÜRETİMİ [26].....	12
ÇİZELGE 2.2. GENEL ENERJİ TÜKETİMİ [26] .....	13
ÇİZELGE 2.3. NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİNİN KAYNAKLARA GÖRE DAĞILIMI [17] .....	14
ÇİZELGE 2.4. GENEL VE NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİNİN SEKTÖRLERE GÖRE DAĞILIMI (BİN TEP) [17].....	14
ÇİZELGE 2.5. ENERJİ TALEP, ÜRETİM, İTHALAT VE İHRACATININ GELİŞİMİ (BİN TEP) [17].....	16
ÇİZELGE 2.6. ELEKTRİK ENERJİSİ KURULU GÜÇ, ÜRETİM VE TÜKETİMİNİN GELİŞİMİ [TEİAŞ-TEDAŞ İSTATİSTİKLERİ] .....	16
ÇİZELGE 2.7. OECD VE AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİNDE KURULU GÜÇ (GW) [20] .....	18
ÇİZELGE 2.8. NİHAİ ENERJİ SEKTÖREL TALEBİ (MTPE) [17].....	18
ÇİZELGE 2.9. ELEKTRİK ENERJİSİ SEKTÖREL TALEBİ (GWH) [17].....	19
ÇİZELGE 2.10. BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI ÜRETİM HEDEFLERİ [17].....	19
ÇİZELGE 2.11. GENEL ENERJİ TALEP PROJEKSİYONLARI [17] .....	20
ÇİZELGE 2.12. NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİNİN KAYNAKLARA GÖRE DAĞILIMI [17] .....	21
ÇİZELGE 2.13. GENEL VE NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİNİN SEKTÖRLERE GÖRE DAĞILIMI (BİN TEP) [17].....	21
ÇİZELGE 2.14. ENERJİ KAYNAKLARI İTHALATI [17].....	22
ÇİZELGE 2.15. ENERJİ TALEP, ÜRETİM VE İTHALATIN GELİŞİMİ (BİN TEP) [17].....	22
ÇİZELGE 2.16. UZUN DÖNEM ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU [17] .....	23
ÇİZELGE 3.1. ELEKTRİK ENERJİSİNDE DEĞERLENDİRİLECEK LİNYİT REZERVİ [2] ....	27
ÇİZELGE 3.2. ELEKTRİK ENERJİSİNDE DEĞERLENDİRİLECEK TAŞKÖMÜRÜ REZERVİ [2].....	28
ÇİZELGE 3.3. AB ÜLKELERİNİN FOSİL YAKIT TÜRLERİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİNDEKİ PAYLARININ PROJEKSİYONU [19].....	28
ÇİZELGE 3.4. ABD'DE FOSİL YAKIT TÜRLERİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİNDEKİ PAYLARININ PROJEKSİYONU [18] .....	29
ÇİZELGE 3.5. TÜRKİYE'DE FOSİL YAKIT TÜRLERİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİNDEKİ PAYLARININ PROJEKSİYONU [18].....	29
ÇİZELGE 3.6. AB'DE TEKNOLOJİ BAZINDA TOPLAM KURULU KAPASİTE [2].....	29
ÇİZELGE 3.7. TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ VE 1999 YILI SONUNDA GELİŞME DURUMU [2] .....	30
ÇİZELGE 3.8. AKARSU HAVZALARINDAKİ SU ENERJİ VERİMLİLİKLERİ [6].....	32

ÇİZELGE 3.9. TÜRKİYE'NİN AYLIK GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ [6] .....	33
ÇİZELGE 3.10. GÜNEŞ ENERJİSİ OLAN BÖLGELERİN DAĞILIMI [6] .....	33
ÇİZELGE 3.11. YILLIK ORTALAMA RÜZGÂR HIZLARI [6] .....	36
ÇİZELGE 3.12. DEĞİŞİK CANLILARIN BİYOGAZ VERİMLİLİKLERİ [6] .....	38
ÇİZELGE 3.13. AB NÜKLEER KURULU GÜCÜNÜN GELİŞİMİ [19] .....	40
ÇİZELGE 3.14. NÜKLEER ELEKTRİĞİN DÜNYADAKİ PAYI, 2003 (26) .....	40
ÇİZELGE 3.15. KURULU BULUNAN VE İNŞA HALİNDEKİ NÜKLEER ENERJİ SANTRALLERİ, 2004 [23] .....	41
ÇİZELGE 4.1. RADYOAKTİF ATIKLARIN AKTİVİTE SEVİYELERİ [11] .....	60
ÇİZELGE 4.2. KÖMÜRLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ [8] .....	71
ÇİZELGE 4.3. PETROLLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ [8] .....	71
ÇİZELGE 4.4. DOĞALGAZLA ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ [8] .....	71
ÇİZELGE 4.5. NÜKLEER SANTRALLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ [8] .....	72

## ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL 2.1. 1999 YILI ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN SEKTÖREL DAĞILIMI [2] .....	15
ŞEKİL 3.1. DÜNYA FOSİL YAKIT REZERVLERİNİN ÖMRÜ (BP AMOCO, 1999) .....	24
ŞEKİL 3.2. FOSİL YAKITLARIN 1998 SONU İTİBARIYLA COĞRAFİ DAĞILIMI (BP AMOCO, 1999) .....	25
ŞEKİL 3.3. AB, FRANSA, ABD VE TÜRKİYE'DE NÜKLEER, HİDROLİK-RÜZGAR VE TERMİK ÜRETİMİN ELEKTRİK ENERJİSİ İÇİNDEKİ PAYLARI [19] .....	26
ŞEKİL 3.4. TÜRKİYE'NİN ETRAFINDAKİ NÜKLEER SANTRALLERİN YERLERİ [23] .....	47
ŞEKİL 4.1. EVAPORASYON SİSTEMİ [11] .....	64
ŞEKİL 4.2. ENERJİ ÜRETİM TÜRLERİNE GÖRE CO2 EMİSYONU [21] .....	79

## KISALTMALAR

MTA:	Maden Tetkik Arama Kurumu
DMİ:	Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü
EİEİ:	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
TAEK:	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEAŞ:	Türkiye Elektrik Anonim Şirketi
IAEA:	Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu
ICRP:	Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi
HES:	Hidroelektrik Santral
RES:	Rüzgar Elektrik Santrali
NGS:	Nükleer Güç Santrali
HKKY:	Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
SKKY:	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TAKY:	Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
BGD:	Baca gazı desülfürasyon
kep:	Kilogram petrol eşdeğeri
kWh:	Kilovat saat

## SUNUŞ

İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmesinin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji, yaşantımızdaki vazgeçilmez yararlarının yanı sıra üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır.

Nüfus artışına, sanayinin gelişmesine paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri ekolojik dengeyi önemli ölçüde etkiledikleri gibi sınırlar ötesi etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle çevre sorunları ulusal olduğu gibi uluslar arası nitelikler de taşımaktadır. Yine bu nedenle enerjiye bağlı sorunların giderilmesi için gerekli tedbirlerin alınmasında, uluslararası işbirliğinin rolü önem kazanmaktadır.

Bugünün enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji) ve yenilenebilen enerji kaynakları (odun, bitki atıkları, tezek, jeotermal enerji, güneş, rüzgar, hidrojen, hidrolik, gelgit ve dalga enerjisi) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Dünya'da büyük ölçüde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılıyor olması (ticari talebin %90'ı fosil yakıtlardan, %10'u ise hidrolik ve nükleer enerjiden sağlanmaktadır), çevre sorunlarını önemli ölçüde arttırmıştır. Bu nedenle çevresel etkileri az olan yenilenebilen enerji kaynaklarına yöneliş, her bakımdan avantajlı olmaktadır. Ancak bazı teknik sorunların çözümlenebilmesi için zamana ihtiyaç vardır ve bu da söz konusu geçişin oldukça uzun bir süre alacağını göstermektedir. Çizelge 1.1'de dünyanın geçmişteki enerji tüketiminde kaynakların rolü ve gelecekteki kaynaklara göre enerji tahminleri gösterilmiştir.

**Çizelge 1.1. Kaynaklara göre dünya enerji arzı tahminleri [14]**

Kaynak	1960		1980		2000		2020	
	10 <sup>9</sup> TEP*	%	10 <sup>9</sup> TEP	%	10 <sup>9</sup> TEP	%	10 <sup>9</sup> TEP	%
Kömür	1.250	36	1.830	24	2.930	26	4.650	30
Petrol	1.170	33	3.100	41	3.415	31	3.175	21
Doğalgaz	0.411	12	1.301	17	1.885	17	2.570	17
Hidrolik	0.171	5	0.383	5	0.650	6	1.050	7
Nükleer	---	---	0.156	2	0.845	8	1.730	11
Tic. Olmayan	0.490	14	0.768	10	1.095	10	1.140	8
Yeni enerji	---	---	---	---	0.285	2	0.845	6
Toplam	3.500	100	7.538	100	11.105	100	15.115	100

\*109 TEP: milyar ton eşdeğer petrol

Arz güvenliği ve kaynak çeşitliliği sağlamanın yanında, ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemelere uyulabilmesi, yükümlülüklerin yerine getirilmesi, iklim değişikliği, sera etki, küresel ısınma, asit yağmurları vb. gibi yerel, bölgesel ve küresel ölçekli çevre sorunlarının üstesinden gelebilmek için enerji üretiminde kaynak seçiminin doğru, güvenilir ve fizibil olarak yapılması oldukça önemlidir. Bu sebeple kaynak seçiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişin yanında nükleer enerji de gözardı edilmemeli ve bu enerji kaynağı üzerinde de yeterli derecede araştırma çalışması yapılmalı, bu tür çalışmalar desteklenmeli, milletimiz bu konuda bilinçli ve gerçekçi bilgilerle aydınlatılarak konu kısır tartışmalara kurban edilmemelidir.

Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri Raporu'nu hazırlayan Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi Çevre Proje Grubu başkanı **Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK**, **Doç. Dr. Atilla AKKOYUNLU** ve **Çevre Yüksek Müh. Kamil VARINCA**'ya teşekkür eder, raporun enerji ile ilgilenen kamu ve özel sektör karar alıcılarına, konuya ilgi duyan bilim adamlarına, faydalı olmasını temenni ederim.

Saygılarımla...

**Süleyman ŞENSOY**

**TASAM BAŞKANI**



## 1. GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemesi, nüfusun artması, insanın dünyaya hâkim olma düşüncesi enerjiye olan talebin hızını artırmaktadır. Muhakkak her enerji elde etme türünün çevreye belli oranda negatif etkisi olmaktadır.

Diğer taraftan gelecek nesiller için fosil yakıt yataklarından, kömürün 250 yıl petrolün ise 50 yıl sonra tükeneceği düşünüldüğünde bunların yerine yeni enerji kaynaklarının ikame edilmesinin ne kadar gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır [6].

Aynı zamanda her yıl yüzde 7 artan enerji talebi, yeni enerji kaynakları bulunamaması halinde Türkiye'nin büyük bir sıkıntı ile karşı karşıya kalacağını göstermektedir.

Türkiye'de Planlı kalkınma döneminde, büyüyen ekonomiye, gelişen ve çeşitlenen sanayi faaliyetlerine ve değişen demografik yapıya paralel olarak ülkemizin birincil enerji ve elektrik tüketiminde önemli artışlar kaydedilmiştir. 1999 yılı sonu itibarıyla kişi başına birincil enerji tüketimi 1.158 kep'e, kişi başına elektrik arzı ise 1.840 kWh'e yükselmiştir. Buna rağmen bu değerler, halen kişi başına 1.500 kep ve 2.200 kWh düzeyinde olan dünya birincil enerji ve elektrik tüketim ortalamalarının altında bulunmaktadır [1].

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için temel girdilerden birisi durumundadır. Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak enerji tüketimi kaçınılmaz bir şekilde büyümektedir. Buna karşılık enerji tüketiminin mümkün olan en alt düzeyde tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Çünkü enerji sektöründe;

- Enerji kaynaklarının üretim ve temin maliyeti yüksektir. Enerji projeleri, uzun planlama, gelişim ve yatırım süreleri, yüksek finansman ve gelişmiş teknoloji gerektiren yatırımlardır.
- Petrol ve doğal gaz gibi kalorifik değeri yüksek fosil yakıt varlığı zaman içinde azalırken, bu kaynakların stratejik önemi yükselecek, bu kaynakların yerini dolduracak yeni enerji kaynakları geliştirilmediği sürece, fiyatları artış eğilimi içine girecektir.
- Enerji kaynakları açısından zengin olmayan ülkemizde, bu alanda halen yüzde 62 düzeyinde bulunan dışa bağımlılık, tüketim gelişirken zaman içinde artacaktır [1].
- Enerji kaynakları, üretim ve tüketim aşamasında çevreyi olumsuz etkileyen özelliklere sahiptir. Çevresel sorunların giderilmesi ise önemli bir maliyet unsurudur. Küresel kirlenme uluslararası alanda ortak politikalar oluşturulması gereken konulardan biri haline gelmiştir.

Bu nedenlerle, sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı içinde, ekonomik ve sosyal gelişimi destekleyecek, çevreyi en az düzeyde tahrip edecek, asgari miktar ve maliyette enerji tüketimi ve dolayısıyla arzı hedef alınmak durumundadır.

Günümüzde, kişi başına enerji tüketimi bir gelişmişlik göstergesi olmaktan çıkmış; amaç, kişi başına enerji tüketimini artırmak değil, bir birim enerji tüketimi ile en fazla üretimi ve refahı oluşturmak haline gelmiştir.

Enerji sektörünün bu yaklaşım içinde yapılandırılmasında ve geliştirilmesinde, enerji politikalarının bu doğrultuda oluşturulmasında, enerji alt sektörlerinde serbest piyasa düzenine geçilirken bu genel politikalar ışığında düzenlemeler getirilmesinde yarar görülmektedir.

1984 yılından bu yana özel kesim faaliyetlerinin geliştirilmeye çalışıldığı elektrik alt sektöründe daha özel bir planlama yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü elektrik alt sektöründe;

- Elektrik talebi, bölgesel olarak, mevsimlik, günlük ve saatlik farklılıklar göstermektedir. En yüksek yükle en düşük yük arasında iki kata yakın bir farklılık olabilmektedir. Talebin kendine özgü bu yapısı ve elektrik enerjisinin depolanamaması nedeniyle, yük-talep eğrisine en iyi şekilde cevap verebilecek bir santral sisteminin kurulması gerekmektedir.

- Elektrik üretimi için termik, hidrolik, nükleer, yenilenebilir gibi alternatif üretim kaynak ve teknolojileri bulunmaktadır. Bütün bu santrallerin yatırım ve işletme maliyetleri, işletmeye hazır bulunma dönem ve süreleri, işletmeye giriş-çıkış özellikleri büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle her santral tipi, mevsimlik ve günlük değişen yük-talep eğrisinin farklı bir kesimine hitap etmektedir.

- Elektrik üretim sistemi planlanırken, santrallerin bu farklı özelliklerinin ve talebin bölgesel gelişiminin dikkate alınması ve talebi en uygun santral setiyle, en düşük kayıp ve maliyetlerle karşılayabilecek optimal üretim ve iletim sistem planları üzerinde durulması gerekmektedir.

Bu çerçevede, enerji ve elektrik sektörlerinin çok ciddi ve sağlıklı çalışmalarla planlanması, proje seçim, yatırım ve politika kararlarının bu çalışmalar doğrultusunda verilmesi gerekmektedir.

Bu gerekliliğe karşın ülkemizde, planlananın aksine uzun yıllardır sektörün sağlıklı bir şekilde yapılandırılması sağlanamamış, yatırımlar istikrarlı bir şekilde yürütülememiştir. Enerji yatırımlarında yaşanan istikrarsızlıklara bağlı olarak bazı dönemler aşırı atıl üretim kapasitesiyle, bazı dönemlerde ise ciddi enerji açıklarıyla yaşanmak durumunda kalmıştır.

Ülke elektrik tüketimi, geçmiş kırk yılda, yıllık ortalama yüzde 10 gibi yüksek bir hızla büyümüştür. Bu artış hızı son yirmi yılda yüzde 8,5 düzeyine gerilemiştir. Azalan artış hızına rağmen ülke elektrik talebi, tüketimde doyuma ulaşıncaya kadar daha uzun bir süre yüksek oranlarda artmaya devam edecektir. Yapılan çalışmalar, 1999 yılında 118,5 milyar kWh olan elektrik tüketiminin, 2005 yılında 195 milyar kWh ve 2010 yılında 285 milyar kWh'e ulaşacağını göstermektedir [1].

1997-2004 yılları içinde birincil enerji tüketimi yılda ortalama yüzde 2,7 oranında büyümüştür. 1997 yılında 73,7 milyon tep olan birincil enerji tüketimi 2004 yılı sonunda 87,8 milyon tep'e ulaşmıştır. Buna karşılık birincil enerji üretiminde ancak yıllık yüzde 1,3 oranında bir büyüme sağlanabilmiş, 1997 yılında 28,2 milyon tep olan birincil enerji üretimi, 2004 yılında 24,3 milyon tep düzeyine gerilemiştir. Bunun sonucunda, talebin yurtiçi üretimle karşılanma oranı düşmüştür [26].

Enerji sektöründe temel amaç, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyaçlarının sürekli ve kesintisiz bir şekilde ve mümkün olan en düşük maliyetlerle, güvenli bir arz sistemi içinde karşılanabilmesidir.

2001-2005 yılları arasında birincil enerji talebinin, amaçlanan ekonomik büyüme hızı paralelinde, yılda ortalama yüzde 6,1 oranında artış göstermesi beklenmektedir. Böylece, 2005 yılı sonunda toplam birincil enerji tüketimi 106 milyar tep'e, kişi başına birincil enerji tüketimi ise 1.506 tep'e ulaşacaktır. Buna karşılık, birincil enerji üretiminde beklenen düşük artış hızı nedeniyle ithal kaynakların toplam tüketim içindeki payı artmaya devam edecektir[1].

2001-2005 yılları arasında ülke elektrik talebinin, yılda ortalama yüzde 9 oranında artış göstermesi ve toplam elektrik tüketiminin dönem sonunda 195,1 milyar kWh'e, kişi başına elektrik tüketiminin ise 2.773 kWh'e ulaşması beklenmektedir [1].

Tüketim içinde kaynak bazında en büyük artış doğal gazda olacaktır. 2005 yıl sonu itibarıyla doğal gaz talebinin 35 milyar m<sup>3</sup> düzeyine yükselmesi beklenmektedir. Doğal gazın yüzde 50'si elektrik üretiminde, yüzde 30'u sanayide, yüzde 20'si de binalarda kullanılacaktır[1].

2005 yıl sonunda elektrik santralleri kurulu gücünün, 15.392 MW artışla 42.783 MW'a, santraller üretim kapasitesinin ise 234 milyar kWh'e ulaşması beklenmektedir. Böylece yıl sonunda sistem kurulu güç yedeği yüzde 37, üretim kapasite yedeği ise yüzde 20 civarında olacaktır [1].

Aynı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planında yer aldığı şekliyle;

Doğanın korunması amacı dikkate alınarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve tüketimde daha büyük oranlarda yer alması için tedbirler alınacaktır. Böylece yerli fosil kaynakların yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları da katılarak ülke enerji potansiyelinin en üst derecede kullanıma sokulması sağlanacak nükleer enerjinin uzun dönem gelişim planları üzerinde önemle durulacaktır [1].

Ulaştırma, enerji, sanayi ve konutlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kontrol etmek ve azaltmak amacıyla enerji verimliliğinin artırılması ve tasarruf sağlanması yönünde düzenlemeler yapılacaktır [1].

## 2. TÜRKİYE’NİN ENERJİ ALANINDAKİ DURUMU VE GELECEK TAHMİNLERİ

### 2.1. GEÇMİŞ YILLARIN ENERJİ DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

#### 2.1.1. Enerji Kaynakları Üretimleri

1997-2004 yılları arası birincil enerji kaynaklarının üretimleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 2.1. Birincil enerji kaynakları üretimi [26]**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Taşkömürü (bin ton)	2.513	2.156	1.990	2.392	2.494	2.319	2.059	1.946
Linyit (bin ton)	57.387	65.204	65.019	60.854	59.572	51.660	46.168	43.709
Asfatit (bin ton)	29	23	29	22	31	5	336	722
Petrol (bin ton)	3.457	3.224	2.940	2.749	2.551	2.420	2.375	2.276
Doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	253	565	731	639	312	378	561	708
Hidrolik (GWh)	39.816	42.229	34.678	30.879	24.010	33.684	35.330	46.084
Jeotermal Elektrik (GWh)	83	85	81	76	90	105	89	93
Jeotermal Isı (bin tep)	531	582	618	648	687	730	784	811
Güneş (bin tep)	179	210	236	262	287	318	350	375
Rüzgar (GWh)	-	6	21	33	62	48	61	58
Odun (bin ton)	18.374	18.374	17.642	16.938	16.263	15.614	14.991	14.393
Hayvan ve Bitki artıkları (bin ton)	6.575	6.396	6.184	5.981	5.790	5.609	5.439	5.278
Toplam (bin tep)	28.209	29.324	27.659	26.047	24.576	24.259	23.783	24.332

1997 yılında 28,2 Mtep (milyon ton petrol eşdeğeri) olarak gerçekleşen birincil enerji kaynakları üretimi, yaklaşık 3,8 Mtep’lik bir azalma sonrası 2004 yılında 24.3 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 1998’de 29,3 Mtep olarak gerçekleşen birincil enerji kaynakları üretimindeki artış özellikle hidrolik enerjiden kaynaklanmıştır. Özellikle 1999 ve sonraki yıllarda yağışların azalması sonucunda hidrolik enerji üretiminde önemli düşüşler görülmüştür. 2004 yılına gelindiğinde ise toplam enerji üretiminde azalma görülürken, hidrolik enerji üretiminde önceki yıllarla kıyaslandığında ciddi bir artış kaydedilmiştir [26].

Söz konusu dönemde, petrol üretiminde düşüş görülürken, doğalgaz üretimi artışa rağmen ihtiyaçları karşılamaktan uzak kalmıştır. Ülkenin ana enerji kaynaklarından olan linyit ve kömür ise üretim miktarları yıldan yıla azalmakla birlikte halen önemli birer paya sahiptirler.

## 2.1.2. Enerji Kaynakları Tüketimleri

1997-2004 yılları arasında kaynak esasına göre genel enerji tüketimi Çizelge 2.2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.2. Genel enerji tüketimi [26]**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
Taşkömürü (bin ton)	12.537	13.146	11.362	15.525	11.176	18.830	17.535	18.904
Linyit (bin ton)	59.474	64.504	64.049	64.384	61.010	52.039	46.051	44.823
Asfaltit (bin ton)	29	23	29	22	31	5	336	722
Petrol (bin ton)	29.176	29.022	28.862	31.072	29.661	29.776	30.669	31.729
Doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	10.072	10.648	12.902	15.086	16.339	17.694	21.374	22.446
Hidrolik (gwh)	39.816	42.229	34.678	30.879	24.010	33.684	35.330	46.084
Jeotermal Elektrik (gwh)	83	85	81	76	90	105	89	93
Jeotermal Isı (bin tep)	531	582	618	648	687	730	784	811
Güneş enerjisi (bin tep)	179	210	236	262	287	318	350	375
Rüzgar enerjisi (gwh)	-	6	21	33	62	48	61	58
Odun (bin ton)	18.374	18.374	17.642	16.938	16.263	15.614	14.991	14.393
Hayvan ve Bitki artıkları (bin ton)	6.575	6.396	6.184	5.981	5.790	5.609	5.439	5.278
Elektrik ithalatı (gwh)	2.492	3.299	2.330	3.791	4.579	3.588	1.158	464
Elektrik ihracatı (gwh)	-271	-298	-285	-437	-433	-435	-588	-1144
Toplam (bin tep)	73.779	74.709	74.275	80.500	75.402	78.331	83.826	87.818

\*Geçici

1997-2004 yılları arasında genel enerji tüketimi, gelişen teknoloji ve nüfusla paralel olarak artmaya devam etmiştir. 1997 yılında 73.7 Mtep olan enerji tüketimi 2004 yılına gelindiğinde % 19'luk bir artış ile 87.8 Mtep'ye yükselmiştir. Ülkenin ana enerji kaynaklarından linyitin tüketiminde bir azalma söz konusu olurken, taşkömürü, petrol, doğalgaz ve hidrolik tüketimi önemli ölçüde artmıştır [26].

## 2.1.3. Nihai Enerji Tüketimi

Elektrik santralleri, kok fabrikaları, petrol rafinerileri gibi çevrim tesislerine sağlanan arz miktarı ile kayıplardan sonra tüketiciler tarafından kullanılan miktarlar olarak tanımlanan nihai tüketimin 1990-2002 yılları arasında kaynaklara göre gösterdiği gelişme Çizelge 2.3'de verilmiştir.

**Çizelge 2.3. Nihai enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı [17]**

	1990	1991	1995	1998	1999	2000	2001	2002
Taşkömürü (bin ton)	2.747	3.254	3.040	6.752	5.491	9.165	5.267	8.193
Linyit (bin ton)	15.739	16.320	12.420	12.221	10.105	11.904	8.104	9.387
Asfalt (bin ton)	285	137	66	22	28	18	30	5
Petrol (bin ton)	19.380	19.248	24.193	24.236	23.781	25.544	24.341	24.241
Doğalgaz ((milyon m <sup>3</sup> )	862	1.337	3.335	5.163	5.233	5.592	5.807	6.904
Elektrik (GWh)	45.670	47.827	65.724	85.586	89.345	96.140	95.445	101.150
Jeotermal Isı (Bin Tep)	364	365	437	582	618	648	687	730
Güneş Enerjisi 8Bin Tep)	28	41	143	210	236	262	287	318
Odun (bin ton)	17.870	17.970	18.374	18.374	17.642	16.938	16.263	15.614
Hayvan ve Bitki artıkları (Bin ton)	8.030	7.918	6.765	6.396	6.184	5.981	5.790	5.609
İkincil Kömür (Bin ton)	3.644	3.839	4.158	4.891	4.879	5.111	4.538	4.910
Toplam (Bin tep)	41.611	42.579	49.976	56.692	55.006	60.490	55.083	58.772
Artış (%)	-	2,3	4,1	4,3	-3,0	10,0	-8,9	6,7

1990 yılında 41,6 Mtep olan nihai enerji tüketimi (NET), yıllık ortalama %2,9'luk artışla 2002'de 58,8 Mtep olmuştur. 1990-2002 yılları arasında Türkiye'nin nihai enerji tüketim yapısındaki önemli değişiklik, elektrik enerjisi ve doğalgaz tüketiminde olmuştur. Doğalgazın payı 1990'da %1,9'dan, 2002'de %10,7'ye, elektriğin payı ise %9,4'den %14,8'e yükselmiştir. Bu dönemde gerek jeotermal ısı kullanımında ve gerekse güneş enerjisi tüketimlerinde önemli artışlar gözlenirken ticari olmayan yakıtların tüketiminde de düşüşler olmuştur. Ayrıca 1999 yılından itibaren rüzgardan elektrik enerjisi üretiminde de başlanmıştır[17].

#### 2.1.4. Sektörel Enerji Tüketimi

1990-2002 yılları arasında enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı Çizelge 2.4'de verilmiştir.

**Çizelge 2.4. Genel ve nihai enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı (bin tep) [17]**

	1990	1991	1995	1998	1999	2000	2001	2002
Sanayi	14.543	15.181	17.372	21.555	19.873	23.635	20.547	24.465
Konut ve hizmetler	15.358	15.915	17.596	19.278	18.978	19.860	17.935	18.184
Ulaştırma	8.723	8.304	11.066	10.760	11.350	12.007	12.000	11.320
Tarım	1.956	1.976	2.556	2.827	2.923	3.073	2.964	3.026
Enerji dışı	1.031	1.203	1.386	2.272	1.881	1.915	1.638	1.777
Nihai enerji tüketimi	41.611	42.579	49.976	56.692	55.006	60.490	55.083	58.772
Çevrim sektörü	11.377	11.698	13.703	18.017	19.269	20.760	20.869	19.632
Genel enerji tüketimi	52.987	54.278	63.679	74.709	74.275	81.251	75.952	78.403

1990 yılında 15,4 Mtep olan konut ve hizmetler sektörü enerji tüketimi 2002'de 18,2 Mtep'e ulaşmıştır. Konut ve hizmetler sektöründe yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları en yüksek paya sahiptir (%38). Bu da özellikle yenilenebilir enerji kaynakları grubunda yer alan odun ile hayvan ve bitki artıkları (%32,9) kaynaklı olup yeni enerji kaynaklarından jeotermal ısının payı %4, güneş enerjisinin ise %1,1'dir. Bu dönemde konut ve hizmetler sektöründe tüketilen elektrik enerjisinin payı hızla artarak 1990'da %9,3'ten, 2002'de %23'e ulaşmıştır. 1980'li yılların başında özellikle büyük şehirlerde

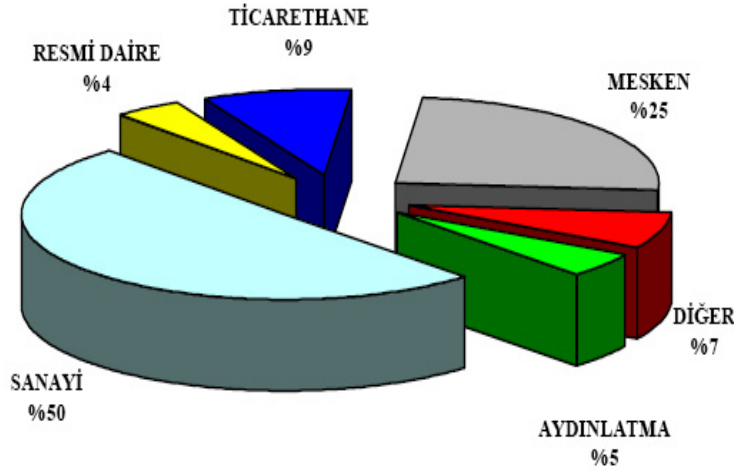
görülen hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla çeşitli tedbirler alınmaya başlanmıştır. Öncelikle yerli kömürlere nazaran daha temiz yakıt olmaları özelliği ile konutlarda ithal kömür kullanımına gidilmiş, daha sonra ise ülke çapında doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılmasına önem verilmiştir. Bu çerçevede tüketiminde önemli artış gözlenen diğer bir kaynak da doğalgazdır. Doğalgazın payı 1990 yılında %0,3 iken 2002'de %14,6 seviyesine ulaşmıştır [3].

Türkiye'nin sanayileşmesine paralel olarak enerji tüketimi de artmaktadır. Nihai enerji tüketimi içinde sanayi sektörünün payı 1990 yılında %3'den 2002'de %42'ye çıkmıştır ki bu özellikle enerji yoğun sanayinin geliştiğini göstermektedir. Geçmiş yıllarda olduğu gibi günümüzde de petrol sanayi sektörünün ana yakıtı olmaya devam etmektedir. Bununla beraber sektörde kullanılan doğalgazın payı hızla artmış ve %5'ten %14,8'e varmıştır [3].

Ulaştırma sektörünün nihai enerji tüketimi içindeki payı %19 seviyesindedir. Bu sektörde %87 ile en büyük payı karayolu ulaştırması almaktadır. Ulaştırma sektöründe doğal olarak ana yakıt petrol olmakla birlikte bir miktar doğalgaz ve elektrik enerjisi de tüketilmektedir. Son yıllarda ulaşımdan kaynaklanan çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla araçlarda LPG tüketimi teşvik edilmiş ve bunun sonucunda ulaşımda tüketilen toplam petrol ürünleri içinde LPG'nin payında önemli artışlar görülmüş, 2002 yılında bu oran %12 seviyesine ulaşmıştır [3].

Şekil 2.1'de 1999 yılında kullanılan enerjinin sektörlere göre dağılımı verilmiştir.

**Şekil 2.1. 1999 yılı elektrik enerjisi tüketiminin sektörel dağılımı [2]**





## 2.1.5. Enerji Kaynakları İthalat ve İhracat

1990-2002 yılları arasında enerji talep, üretim, ithalat ve ihracatın gelişimi Çizelge 2.5'de verilmiştir.

**Çizelge 2.5. Enerji talep, üretim, ithalat ve ihracatının gelişimi (bin tep) [17]**

	1990	1991	1995	1998	1999	2000	2001	2002
Talep	52.987	54.278	63.679	74.709	74.275	81.251	75.952	78.403
Üretim	25.478	25.501	26.179	29.324	27.659	26.855	25.173	24.569
İthalat	30.936	29.597	39.779	48.632	49.406	56.280	52.702	58.335
İhracat	2.104	2.808	1.947	2.398	2.791	1.584	2.620	3.162
İhrakiye	355	264	464	627	587	467	624	1.233
Net ithalat	28.477	26.525	37.368	45.607	46.028	54.229	49.458	53.940
Artış (%)		-6,9	8,9	6,9	0,9	17,8	-8,8	8,9
TYÜKO* (%)	48,1	47,0	42,0	39,3	37,2	33,1	33,1	31,3

\* TYÜKO: Talebin yerli üretimle karşılanma oranı

Enerji üretim artışının talepten daha düşük olması sebebiyle 1990-2002 yılları arasında net enerji ithalatında %5,5'lik bir artış gerçekleşmiş ve yaklaşık iki kat artarak 1990 yılındaki 28,5 Mtep seviyesinden 2002'de 53,9 Mtep seviyesine ulaşmıştır [3].

2002 yılında da petrol başta olmak üzere doğalgaz, kömür ve elektrik enerjisi ithalatı yapılmıştır. Taşkömürü ve ikincil kömür ithalatı, toplam olarak 9,6 Mtep (%16,5), ham petrol ve petrol ürünleri 32,6 Mtep (%56), doğalgaz 15,8 Mtep (%27) ve elektrik 0,3 Mtep (%0,5) olarak gerçekleşmiştir. 2002 yılında talebin yerli enerji ile karşılanma oranı %31,3 olmuştur[3].

## 2.1.6. Elektrik Enerjisi

Türkiye'deki elektrik enerjisinin kurulu güç, üretim ve tüketiminin gelişimi Çizelge 2.6'da verilmiştir.

**Çizelge 2.6. Elektrik enerjisi kurulu güç, üretim ve tüketiminin gelişimi [TEİAŞ-TEDAŞ İstatistikleri]**

	1990	1991	1995	1998	1999	2000	2001	2002
Kurulu güç (MW)	16.318	17.209	20.954	23.354	26.119	27.264	28.332	31.846
Üretim (GWh)	57.543	60.246	86.247	111.022	116.440	124.922	122.725	129.400
İthalat (GWh)	176	759	---	3.299	2.330	3.791	4.579	3.588
İhracat (GWh)	907	506	696	298	285	437	433	435
Brüt arz (GWh)	56.812	60.499	85.551	114.023	118.485	128.276	126.871	132.553
Artış (%)	-	9,0	8,5	8,1	8,5	8,3	-1,1	4,5
Net tüketim (GWh)	46.820	49.283	67.394	87.705	91.202	98.296	97.070	102.800
Artış (%)	-	5,3	7,6	9,2	7,9	7,8	-1,2	5,9
Kişi başına net tüketim (kWh)	834	861	1.092	1.346	1.376	1.458	1.416	1.476
Kişi başına net tüketim (kWh)	1.012	1.057	1.386	1.750	1.787	1.903	1.851	1.903

1990 yılında 16.318 MW olan ülke kurulu güç kapasitesi son dönemlerde devreye alınan 15.528 MW ilave kapasite ile 2002 yılında 31.846 MW'a ulaşmıştır. Aynı dönemlerde üretim, yıllık ortalama %7 artışla 57.543 GWh'den 129.400 GWh'e ulaşmıştır. 1990 yılında net tüketim 46.820 GWh, kişi başı net tüketim 834 kWh, kişi başına brüt tüketim 1.012 kWh iken bu miktarlar 2002 yılında yaklaşık olarak iki kat artarak sırası ile 102.800 GWh, 1.476 kWh ve 1.903 kWh olarak gerçekleşmiştir [3].



Türkiye'nin kurulu gücü 1999 yılı sonunda 26.116,8 MW'a ulaşmıştır. Bu gücün, 15.555,9 MW ile %59,6'sını termik, 10.537,2 MW ile %40,3'ünü hidrolik, 23,7 MW ile %0,1'ini jeotermal ve rüzgâr santralleri oluşturmaktadır [2].

1999 sonu itibariyle Türkiye'nin kurulu gücünün %24,3'ünü linyit yakıtlı santraller oluşturmaktadır. En önemlileri olarak, her biri 340 MW güçteki 4 üniteden oluşan Afşin Elbistan TS'i (1.360 MW), 1.034 MW güçteki Soma TS'i, 600 MW güçteki Seyitömer TS'i, 630 MW güçteki Yatağan TS'i, 420 MW güçteki Yeniköy TS'i ve 630 MW güçteki Kemerköy TS'İ sayılabilir [2].

1999 sonu itibariyle Türkiye kurulu gücündeki ikinci önemli paya %23,5 ile doğal gaz yakıtlı santraller sahiptir. 1.350,9 MW güçle Ambarlı, 1.200 MW güçle Hamitabat ve 1.432 MW güçle Bursa doğal gaz ve kombine çevrim santralleri en büyük doğal gaz yakıtlı santrallerdir [2].

Linyit ve doğal gazdan sonra fuel oil, motorin, LPG ve nafta gibi sıvı yakıtlı santrallerin payı ise % 5,9'dur [2].

Son yıllarda dünyada sınırlı olan fosil yakıt rezervlerinin tükenmesi kaygısıyla ve temiz enerji olarak da benimsenmesi ve ticari uygulamalara geçilebilmesi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları da enerji üretiminde göz önünde bulundurulmaktadır.

Türkiye'nin şebekeye bağlantılı ilk rüzgar santrali 1,5 MW kurulu güçte Çeşme-Germiyan'da kurulmuş bir otoproduktör santralidir. Diğer bir rüzgar santrali ise Yap-İşlet-Devret modeli ile inşa edilen Çeşme-Alaçatı'daki 7,2 MW'lık santraldir. Bu santrallerin 1999 yılı elektrik enerjisi üretimleri 20,5 milyon kWh'tir [2].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan jeotermal enerjiye dayalı 15 MW'lık Denizli-Kızıldere jeotermal elektrik santrali 1984 yılından beri işletmededir. Türkiye'de katı atık ve biyogaz santrallerinin de kurulmasına başlanmıştır [2].

Türkiye'de elektrik üretimi amacıyla kurulması tasarlanan nükleer santrallerle ilgili ilk çalışmalar 1967 yılında başlamıştır. Akkuyu'da yapılması planlanan ilk nükleer santral 1993 yılına kadar çeşitli aşamalardan geçmiş ancak bu aşamalardan herhangi bir sonuç alınamamıştır. 1993'de tekrar devlet yatırım programına alınarak, 17.12.1996'da TEAŞ tarafından yeniden uluslararası ihaleye çıkmıştır. 15.10.1997 tarihinde 3 konsorsiyumdan teklifler alınmıştır. Ancak, ekonomik gerekçelerle 2000 yılında ihalenin iptaline karar verilmiştir [2]. Son zamanlarda projenin hayata geçirilmesi tekrar ülke gündemine gelmiştir.

1999 yılı sonuçlarına göre, 116,4 milyar kWh üretim, 2,3 milyar kWh ithalat, 0,3 milyar kWh ihracat yapılmış ve 118,5 milyar kWh olan ülke tüketimi karşılanmıştır. Buna göre kişi başı tüketim 1.840 kWh olarak gerçekleşmiştir [2].

1998 yılı itibariyle Türkiye ile birlikte diğer ülkelerin kurulu güçleri Çizelge 2.7'de , nihai enerji sektörel talebi Çizelge 2.8'de, elektrik enerjisi sektörel talebi ise Çizelge 2.9'd/a verilmiştir.

Çizelge 2.7. OECD ve Avrupa Birliği ülkelerinde kurulu güç (GW) [20]

ÜLKELER	TERMİK	NÜKLEER	HİDROLİK	DİĞER*	TOPLAM
ABD	584,06	97,07	98,56	5,09	784,78
ALMANYA	79,80	22,31	8,85	2,67	113,63
AVUSTURALYA	31,89	---	7,49	0,02	39,40
AVUSTURYA	5,98	---	11,44	0,03	17,45
BELÇİKA	8,28	5,71	1,40	0,01	15,40
ÇEK CUMHURİYETİ	11,10	1,76	2,03	---	14,89
DANİMARKA	11,09	---	0,01	1,44	12,54
FİNLANDIYA	10,60	2,64	2,88	0,02	16,14
FRANSA	25,54	61,68	25,10	0,27	112,59
HOLLANDA	19,31	0,45	0,04	0,41	20,21
İNGİLTERE	55,65	12,60	4,26	0,14	72,65
İRLANDA	3,87	---	0,53	0,06	4,46
İSPANYA	25,25	7,30	16,63	0,84	50,02
İSVEÇ	6,52	10,08	16,26	0,17	33,03
İSVİÇRE	1,11	3,13	11,98	0,02	16,24
İTALYA	51,58	---	20,06	0,87	72,51
İZLANDA	0,14	---	0,96	0,14	1,24
JAPONYA	132,92	45,08	43,89	0,50	222,39
KANADA	32,32	10,62	66,96	0,05	109,95
KORE	32,84	12,02	3,13	---	47,99
LÜKSEMBURG	0,06	---	1,14	0,01	1,21
MACARİSTAN	5,96	1,84	0,05	---	7,85
MEKSİKA	26,75	1,31	9,70	0,75	38,51
NORVEÇ	0,27	---	28,02	---	28,29
POLONYA	27,99	---	2,14	---	30,13
PORTEKİZ	5,22	---	4,50	0,06	9,78
TÜRKİYE	13,02	---	10,31	0,02	23,35
YENİ ZELANDA	2,60	---	5,16	0,38	8,14
YUNANİSTAN	7,12	---	2,86	0,04	10,02
OECD	1.218,84	295,60	406,34	14,01	1.934,79
AVRUPA BİRLİĞİ	315,87	122,77	115,96	7,04	561,64

(\*) Jeotermal, Güneş, Rüzgâr Enerjisi v.b.

Çizelge 2.8. Nihai enerji sektörel talebi (Mtpe) [17]

	2000	2005	2010	2015
Sanayi / İnşaat Mad. / Tarım	33.758	46.938	67.718	137.901
Ev / Hizmetler	20.990	26.408	31.712	46.728
Ulaştırma	17.112	19.581	23.255	32.474
TOPLAM	71.860	92.926	122.685	217.103
Fert Başına Enerji Talebi (koe)	1.100	1.331	1.655	2.654

**Çizelge 2.9. Elektrik enerjisi sektörel talebi (GWh) [17]**

	2000	2005	2010	2015
Sanayi / İnşaat Mad.	54.384	86.933	143.925	295.161
Tarım	2.421	3.276	4.428	7.069
Ev /Hizmetler	43.430	69.616	99.326	175.790
Ulaştırma	1.012	1.779	2.663	5.442
NET TALEP	101.247	161.604	250.342	483.462
BRÜT TALEP	127.240	196.610	294.530	555.690
Fert Başına Enerji Talebi (kWh)	1.948	2.816	3.974	6.794

## 2.2. GELECEK YILLARDAKİ ENERJİ ARZ TALEP DENGELERİ

### 2.2.1. Üretim Hedefleri

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile bağlı ve ilgili kuruluşlarınca Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı çalışmaları esnasında yapılan projeksiyonlara göre 2030 yılına kadar gerçekleşmesi beklenen birincil enerji kaynakları üretim hedefleri Çizelge 2.10'da verilmiştir.

**Çizelge 2.10. Birincil enerji kaynakları üretim hedefleri [17]**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Taşkömürü (bin ton)	4.777	4.777	4.777	4.777	7.550	10.324
Linyit (bin ton)	99.588	145.209	155.215	192.247	197.900	198.220
Asfaltit (bin ton)	100	100	100	100	100	100
Petrol (bin ton)	1.725	1.071	724	465	257	166
Doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	207	186	160	157	106	113
Nükleer enerji (GWh)	---	---	14.020	28.000	42.080	56.040
Hidrolik (GWh)	35.940	62.080	94.360	116.300	116.300	116.300
Jeotermal elektrik (GWh)	90	90	90	90	90	90
Jeotermal ısı (bin tep)	2.039	2.542	3.352	4.656	6.756	10.139
Güneş enerjisi (bin tep)	375	602	800	1.119	1.498	1.931
Rüzgar enerjisi (GWh)	50	5.220	7.730	13.320	20.310	27.290
Odun (bin tep)	13.819	11.275	10.250	10.250	10.250	10.250
Hayvan ve bitki artıkları (bin ton)	5.127	4.493	4.026	3.696	3.465	2.926
Toplam (bin tep)	31.709	40.865	49.568	61.216	69.351	78.259
Artış (%)	-	5,2	3,9	4,3	2,5	2,4

Buna göre; üretimlerinde önemli artış olması beklenen enerji kaynakları başta linyit ve hidrolik enerji olmak üzere, jeotermal ısı ve rüzgar enerjisidir. Linyitin yıllık ortalama %5 artış hızı ile üretiminin 2002 yılındaki 51 Mt seviyesinden 2030 yılında 198 Mt'na ulaşması; hidrolik enerjinin yine aynı dönemlerde yıllık ortalama %4,5 artış hızı ile 33.684 GWh'ten 116.300 GWh'e ısı amaçlı jeotermal enerji üretiminin %9 artışla 2030 yılında 10.139 Bin tep'e, rüzgar enerjisinin ise %25,4'lük bir artışla 27.290 GWh'a ulaşması beklenmektedir. Böylece, 2002 yılında 24,6 Mtep olan birincil enerji kaynakları üretimlerinin yıllık ortalama %4,2 artış hızı ile 2005 yılında 31,7 Mtep'e, 2010 yılında 40,9 Mtep'e, 2020 yılında 61,2 Mtep'e ve 2030 yılında ise 78,3 Mtep'e ulaşması beklenmektedir [3].

En önemli yerli kaynaklardan olan linyitin çevreye olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi amacıyla gerekli tedbirlerin alınarak ülke enerji arzına katkısının artırılması çabalarının yanı sıra, iklim değişikliğinin önlenmesi, çevrenin korunması ve yerli kaynaklardan azami ölçüde yararlanması açısından rüzgar, güneş, ve jeotermal gibi diğer yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimlerinde hedeflenen önemli artışlar sonucunda 2030 yılında bu kaynakların toplam birincil enerji kaynakları üretimi içindeki payının %18,5, hidrolik enerjisi %12,8 ve ticari olmayan yakıtların ise %4,7 olması, böylece toplam yeni ve yenilenebilir kaynakların payının %36 olması beklenmektedir. Aynı yılda kömür %44,9, nükleer enerji %18,7, petrol ve doğalgaz ise %0,4 oranında pay alacaktır [3].

## 2.2.2. Genel Enerji Talebi

2005-2030 yıllarını kapsayan kaynak esasına göre genel enerji talep projeksiyonları Çizelge 2.11'de verilmiştir.

**Çizelge 2.11. Genel enerji talep projeksiyonları [17]**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Taşkömürü (bin ton)	16.754	27.024	67.482	128.415	194.425	278.670
Linyit (bin ton)	99.588	145.206	155.215	192.247	197.900	198.220
Asfaltit (bin ton)	100	100	100	100	100	100
Petrol (bin ton)	42.323	49.294	58.097	69.152	82.679	98.302
Doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	39.597	57.695	71.186	87.863	115.370	151.198
Nükleer enerji (GWh)	---	---	14.020	28.000	42.080	56.040
Hidrolik (GWh)	35940	62.080	94.360	116.300	116.300	116.300
Jeotermal Elektrik (GWh)	90	90	90	90	90	90
Jeotermal Isı (bin tep)	3.039	2.542	3.352	4.656	6.756	10.139
Güneş enerjisi (bin tep)	375	602	800	1.119	1.498	1.931
Rüzgar enerjisi (GWh)	50	5.220	7.730	13.320	20.310	27.290
Odun (bin ton)	13.819	11.275	10.250	10.250	10.250	10.250
Hayvan ve Bitki artıkları (bin ton)	5.127	4.493	4.026	3.696	3.465	2.926
Net elektrik ithali (GWh)	3.430	---	---	---	---	---
Toplam (bin tep)	115.158	153.868	207.980	282.194	365.676	469.818
Artış (%)		6,0	6,2	6,3	5,3	5,1
Kişi başına tüketim (kgpe)	1.628	2.076	2.662	3.445	4.282	5.287

2002 yılında 78,4 Mtep olan genel enerji talebinin yıllık ortalama %6,6 artış hızı ile 2005'te 115,2 Mtep, 2010'da 153,9 Mtep, 2020'de 282,2 Mtep ve 2030'da 469,8 Mtep olması beklenmektedir [3].

Talebin kaynaklara dağılım oranına bakıldığında 2010'da kömürün %25,8, petrolün %33,3, doğalgazın %32,1, hidrolik enerjinin %3,5, ticari olmayan yakıtların %2,9, yeni ve yenilenebilir kaynakların %2,4 pay alacağı, bu payların 2030'da kömürde %42, petrolde %22, doğalgazda %27, hidrolik enerjide %2, ticari olmayan yakıtlarda %1, nükleerde %3 ve yeni ve yenilenebilir kaynaklarda ise %3 olması beklenmektedir [3].

Kişi başına genel enerji tüketiminin 2005'te 1.628 kgpe, 2010'da 2.076 kgpe, 2020'de 3.445 kgpe ve 2030'da ise 5.287 kgpe olması beklenmektedir [3].

2005-2030 yılları arasında nihai enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı Çizelge 2.12'de verilmiştir.

**Çizelge 2.12. Nihai enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı [17]**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Taşkömürü (bin ton)	5.234	14.908	40.417	75.171	113.791	162.257
Linyit (bin ton)	10.348	11.482	11.589	12.858	13.060	12.834
Asfalt (bin ton)	100	100	100	100	100	100
Petrol (bin ton)	34.881	42.422	50.472	60.590	72.917	87.074
İkincil Kömür (Bin ton)	3.592	4.253	5.999	8.462	11.729	13.491
Doğalgaz ((milyon m <sup>3</sup> )	19.152	27.750	30.790	32.648	34.700	37.095
Elektrik (GWh)	159.032	241.951	344.847	491.215	666.122	882.534
Jeotermal Isı (Bin Tep)	2.039	2.542	3.352	4.656	6.756	10.139
Güneş Enerjisi 8Bin Tep)	375	602	800	1.119	1.498	1.931
Odun (bin ton)	13.819	11.275	10.250	10.250	10.250	10.250
Hayvan ve Bitki artıkları (Bin ton)	5.127	4.493	4.026	3.696	3.465	2.926
Nihai enerji tüketimi (Bin tep)	84.027	113.350	150.746	200.401	258.476	328.430
Artış (%)	-	6,2	5,9	5,9	5,2	4,9

2002 yılında 58,8 Mtep olan nihai enerji tüketiminin yıllık ortalama %6,3'lük artışla 2005'te 84 Mtep'e, 2010'da 113,4 Mtep'e, 2020'de 200,4 Mtep'e ve 2030'da ise 328, Mtep'e ulaşması beklenmektedir. 2005 yılında %43 olması beklenen petrol payının 2030'da %27,6'ya doğalgazın %20,7'den %10,3'e ve ticari olmayan kaynakların payının ise %6,3'ten %1,1'e düşmesi beklenmektedir. Aynı yıllar itibariyle %16,3 olan elektrik enerjisi payının %23,1'e, %10,5 olan toplam kömür payının %34,2'ye, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise %2,9'dan %3,7'ye çıkması beklenmektedir[3].

2005-2030 yılları arasında genel ve nihai enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı Çizelge 2.13'de verilmiştir.

**Çizelge 2.13. Genel ve nihai enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı (Bin Tep) [17]**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Sanayi	32.727	48.668	72.496	105.656	147.299	197.691
Konut ve hizmetler	26.052	33.369	41.156	50.759	58.825	69.201
Ulaştırma	18.666	23.709	28.365	33.935	40.845	48.479
Tarım	4.427	5.156	5.946	6.857	7.705	8.514
Enerji dışı	2.155	2.448	2.783	3.194	3.803	4.545
Nihai enerji tüketimi	84.027	113.350	150.746	200.401	258.476	328.430
Çevrim sektörü	31.132	40.518	57.234	81.794	107.199	141.389
Genel enerji tüketimi	115.158	153.868	207.980	282.194	365.676	469.818

Çizelge 2.13'den görüldüğü üzere, enerji tüketiminin gelecek yıllardaki sektör dağılımları incelendiğinde, nihai enerji tüketimi içinde 2002 yılında %41,6 ile en yüksek payı alan sanayi sektörünün bu durumunu koruması ve 2005'te %38,9, 2030'da ise %60 ile yine en yüksek paya sahip olması beklenmektedir [3].

Önümüzdeki yıllarda ithal edilmesi planlanan enerji kaynakları ve bunların miktarları Çizelge 2.14'de verilmiştir.

**Çizelge 2.14. Enerji kaynakları ithalatı [17]**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Petrol (bin ton)	40.591	48.223	57.365	68.687	82.413	98.136
Doğalgaz ((milyon m <sup>3</sup> )	39.390	57.509	71.026	87.706	115.264	151.085
Taşkömürü (bin ton)	11.977	22.247	62.705	123.638	186.877	268.346
Elektrik (net) (GWh)	3.430	---	---	---	---	---
Toplam (Bin tep)	83.450	113.003	158.412	220.979	296.324	391.559
Artış (%)	-	6,3	7,0	6,9	6,0	5,7

Sanayileşmeye ve gelişmeye paralel olarak artan enerji talebinin güvenilir olarak karşılanması için bugün olduğu gibi gelecekte de enerji ithalatı kaçınılmaz olmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca yapılan planlama sonuçlarına göre toplam enerji ithalatının 2005 yılında 83,5 Mtep, 2010'da 113 Mtep, 2020'de 221 Mtep ve 2030'da ise 391,6 Mtep olması beklenmektedir [3].

2005-2030 yılları arasında enerji talep, üretim ve ithalat gelişimi Çizelge 2.15'de verilmiştir.

**Çizelge 2.15. Enerji talep, üretim ve ithalatın gelişimi (bin tep) [17]**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Talep	115.159	153.868	207.980	282.195	365.675	469.818
Üretim	31.709	40.865	49.568	61.216	69.351	78.259
Net ithalat	83.450	113.003	158.412	220.979	296.324	391.559
TYÜKO* (%)	28	27	24	22	19	17

\* TYÜKO: Talebin yerli üretimle karşılanma oranı

Çizelge 2.15'in incelenmesinden de görüleceği üzere, enerji kaynaklarının ve dolayısıyla üretim miktarlarının kısıtlı olması ve bunun sonucunda ithalatın giderek artması sebebiyle, talebin yerli üretimle karşılanma oranının 2005 yılında %28, 2010 yılında %27, 2020 yılında %22, 2030 yılında ise %17 olması beklenmektedir [3].

Geçmiş yıllarda elektrik talebi artış hızı, ortalama %8-10 civarında gerçekleşmiştir. 2005-2030 yıllarında ise talebin yıllık ortalama %7 oranında artması beklenmektedir. Böylece elektrik enerjisi talebinin 2005 yılında 195,5 milyar kWh, 2010 yılında 286,6 milyar kWh, 2020 yılında 566,5 milyar kWh ve 2030 yılında ise 990,3 milyar kWh olması beklenmektedir[3].

Kişi başına elektrik enerjisi tüketiminin 2005 yılında 2.764 kWh, 2010'da 3.867 kWh, 2020'de 6.915 kWh ve 2030'da ise 11.143 kWh olması beklenmektedir. Bu miktar, gelişmiş ülkeler seviyesinin çok altında kalmaktadır [3].

2001 yıl sonuna göre, kişi başına elektrik enerjisi tüketiminin dünya ortalaması 2.326 kWh ve OECD ortalaması 7.879 kWh seviyesine ulaşmış olup aynı yıl itibariyle bazı ülkelerin kişi başına elektrik enerjisi tüketimleri ise; Belçika 8.272 kWh, Fransa 7.402 kWh, Almanya 6.806 kWh, Yunanistan 6.679 kWh, Japonya 7.907 kWh, İspanya 5.482 kWh, İngiltere 6.192 kWh ve Amerika 12.896 kWh

olarak gerçekleşmiştir. Bu değerlerden de görüleceği üzere Türkiye'de kişi başına elektrik enerjisi tüketimi ancak 2010'dan sonra Yunanistan'ın 2000 yılı seviyesine ulaşacak, 2030'da ise Amerika'nın bugünkü seviyesine hâlâ ulaşamamış olacaktır [3].

2005-2030 yılları arasında elektrik enerjisinin durumu Çizelge 2.16'da verilmiştir.

**Çizelge 2.16. Uzun dönem elektrik enerjisi durumu [17]**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Kurulu güç (MW)	40.118	58.651	84.697	116.240	148.375	190.000
Üretim Kapasitesi (GWh)	236.659	334.883	479.186	671.674	882.842	1.159.057
İthalat (GWh)	4.500	---	---	---	---	---
Arz kapasitesi (GWh)	241.159	334.883	479.186	671.674	882.842	1.159.057
Üretim/Talep (GWh)	195.463	286.586	402.932	566.512	758.880	990.321
Yedek (GWh)	45.696	48.297	76.254	105.162	123.962	168.736
Yedek (%)	23	14	16	16	16	14
Talep artışı (%)8,0	-	7,0	7,0	7,0	6,0	5,5
Fert başına talep (kWh)	2.764	3.867	5.158	6.915	8.886	11.143

## 2.3. AVRUPA BİRLİĞİ'NİN ENERJİ DURUMU

Mart 1999'dan beri petrol fiyatlarının 3 katına çıkması, enerji temini açısından AB'nin zayıf yönüdür. Önlem alınmazsa 20-30 yıl sonra AB'nin enerji ihtiyacının %70'i ithalatla sağlanacaktır. Bu değer şimdi ise %50'dir. Bu bağımlılık AB'ne 1999'da 240 milyar Euro'ya mal olmuştur. Bu değer ise toplam ithalatın %6'sına tekabül etmektedir. Petrol ithalatının %45'i Ortadoğu'dan, Doğalgaz ithalatının %40'ı ise Rusya'dan sağlanmaktadır [16].

AB'nin uzun vadeli enerji politikası; sürdürülebilir kalkınma ilkeleri çerçevesinde, vatandaşlarının ve ekonomisinin refahı için enerji ürünlerini müşterilerine makul fiyatlar içinde sağlamaktır [16].

Çevresel faktörlerin bilinci fosil yakıtların zayıflığını ve atom enerjisinin problemlerini öne çıkarmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği problemleri uluslar arası topluluk için uzun vadeli bir tehdittir. Kyoto Protokolündeki taahhütler sadece bir başlangıçtır ve bu protokol çerçevesinde AB 2000 yılındaki hedeflerine ulaşmıştır. Ancak sera gazları emisyonları özellikle CO2 emisyonu giderek artmaktadır [16].

AB'deki şu anki mevcut enerji dağılımı şöyledir; petrol %41, doğalgaz %22, kömür %16, nükleer %15, yenilenebilir %6. Enerji politikalarında bir değişiklik yapılmadığı takdirde 2030 yılındaki dağılımın ise petrol %38, doğalgaz %29, katı yakıtlar %19, yenilenebilir %8 ve nükleer %6 olması beklenmektedir [16].

Arz politikasında küresel ısınmaya karşı önlemler alınmalıdır. Burada önemli değişim yeni ve yenilenebilir enerjilere (biyo yakıt dahil) yönelmektir. Enerji arzında bunların payının 2 katına çıkarılması (%6'dan %12'ye) ve elektrik üretimindeki paylarını %14'den %22'ye çıkarılması 2010 yılına kadarki hedef olmaktadır. Şayet hiçbir önlem alınmazsa bunların payı 2010 yılında %7 civarında kalacaktır. Bu politikayı teşvik için mali tedbirlerin (vergi indirimi, yardım, sübvansiyon) alınması gereklidir [16].



## 3. ENERJİ KAYNAKLARININ MEVCUT DURUM VE POTANSİYELİ

### 3.1. FOSİL YAKITLAR

#### 3.1.1. Mevcut Durum ve Potansiyel

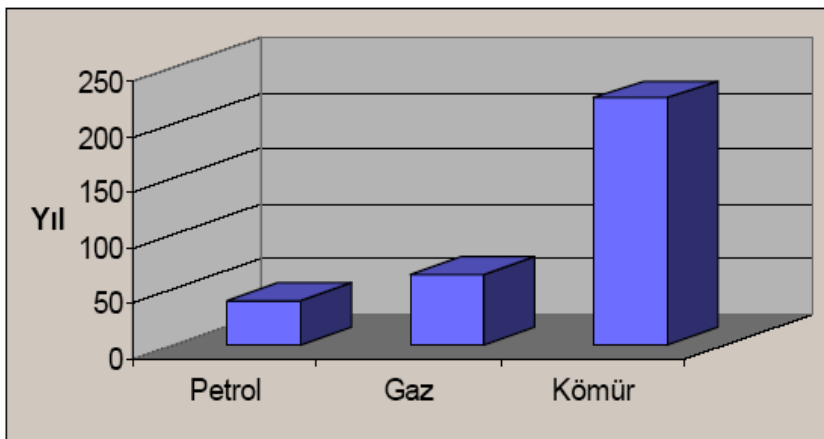
Dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin coğrafi dağılımı, 1998 sonu itibarıyla Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Şekilden görülebileceği gibi, sıvı ve gaz yakıt rezervleri dünyanın belirli coğrafi bölgelerine yoğunlaşmışken, kömür düzenli bir dağılım göstermekte ve üretimi 50'den fazla ülkede gerçekleştirilmektedir. Ayrıca 1998 yılı üretimi temel alındığında kömürün bilinen rezervlerinin yaklaşık 200 yıl olacağı tahmin edilmektedir. Bu süre petrol (sıvı yakıt) ve doğal gaz rezervleri için geçerli sürenin yaklaşık dört katıdır [2].

Tüm fosil yakıtlar içinde kömür, dünyada en çok bulunan yakıt türüdür. 1998'de mevcut kömür çıkarma teknolojileri kullanılarak ve ekonomik olarak çıkarılabilecek kömür miktarı 1.000 milyar ton civarında ve bu kömürün yarısı da taş kömürüdür. Kömür rezervleri sadece çok miktarda değil, aynı zamanda coğrafi olarak 100 ülkeden daha fazla ülkeye ve bütün kıtalara yayılmış durumdadır [2].

Bu değerler kömür kaynaklarını kömür çıkarma teknolojilerinde olacak gelişmeleri, maden teknolojilerinde yapılacak ilerlemelerle ulaşılabilir olacak miktarı veya şu anda ekonomik olmayan düşük kaliteli kömürlerin kullanımında olacak artma ile ticari duruma gelmesini dikkate almamaktadır. Kömürün kolaylıkla ulaşılabilir ve ucuz temin edilebilir olması, ithal eden ve üreten ülkeler için arz güvenirliliği olan bir enerji kaynağı olması anlamını taşır. Kömür göreceli olarak oldukça kolay ve güvenli depolanabilir bir malzemedir ve sıvı yakıt ve gazdaki gibi sızma ve yayılma problemleri yoktur.

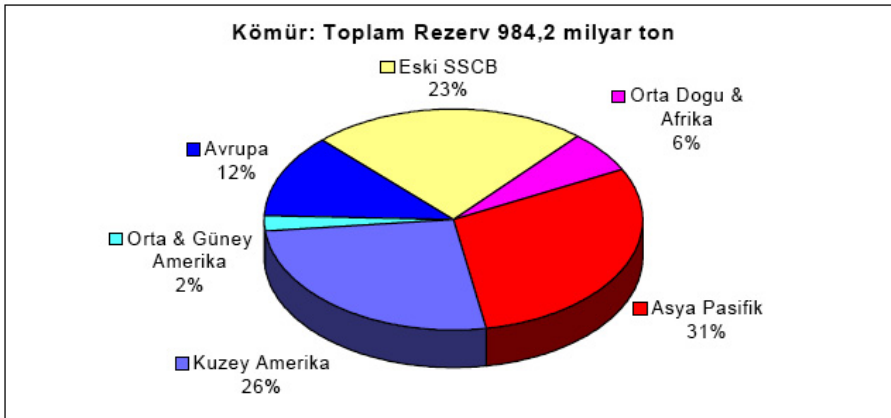
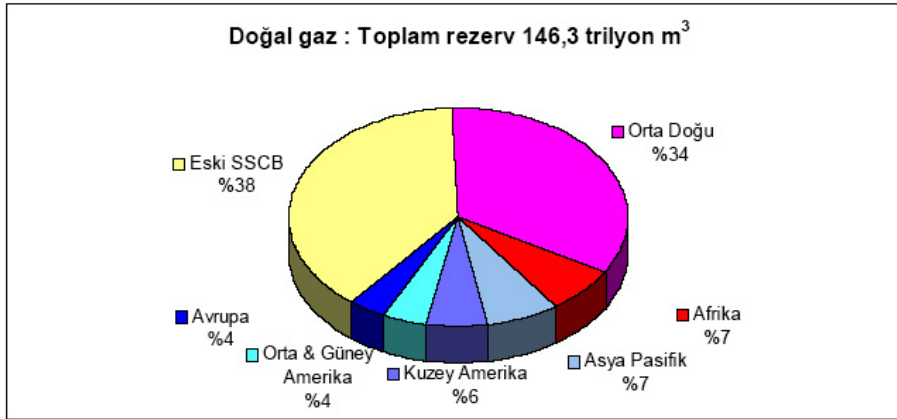
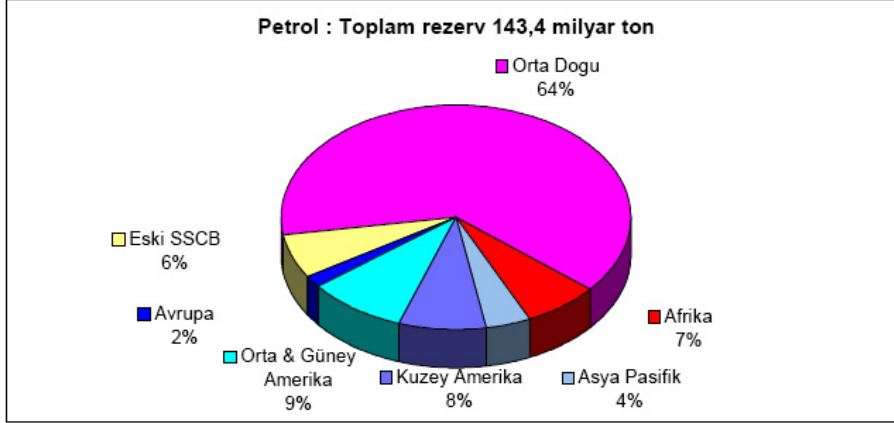
Dünya fosil yakıt rezervlerinin ömrü Şekil 3.1'de verilmiştir.

Şekil 3.1. Dünya fosil yakıt rezervlerinin ömrü (Bp Amoco, 1999)



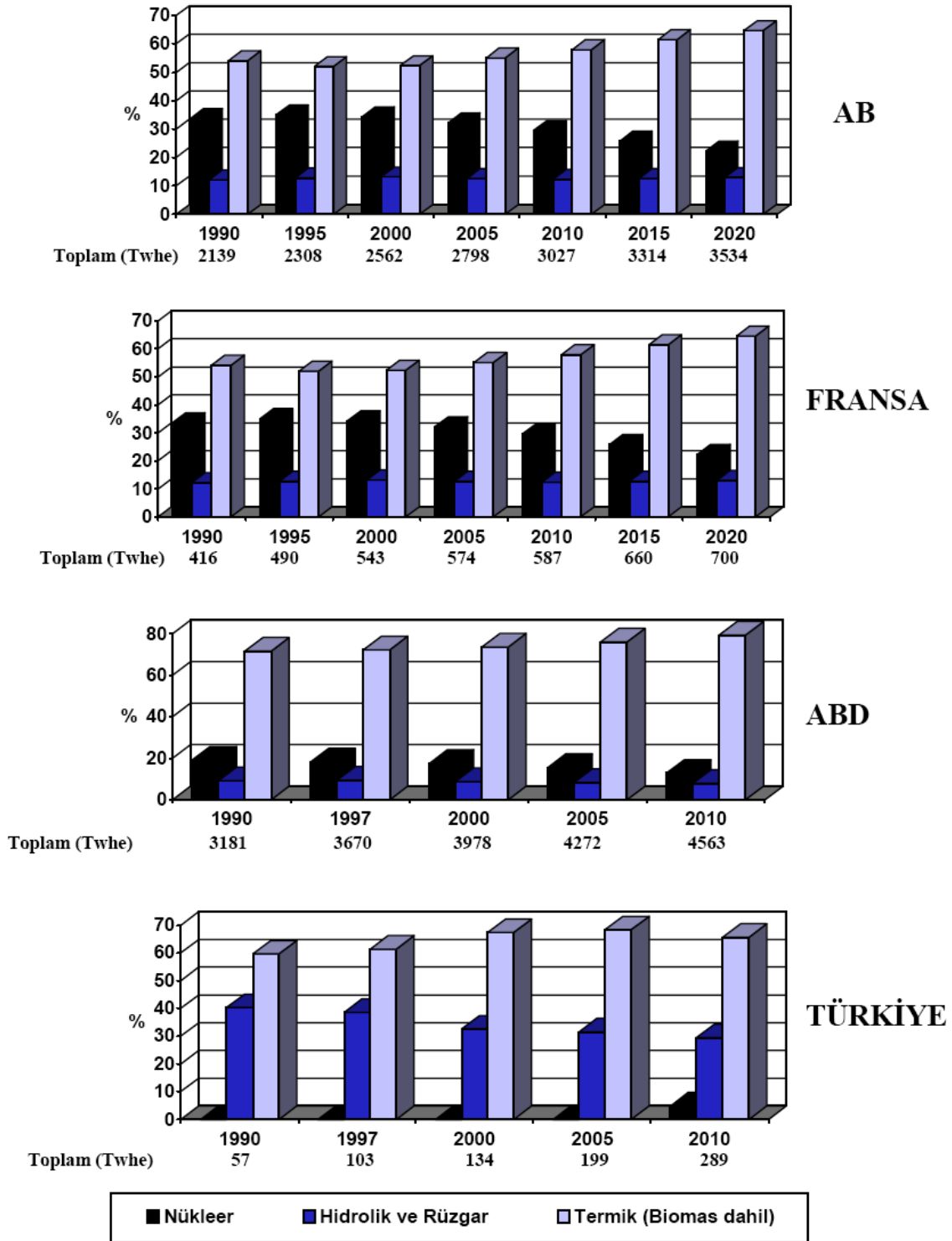


Şekil 3.2. Fosil yakıtların 1998 sonu itibariyle coğrafi dağılımı (BP Amoco, 1999)



AB, Fransa, ABD ve Türkiye'de nükleer, hidrolik-rüzgar ve termik üretimin elektrik enerjisi içindeki payları Şekil 3.3'de verilmiştir.

Şekil 3.3. AB, Fransa, ABD ve Türkiye'de nükleer, hidrolik-rüzgar ve termik üretimin elektrik enerjisi içindeki payları [19]



### 3.1.1.1. Türkiye'de Fosil Yakıt Rezervleri

Türkiye'nin kömür rezervi ile jeotermal ve hidrolik enerji potansiyeli, dünya kaynak varlığının %1'i civarındadır. Petrol ve doğalgaz rezervleri son derece kısıtlıdır. Toryum rezervi ise Dünya rezervinin %54'ünü meydana getirmektedir. Bu kaynağın değerlendirilmesi, henüz tecrübe safhasında olan toryum santrallerinin gelişmesine bağlıdır[3].

#### 3.1.1.1.1. Petrol ve Doğal Gaz Rezervleri

Yurdumuzda 1998 yıl sonu itibariyle rezervuarlarımızda bulunan doğal gaz 12,4 milyar m<sup>3</sup>'lük kısmı üretilebilir olmak üzere toplam 18,5 milyar m<sup>3</sup>'tür. Ham petrol kaynaklarımız ise; yine 1998 yıl sonu itibariyle 43.685.181 metrik ton üretilebilir olmak üzere toplam 870.598.510 metrik ton'dur. Ülkemizde büyük miktarlarda ham petrol ithal edilerek rafinerilerimizde işlenmektedir [2].

#### 3.1.1.1.2. Linyit ve Asfaltit Rezervleri

Türkiye'de 2000 yılı verilerine göre 8.378.360.000 ton linyit, 81.752.000 ton asfaltit olmak üzere toplam 8.460.112.000 ton rezerv bulunmaktadır [2].

Elektrik enerjisi üretiminde değerlendirilebilecek linyit rezervlerinin kullanım oranları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

#### Çizelge 3.1. Elektrik enerjisinde değerlendirilecek linyit rezervi [2]

	1999 sonu itibariyle mevcut	İnşa halinde	Planlanan	Toplam
Linyit Güç (MW)	6.352	1.877	8.850	17.079
Enerji (Milyar kWh)	41	12	57	110
Kullanım Oranı(%)	37.5	11	51.5	100

#### 3.1.1.1.3. Bitümlü Şist Rezervleri

Kömür gibi termik santral yakıtı olarak veya damıtma yoluyla sentetik petrol üretimi için kullanılabilen bu enerji kaynağı ile ilgili olarak önceki yıllarda Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından yapılan aramalarla, tamamı Anadolu'nun batı yarısında yer alan Beypazarı, Seyitömer, Göynük, Ulukışla, Mengen, Bahçecik ve Burhaniye'deki 7 sahada tespit edilen bitümlü şist rezerv toplamı 1,1 milyar tondur. Türkiye'nin bitümlü şist potansiyeli büyük ölçüde belirlenmiş olduğundan arama çalışmalarına son verilmiştir. Tespit edilen sahalardaki bitümlü şistlerin toplam rezervi önemli görülmeyle birlikte, ortalama kalorifik değeri 1.000 kcal/kg dolayında olup, oldukça düşüktür. En yüksek kalorifik değere sahip bitümlü şistler Göynük-Himmet oğlu sahasında 1.390 kcal/kg olarak ölçülmüştür [2].

### 3.1.1.1.4. Turba Potansiyeli

Ülkemizde şimdiye kadar yapılan çalışmalarla 19 ilimizin sınırları içerisinde çeşitli büyüklüklerde turba oluşumu belirlenmiştir. Bunlardan en önemlileri Kayseri-Ambar, Hakkâri-Yüksekova ve Bolu-Yeniçağ turbalıklarıdır. Kayseri-Ambar turba yatağının orijinal bazda görünür rezervi 105 milyon ton, Hakkâri-Yüksekova turba yatağı yine orijinal bazda 74,5 milyon, havada kuru bazda 18,8 milyon tondur.[2].

### 3.1.1.1.5. Taşkömürü Rezervleri

Ülkemizdeki en büyük taşkömürü rezervi Zonguldak yöresinde bulunmaktadır. Havzadaki mevcut rezerv 1,123 milyar ton olup, bunun 422,992 milyon tonu (%38) görünür durumdadır [2].

Elektrik enerjisi üretiminde değerlendirilebilecek taşkömürü rezervlerinin kullanım oranları Çizelge 3.2'de verilmektedir.

**Çizelge 3.2. Elektrik enerjisinde değerlendirilecek taşkömürü rezervi [2]**

	1999 sonu itibariyle mevcut	İnşa halinde	Planlanan	Toplam
Taşkömürü Güç (MW)	335	0	1.200	1.535
Enerji (Milyar KWh)	2.2	0	7.8	10
Kullanım Oranı (%)	22	0	78	100

### 3.1.2. Fosil Yakıt Türlerinin Elektrik Üretimindeki Payları

AB ülkelerinin fosil yakıt türlerinin elektrik üretimi içindeki paylarının projeksiyonu Çizelge 3.3'te, ABD'de fosil yakıt türlerinin elektrik üretimi içindeki paylarının projeksiyonu Çizelge 3.4'te, Türkiye'de fosil yakıt türlerinin elektrik üretimi içindeki paylarının projeksiyonu Çizelge 3.5'te ve AB'de teknoloji bazında toplam kurulu kapasiteler ise Çizelge 3.6'da verilmiştir.

**Çizelge 3.3. AB ülkelerinin fosil yakıt türlerinin elektrik üretimi içindeki paylarının projeksiyonu [19]**

	1990		1995		2000		2005		2010		2015		2020	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
Kömür	197,8	54,4	171,5	46,9	150,1	39,5	149,1	37,3	137,0	32,8	147,3	32,3	183,1	37,5
Sıvı yakıt	85,4	23,5	88,8	24,3	82,4	21,7	88,7	22,2	83,6	20,0	82,7	18,2	76,6	15,7
Gaz	62,7	17,2	82,9	22,7	122,2	32,1	134,1	33,6	166,5	39,8	192,4	42,2	192,1	39,4
Biyomas/atık	17,9	4,9	22,3	6,1	25,7	6,8	27,7	6,9	31,1	7,4	33,2	7,3	36,0	7,4
Toplam	363,8		365,5		380,4		399,6		418,2		455,6		487,8	

Çizelge 3.4. ABD'de fosil yakıt türlerinin elektrik üretimi içindeki paylarının projeksiyonu [18]

	1990		1997		2000		2005		2010	
	Twhe	%	Twhe	%	Twhe	%	Twhe	%	Twhe	%
Kömür	1699,7	74,6	1975,8	74,4	2127,9	72,7	2175,1	67,0	2248,1	62,1
Sıvı Yakıt	130,7	5,7	108,0	4,1	117,2	4,0	46,6	1,4	37,6	1,0
Gaz	381,7	16,8	507,2	19,1	591,9	20,2	928,9	28,6	1225,1	33,9
Biyomas/Atık	65,9	2,9	63,9	2,4	90,2	3,1	97,0	3,0	106,6	2,9
Toplam	2277,8		2654,9		2927,2		3247,5		3617,4	

Çizelge 3.5. Türkiye'de fosil yakıt türlerinin elektrik üretimi içindeki paylarının projeksiyonu [18]

	1990		1997		2000		2005		2010	
	Twhe	%	Twhe	%	Twhe	%	Twhe	%	Twhe	%
Kömür	20,18	58,82	33,86	53,41	38,47	42,50	53,62	36,27	80,38	42,21
Sıvı Yakıt	3,94	11,48	7,16	11,29	4,90	5,41	4,49	3,29	4,50	2,36
Gaz	10,19	29,70	22,09	34,84	47,11	52,04	78,40	57,41	105,52	55,41
Biyo mas/Atık	0,0	0,0	0,29	0,46	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,02
Toplam	34,31		63,40		90,52		136,55		190,44	

Çizelge 3.6. AB'de teknoloji bazında toplam kurulu kapasite [2]

	1995		2000		2010		2020	
	Kapasite (GW)	%	Kapasite (GW)	%	Kapasite (GW)	%	Kapasite (GW)	%
Nükleer	131,9	23,1	136,4	22,3	135,1	18,8	117,2	13,4
Kömür ve Linyit	179,7	31,5	166,1	27,1	101,1	14,1	36,9	4,2
Temiz Kömür ve Linyit	0,5	0,1	0,5	0,08	3,4	0,5	26,6	3,1
Açık Çevrim Çok-yakıtlı	65,7	11,5	68,7	11,2	60,2	8,4	122,3	14,0
Açık Çevrim Oto Prodüksör	32,8	5,8	33,1	5,4	25,0	3,5	20,5	2,4
Gaz Türbin Kombine Çevrim	24,5	4,3	59,0	9,63	208,7	29,1	305,0	35,0
Küçük Gaz Türbin	21,8	3,8	25,2	4,11	45,2	6,3	79,2	9,1
Biyo mas-Atık	3,9	0,7	4,4	0,72	4,7	0,7	6,0	0,7
Yakıt Hücreleri	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidro-Yenilenebilirler	109,3	19,2	119,2	19,5	133,7	18,6	158,0	18,1
Toplam Kapasite	570,2	100	612,6	100	717,0	100	871,6	100

## 3.2. HİDROLİK KAYNAKLAR

### 3.2.1. Dünyanın Hidrolik Enerji Potansiyeli ve Kullanımı

Dünyadaki toplam su miktarı 1.400 milyon km<sup>3</sup>'tür. Bu suyun %97,5'i denizlerde ve okyanuslardaki tuzlu sulardan oluşmaktadır. Geriye kalan %2,5'i tatlı su kaynağı olup çeşitli amaçlar için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Dünyadaki toplam suyun yaklaşık yılda ortalama 500.000 km<sup>3</sup>'ü denizlerde ve toprak yüzeyinde meydana gelen buharlaşmalar ile atmosfere geri dönmekte ve hidrolojik çevrim içerisinde yağmur ve kar olarak tekrar yeryüzüne düşmektedir. Dünyadaki kara yüzeylerine yağışla düşen su miktarı yılda ortalama yaklaşık 110.000 milyar m<sup>3</sup>'ü akışa geçerek nehirler vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır. Bu miktarın ancak 9.000 milyar m<sup>3</sup>'ü teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir durumdadır [27].

1940 yılında Dünyada toplam su tüketimi 1.000 km<sup>3</sup> iken bu miktar 1960 yılında ikiye katlanmıştır. 1990 yılında ise Dünyadaki toplam su tüketimi 4.130 km<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiş olup bu miktarın 2,680 km<sup>3</sup> (%65)'ü sulamada, 950 km<sup>3</sup> (%23)'ü içme ve kullanma suyu olarak, 500 km<sup>3</sup> (%12)'ü sanayi sektöründe kullanılmıştır. 2000 yılında ise su tüketimi yaklaşık olarak %25 oranında artarak 5.190 km<sup>3</sup>'e ulaşmıştır. Dünyada kişi başı su tüketimi yılda ortalama 850 m<sup>3</sup> civarında bulunmaktadır. Dünya nüfusunun yılda ortalama 80 milyon kişi arttığı göz önünde bulundurulduğunda Dünyadaki tatlı su ihtiyacının yılda 68 km<sup>3</sup> artması kaçınılmaz görülmektedir [27].

Dünya hidroelektrik potansiyeli brüt olarak 40.150.000 GWh iken söz konusu rakamlar Avrupa'da 3.150.000 GWh, Türkiye'de ise 433.000 GWh'dir. Buna göre, Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli, dünya toplam potansiyelinin % 1'i, Avrupa toplam potansiyelinin ise % 16'sı civarındadır [24].

ABD teknik hidroelektrik potansiyelinin %86'sını, Japonya %78'ini, Norveç %68'ini, Kanada ise %56'sını geliştirmiştir. Bu oran Türkiye'de ise yaklaşık %22 düzeyindedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na 2020'de dünya enerji tüketimi içerisinde hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını payının bugüne göre %53 oranında artacağı öngörülmektedir[24].

### 3.2.2. Türkiye'nin Hidrolik Enerji Potansiyeli ve Kullanımı

Ülkemizdeki 26 adet hidrolojik havzada bulunan irili ufaklı çok sayıdaki nehrin yıllık ortalama su potansiyeli 193 (186+7) milyar m<sup>3</sup>'tür. Topografya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt teorik hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh/yıl mertebesinde [2].

Ülkemizin 1999 yılı sonu itibarıyla tespit edilen teknik ve ekonomik yapılabilir yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 123 milyar kWh'dir. Bu durum brüt potansiyelin ancak %28,4'ü veya teknik potansiyelin %57'sinin ekonomik yönden yapılabilir olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir [2].

Türkiye'de hidroelektrik enerji potansiyeli ve 1999 yılı sonunda gelişme durumu Çizelge 3.7'de verilmiştir.

**Çizelge 3.7. Türkiye'de hidroelektrik enerji potansiyeli ve 1999 yılı sonunda gelişme durumu [2]**

Hidroelektrik Santral Projelerinin Durumu	HES Adet	Toplam Kurulu Gücü MW	Ortalama Yıllık Üretimi GWh/yıl	Yüzde Oranı %	Ardışık Oran %	Ortalama Yük Faktörü %
1. 1999 yılı sonu itibarı ile işletmede olan	114	10.537	39.145	32	32	42
2. İnşaatı devam eden	37	4.057	13.368	11	43	36
3. İnşaatına geçilmeyen	332	19.715	69.619	57	100	40
<b>TOPLAM POTANSİYEL</b>	<b>483</b>	<b>34.592 (*)</b>	<b>122.322</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>40</b>

(\*) Çalışmayan küçük santrallerin toplamı 3,5 MW dâhil edilmiştir.

Türkiye'nin 1999 yılı sonu itibariyle kurulu gücü toplamı 26.117 MW olup, bu gücün 10.537 MW'ı hidrolik santraller vasıtasıyla üretilmektedir. Toplam elektrik enerjisi üretimi ise 1999 yılında 11.6440 GWh olarak gerçekleşmiş ve bu enerjinin 81.661 GWh'ı (%70) termik santrallerden, 34.678 GWh'ı (%30) hidrolik santrallerin üretimlerinden elde edilmiştir[2].

Türkiye'de ilk hidroelektrik enerji üretimi, 1902 yılında Osmanlı Devleti zamanında 88 kW'lık bir kapasite ile Adana'nın Tarsus ilçesinde yapılmıştır. Cumhuriyet döneminde ilk su enerjisinden yararlanma Trabzon'da Visera kuvvet santralının 1930 yıllarında açılışı ile başlamıştır. Türkiye'de çok sayıda küçük hidroelektrik santrali 1950-1960 yılları arasında artan elektrik talebini karşılanması için yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda bu küçük tesislerin maliyetlerinin uzun vadede kârlı olmadığı anlaşılarak büyük ölçekte hidroelektrik tesislerinin yapımları planlanmaya başlamıştır. Ancak 1970 yıllarındaki enerji buhranı sırasında bu küçük ölçekli tesislerin yapımı tekrar gündeme gelmiştir [6].

Ülkemizdeki akarsuların hidroelektrik potansiyelinin geliştirilmesi amacı ile 546 adet hidroelektrik santral (HES) projesinin geliştirilmesi planlanmış bulunmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda ülkemizin akarsularının toplam kurulu gücü 35.310 MW, hidroelektrik enerji potansiyeli ise 125.328 GWh olarak hesaplanmıştır. 2001 yılı başı itibariyle geliştirilerek işletmeye açılan 125 adet HES projesinin toplam kurulu gücü 11.643 MW olup enerji üretim kapasitesi yılda ortalama 42.216 GWh'tir. Bu ise toplam hidroelektrik potansiyelinin ancak %34'ünün geliştirildiğini göstermektedir. Halen inşaatı devam etmekte olan 36 adet HES projesinin toplam kurulu gücü 3.538 MW, üreteceği enerji miktarı ise 11.549 GWh'dır [6].

1955 yılında yalnızca 38 MW olan hidroelektrik kurulu gücü 2001 yılı başında 11.643 MW'a çıkarılmış ve böylece ülkemiz yıllık enerji üretiminin yaklaşık %36'sına karşılık gelen 42,2 milyar kWh'lik miktarının hidroelektrik enerji kaynaklarından üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de bulunan 26 adet esas su toplama havzasında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılan çalışmalara göre hidroelektrik enerji potansiyeli Çizelge 3.8'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çizelgede kurulu güçler MW, ortalama enerji miktarları ise GWh cinsinden verilmiştir [6].

**Çizelge 3.8. Akarsu havzalarındaki su enerji verimlilikleri [6]**

No	Havza Adı	Çalışanlar		İnşaa Edilenler		Planlananlar		Diğer Verimlilikler		Toplam	
		Kurulu	Ortalama	Kurulu	Ortalama	Kurulu	Ortalama	Kurulu	Ortalama	Kurulu	Ortalama
		MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
1	Meriç	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Marmara	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-
3	Susurluk	0,4	12	10,6	47	426,0	1.321	96,0	317	537,0	1.697
4	Kuzey Ege	-	-	-	-	-	-	16,2	42	16,2	42
5	Gediz	69,0	193	-	-	156,0	182	25,0	50	250,0	425
6	Küçük Menderes	48,0	143	-	-	-	-	-	-	48,0	143
7	Büyük Menderes	64,3	293	-	-	141,2	509	9,0	46	214,5	848
8	Batı Akdeniz	13,6	35	-	-	368,8	1.230	292,3	1.230	674,7	2.495
9	Antalya	758,9	2.635	-	-	346,4	1.292	146,3	484	1.251,6	4.411
10	Burdur göller	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Afyon Ka.	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
12	Sakarya	439,6	962	65,5	257	500,3	869	57,1	274	1.062,5	2.362
13	Batı Karadeniz	9,4	40	-	-	125,1	418	458,2	1.652	592,7	2.110
14	Yeşilirmak	851,1	2.774	62,0	166	500,8	1.872	243,7	1.656	1.657,6	6.468
15	Kızılırmak	996,2	2.507	-	-	728,3	2.521	282,5	1.484	2.007,0	6.512
16	Orta Ana. Ka. Hav.	2,0	4	-	-	-	-	30,0	100	32,0	104
17	Doğu Akdeniz	299,9	1.263	-	-	1.062,0	3.269	134,0	644	1.495,9	5.176
18	Seyhan	72,5	391	168,9	596	685,7	2.674	958,5	3.456	1.885,6	7.117
19	Hatay	3,3	15	-	-	47,1	105	-	-	50,4	120
20	Ceyhan	558,7	1.853	564,0	1.768	90,0	39	277,0	974	1.408,7	4.634
21	Fırat	5.570,5	22.569	496,2	1.456	1.476,7	5.464	2.301,4	9.450	9.844,8	38.939
22	Doğu Karadeniz	86,9	417	85,0	198	2.142,0	6.835	1.009,2	3.477	3.323,1	10.927
23	Çoruh	30,9	95	-	-	2.756,0	9.112	440,5	1.407	3.227,4	10.614
24	Aras	18,7	73	-	-	51,5	272	515,0	1.956	585,2	2.291
25	Van Gölü	19,1	73	-	-	2,2	14	40,6	170	61,9	257
26	Dicle	4,2	6	401,8	927	2.023,0	7.173	2.652,9	8.770	5.081,9	16.874
	Toplam	9.921,7	36.353	1.854,0	5.415	13.548,1	45.171	9.985,4	37.629	35.309,2	12.456

### 3.3. YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda kısmen dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzluklar doğurmaktadır. Bu nedenle yerel doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem taşımaktadır.

Ayrıca günümüzün en önemli çevre sorunları arasında yer alan yanma sonucu ortaya çıkan CO2 emisyonlarının azaltılması da küresel ısınmanın kontrol edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının geliştirilmek istenmesinin bir başka nedeni de, dünyada sınırlı olan fosil yakıt rezervlerini tükenmekten olabildiğince korumaktır. Kanıtlanmış üretilebilir petrol ve doğal gaz rezervlerine insan ömrüne sığacak kadar ömür biçilmesi, insanlığın geleceği açısından düşündürücüdür. Kısacası alışlagelen enerjide bir sınıra yaklaşılmıştır. Sürdürülebilir ekonomik büyüme için ekonomik sınırlar kapsamında kullanıma uygun teknolojilerle yenilenebilir enerji eşliğinin aşılması gerekmektedir.

Ancak ülkemizde talep artış hızının yüksek olması, kısıtlı enerji üretimi imkânı olan yenilenebilir santrallerin yanında konvansiyonel üretim tekniklerinin de uzun yıllar kullanılacağını göstermektedir.



### 3.3.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi elektromanyetik enerjisinin Dünyâ'da ısı enerjisi olarak algılanan şeklidir. Güneş enerjisinden iki türlü istifade edilebilir: 1) ya parabolik aynaların üzerine düşen güneş enerjisini tek ya da çizgisel bir odakta toplayıp bu düzen aracılığıyla çok yüksek sıcaklıkta buhar elde etmek ve bu buharı tekrar turbojeneratörler vâsıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürmekle, yahut da 2) üzerine düşen güneş enerjisini doğrudan doğruya belirli bir oran dahilinde elektrik akımına çeviren "güneş panelleri" aracılığıyla.

Güneş enerjisi bakımından ülkemiz oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.500 kW saatlik güneş enerjisi üretebilir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini gösteren zaman ve bölgesel değerler Çizelge 3.9 ve 3.10'da gösterilmiştir [6].

**Çizelge 3.9. Türkiye'nin aylık güneş enerjisi potansiyeli [6]**

AY	TOPLAM ENERJİ (kWsaat/m <sup>2</sup> )	GÜNEŞLENME SÜRESİ (saat)
Ocak	5	150
Şubat	62	189
Mart	9	265
Nisan	125	359
Mayıs	155	429
Haziran	169	485
Temmuz	181	503
Ağustos	164	457
Eylül	131	375
Ekim	97	269
Kasım	62	179
Aralık	47	132

**Çizelge 3.10. Güneş enerjisi olan bölgelerin dağılımı [6]**

Bölgeler	Yıllık Ortalama (kWs/m <sup>2</sup> )	En Büyük (Haziran) (kWs/m <sup>2</sup> )	En Küçük (Aralık) (kWs/m <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama (saat)	En Büyük (Haziran) (saat)	En Küçük (Aralık) (saat)
Güneydoğu Anadolu	1.491	1.980	729	3.015	407	126
Akdeniz	1.452	1.869	476	2.928	360	101
Ege	1.406	1.863	431	2.726	371	96
Orta Anadolu	1.433	1.855	412	2.711	381	98
Doğu Anadolu	1.398	1.723	420	2.693	373	165
Marmara	1.144	1.529	345	2.526	351	87
Karadeniz	1.086	1.315	409	1.966	273	82

Çizelgelerin yakından incelenmesi sonucunda genel olarak Türkiye'nin en büyük ve en küçük güneş enerjisi üretilecek ayların sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1.100 kW saat enerji üretilebilir ve

toplam güneşli saat miktarı ise 2.500 saattir. Buna göre Türkiye'de toplam olarak yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık 1015 kW saat kadardır [6].

Güneş enerjisinden elektrik üretimi doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir. Doğrudan dönüşümün günümüzde en yaygın teknolojisi Fotovoltaik Dönüşüm veya Türkçe adıyla Güneş Pili olup, gelecek için ümit veren diğer bir teknoloji ise ısıdan dönüşümle doğrudan mekanik enerji elde edilen Stirling Motorudur. Yine aynı gruba giren termoelektrik ve termoyonik dönüştürücüler henüz ticari kullanım düzeyine erişmemişlerdir [2].

Dolaylı dönüşüm, Güneş Termik Santrallerinde güneş ışınımından yararlanılarak üretilen buhar ile buhar-güç çevrimi, ya da güneş enerjisiyle elde edilen hidrojen ve bunun kullanıldığı yakıt pildir.

Güneş pillerini kullanan fotovoltaik elektrik üreteçleri akümülatör yedekli, dizel ve/veya rüzgâr enerjisi jeneratörü yedekli olarak şebekeden bağımsız veya kendi başlarına şebekeye bağlı olarak çalıştırılırlar. Fotovoltaik üreteçler watt mertebesinden (küçük haberleşme sistemleri veya diğer sistemler) kW mertebesine (kırsal bölgelerde katodik koruma, sinyalizasyon, haberleşme sistemleri, pompalama ve sulama tesisleri, evler, çiftlikler gibi şebekeden bağımsız tüketiciler ile şebekeye bağlı evler, tesisler) ve MW mertebesine (fotovoltaik elektrik santralleri) uzanmaktadır. Son yıllarda şebekeye bağlı fotovoltaik uygulamalarda büyük bir artış gözlemlenmektedir. Bu uygulamalar genellikle binaların çatılarına yerleştirilen 1-50 kW gücündeki sistemler şeklinde olmaktadır. Bu ve benzeri fotovoltaik sistemlerin gerektirdiği tüm teknolojiler (elektronik) ticari uygulamalar için yeterli düzeye erişmişlerdir [2].

Termal güneş gücü santrallerinde mevcut teknoloji, tek ekseninde güneşi izleyen doğrusal yoğunlaştırıcı (parabolik yansıtıcı oluk) ve çift ekseninde izleyici noktasal (parabolik çanak) yoğunlaştırıcı ile bir akışkanın buharlaştırılarak mekanik enerji üretilmesine dayanmaktadır[2].

Geleneksel düzeyde türbin-jeneratör teknolojisi yeterli olurken, güneşin izlenmesi, ışınım değişimlerinin dengelenmesi ve genel sistem kararlılığı çok karmaşık teknolojiler (mekanik, termik) gerektirmektedir. Güneş enerjisinin doğrudan mekanik enerjiye dönüştürüldüğü parabolit sistemler ise nispeten daha basit teknolojilerle yetinmektedir. Halen, parabolit çanakların odak noktalarına yerleştirilen Stirling motorlar ile 10-50 kWe, hareketli düzlemsel yansıtıcı merkezi güç kuleli santrallerde (Güneş Kulesi) 1-20 Mwe ve parabolik oluklu santrallerde (Güneş Çiftliği) ise 10-300 Mwe güç elde edilebilmektedir [2].

Güneş enerjisi güneş pillerinde ortalama %10-15 verimle elektrik enerjisine dönüşmektedir. Ülkemizde güneş enerjisi kullanımında kaynak anlamında bir sorun olmamakla beraber elektrik üretiminde uygulanacak yöntem açısından bazı bölgesel farklılıklar bulunmaktadır. Fotovoltaik sistemler ile bulutlu veya açık her türlü hava şartlarında elektrik üretilebilirken, yoğunlaştırıcı sistemlerde (termik ve mekanik dönüşüm) direk ışınım, yani açık hava, gerekli olmaktadır. Bu nedenle, termik ve mekanik dönüşümlü üreteçler için Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinin tercih edilmesi gerekirken, fotovoltaik üreteçler için Doğu Karadeniz Bölgesi dışındaki tüm bölgeler uygun olmaktadır[2].

Türkiye'de güneş enerjisinin kullanımı (sıcak su elde edilmesi dışında) genelde bilinmemekte, tanıtımı yapılmamakta ve devletçe teşvik edilmemektedir. Dolayısıyla, bu konuda hizmet verecek mühendislik, müşavirlik ve müteahhitlik firmaları ve ilgili sanayi gelişmemektedir. İlk yatırım giderleri yüksek olan, ancak yakıt masraflarının olmaması nedeniyle işletme masrafları bulunmayan güneş enerjili elektrik üreteçlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli uzun vadeli finansman imkânları bulunmamaktadır.

Yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi (azami bir yıl), uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması, temiz bir enerji kaynağı olması, vb gibi nedenlerle dünya genelinde fotovoltaik elektrik enerjisi kullanımı sürekli artmaktadır. Avrupa Birliği 2010 yılında fotovoltaik elektriğin elektrik üretimi içindeki payının %0,1 olmasını hedeflemiştir [2].

### 3.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneş enerjisinin dünyanın oldukça değişken olan yüzeyini eşit ısıtmamasından kaynaklanan sıcaklık, yoğunluk ve basınç farklarından oluşur. Tropikal bölgelerde güneş ışınları nedeniyle ısı kazancı, kutuplarda ise ısı kayıpları vardır. Bu, dünya atmosferinin ısıyı tropik bölgelerden kutuplara doğru hareket ettirmesinden kaynaklanmaktadır. Okyanus akımları da benzer şekilde davranır ve dünyanın ısı transferinin kabaca %30'unu oluşturur. Küresel anlamda bu atmosferik akımlar muazzam enerji transferine neden olur. Bunların yanı sıra topoğrafik özellikler ve bölgesel ısı değişimleri gibi diğer faktörler de rüzgâr enerji dağılımını değiştirir [2]. Rüzgar türbinleri, atmosferdeki sıcaklık ve basınç farkından oluşan rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren mekanik araçlardır [7].

Ülkemizde rüzgâr hızı ölçümleri iklim amaçlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından yapılmaktadır. Ancak, bu ölçümlerden bir kısmı, ölçüm istasyonlarının yerleşim birimlerinin içinde kalması nedeni ile gerçek enerji değerini verememektedir [2].

Rüzgârdan enerji üretimi için mevcut potansiyelin ve uygun yerlerin belirlenmesi kapsamında yapılan rüzgâr ölçümleri ise EİE tarafından ağırlıklı olarak Ege ve Marmara olmak üzere çeşitli bölgelerde yer alan 7 ölçüm istasyonunda tamamlanmış ve halen 14 ölçüm istasyonunda sürdürülmektedir [2].

ABD'nin uzay çalışmaları ile saptadığı meteorolojik veriler, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin bulunduğu coğrafi yöreye bağlı olarak komşu ülkelerde ve bölge ülkelerinde yapılmış ölçüm verileri de bu bulguyu desteklemektedir. Ayrıca Türkiye'nin rüzgâr atlasını oluşturma amacını güden EİEİ projesinin en kısa zamanda sonuçlandırılması EİEİ'ce 10.000 MW tahmin edilen genel potansiyelin belirlenmesine yardımcı olabilecektir. Eylül 1999 itibarıyla dünyadaki toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 12.300 MW'dır. Bu gücün yaklaşık 8.000 MW'ı Avrupa, 2.500 MW'ı ABD ve geri kalanı diğer ülkelere aittir. RES'lerinin toplam kurulu güç içindeki payı Avrupa için %1,4, ABD için ise %0,3 mertebesindedir [2].

1961 yılında yapılan bir envanter çalışması Türkiye'deki 718'i kuyudan su çekmek, 41'i ise elektrik üretmek için toplam 859 adet rüzgâr türbininin kullanıldığını göstermiştir. Çizelge 3.11'de en düşük rüzgâr hızından en büyüğe doğru sıralanmış hızların hüküm sürdüğü bölgeler gösterilmiştir [6].

**Çizelge 3.11. Yıllık ortalama rüzgâr hızları [6]**

BÖLGELER	HIZ (m/sn)
Karadeniz	0,6–4,6
Doğu Anadolu	0,6–2,8
Akdeniz	1,0–4,8
Ege	1,1–3,5
Güneydoğu Anadolu	1,4–2,9
Marmara	1,6–5,1
Orta Anadolu	1,7–3,3

Türkiye'nin şebeke bağlantılı ilk rüzgar santrali, oto prodüktör santral olarak, 3 adet 580 kW'lık türbinle toplam 1,74 MW güçte olmak üzere Çeşme-Germiyan'da 1998 Şubat ayında kurulmuştur. Yap-İşlet-Devret modeli ile inşa olunan 7,2 MW'lık ilk rüzgâr santrali ARES de Çeşme-Alaçatı'da kurulmuş bulunmaktadır. Bu santraller tarafından 1999 yılında toplam 23,7 milyon kWh elektrik enerjisi üretimi yapılmıştır. Bu üretim tam güçte 2.651 saat çalışmaya, ya da bir başka deyişle %30'luk bir kapasite faktörüne karşılık gelmektedir. [2] İSKİ tarafından yaptırılan rüzgâr enerjisi çalışmaları sonunda, İstanbul'un Avrupa ve Asya yakalarında kullanılmak üzere 80 MW'lık bir kurulu gücün yapılması planlanmıştır [6].

Rüzgâr kaynağı açısından cazip yerlerin genellikle bölgesel tüketimin düşük olduğu şebekenin uç noktaları olması büyük kapasitede RES tesisi kurulması durumunda yeni iletim tesisleri gerektirmekte ve bunlarla ilgili yatırımlar ve enerjinin uzak noktalara taşınması nedeniyle kayıpların artması gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır.

Üyesi olmayı hedeflediğimiz Avrupa Birliği (AB) tarafından 2010 yılında rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisi talebinin karşılanmasındaki payının %2 civarında olacağı öngörülmektedir. 2010 yılı için ülkemizin elektrik enerjisi talebi 295.000 GWh civarında olduğu tahmin edilmektedir [2].

Türkiye'de şimdiye kadar yapılan rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu güç toplamı 1,5 MW'ı Çeşme-Germiyan, 7,2 MW'ı yine Çeşme-Alaçatı'da ve 10,2 MW'ı da Bozcaada'da olmak üzere toplam 18,9 MW'tır [6].

### 3.3.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun 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 yararlanılan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.

Konum olarak Türkiye dünyanın genç tektonik kuşağı içinde yer aldığından doğal olarak fazla miktarda da jeotermal enerji kaynaklarına sahip olması beklenir. Yapılan çalışmalardan şimdiye kadar 600 civarında irili ufaklı ve sıcaklıkları 20 0C'ila 100 0C arasında değişen jeotermal kaynak

bulunmuştur. Bu kaynaklar genel olarak Kuzey Anadolu fay hattının yakınlarında, deprem yörelerinde ve son zaman volkanlarının bulunduğu yerlerde [6].

Sıcaklığın uygun olduğu hallerde jeotermal enerjiden elektrik üretiminde faydalanılmaktadır. Bugün için dünyada toplam elektrik kurulu gücü 8.274 MWe, ülkemizde ise 20,4 MWe'dir (Denizli-Kızıldere jeotermal elektrik santrali) [2].

Ülkemizdeki jeotermal sahalardan 5 tanesi elektrik üretimine elverişlidir. Bunlar Denizli-Kızıldere (242 °C), Aydın-Germencik (230 °C), Çanakkale-Tuzla (173 °C), Aydın-Salavatlı (171 °C), Kütahya-Simav (162 °C)'dir. Seferihisar (153 °C), Salihli-Caferbeyli (155 °C), Dikili (130 °C), Gölemezli (80 °C) jeotermal sahaları ise ileride işletilebilecektir [2].

Mevcut şartlara göre ülkemizde, 2005 yılı hedefi 185 MW, 2010 yılı hedefi 500 MW ve 2020 yılı hedefi 1.000 MW olarak öngörülmektedir [2].

### 3.3.4. Canlı Kütle (Biyokütle) Enerjisi

Yakacak için odun eldesi, yaklaşık 9,2x106 hektarlık bir alana yayılmış normal ve normalaltı odun kesim bölgelerinden olmaktadır. Bu alan Türkiye'nin yaklaşık olarak %12'sini, ormanlık alanların ise %56'ya yakın bir kısmını kapsamaktadır [6].

Kesin istatistik veriler olmamakla birlikte hayvan ve bitki artığının üretimi ve tüketimi son 10 yıldır 11 milyon tondan 6,6 milyon tona düşürülmüş bulunmaktadır. 1997 yılı verilerine göre yerli enerji üretiminin %25,5'i odun ve tezekten sağlanmış toplam birincil enerji tüketiminin ise %9,8'i odun ve tezek ile karşılanmıştır [2]. Bunun da büyük bir çoğunluğu evsel ısıtmada kullanılır.

Türkiye'de her yıl yaklaşık olarak 250x106 ton kadar taze çiftlik gübresi elde edilir. Bu 20x106 milyon kadar büyükbaş hayvanın dışkılarından meydana gelir. Bu miktarın ancak 15x106 tonu tezek olarak kullanılır [6].

Türkiye'de enerji ormancılığı ve enerji tarımı hızla geliştirilmesi gereken konulardır. Enerji ormancılığı için uygun alanın yaklaşık %15 kadarı değerlendirilmiş durumdadır ama %85'i beklemektedir. Enerji tarımı ise hiç el atılmamış bir konudur. Ülkemizde enerji bitkileri tarımına C4 tipi bitkilerle ve özellikle Miscanthus ve tatlı Sorghum ile başlanmalıdır [2].

Türkiye'de biyogaz ile ilgili çalışmalar 1957 yılında başlatılmıştır. 1975 yılından sonra toprak, su ve 1980'li yıllarda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü kapsamında yürütülen çalışmalar uluslararası bazı anlaşmalarla desteklenmiş olmasına karşın 1987 yılında kesilmiştir. Türkiye'de biyogaz potansiyelinin 1.400-2.000 Btep/yıl düzeyinde olduğu belirtilmektedir. Buna karşılık yakacak tezek miktarı azalmaktadır [2].

Çizelge 3.12'de değişik canlıların biyogaz verimlilikleri verilmiştir.

**Çizelge 3.12. Değişik canlıların biyogaz verimlilikleri [6]**

Atık türü	Biyogaz Verimi (m <sup>3</sup> /kg)
Büyükbaş	0,20–0,30
Tavuk	0,35–0,80
Saman	0,35–0,40

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı odun ile hayvan ve bitki artıklarını kullanan klasik biyo kütle enerji üretiminin 2000 yılında 6.963 Btep ve 2020 yılında 7.530 Btep olmasını planlamıştır. Modern biyo kütle enerji üretimi ise hiç ön görülmemiştir. Oysa ticari olmayan klasik biyo kütle enerji üretiminin giderek azaltılması ve modern biyo kütle enerji üretimine başlanarak bu üretimin artırılması gerekir [2].

### 3.3.5. Deniz Kaynaklı Enerjiler

Deniz enerjileri deniz dalga, boğaz akıntıları, med-cezir ve deniz sıcaklık gradyenti gibi çeşitlidir. Türkiye'de bunlardan yalnızca deniz dalga ve boğaz akıntıları olanağı vardır. Med-cezir olanağı bulunmadığı gibi, denizlerimizde farklı sıcaklıklarda akıntılara da rastlanmamaktadır.

Karadeniz, Marmara ve Ege Denizi, tuzluluk gradyentinin farklı oluşu nedeni ile İstanbul ve Çanakkale boğazlarında üst ve alt akıntılar oluşmuş bulunmaktadır. Akıntının hızı birçok yerde 8 knot (14,8 km/h = 4,1 m/s) olarak saptanmıştır. Bu değer önemli bir kinetik enerji potansiyeline işaret etmektedir [2].

Etrafı denizlerle çevrili olan ülkemizde dalga enerjisi ile yapılmış hemen hiç çalışma bulunmamaktadır. Deniz dalga konvektörleri ile bu enerjiden yararlanılması düşünülmeli, bu kaynağın değerlendirilmesi için dalga rasatlarından başlanarak, teknik ve ekonomik incelemeler yapılmalıdır. Bu nedenle en azından bir pilot ön çalışmanın yapılması bu konuda ışık tutacak bir kaynak olacaktır. Öncelikle Karadeniz kenarında, örneğin Şile civarında uygun bir bölgenin seçilerek dalga ölçümlerine başlanmalı ve bunların istatistiksel, spektral ve stokastik incelenmeleri ile ortaya çıkabilecek durumların belirlenmesine çalışılmalıdır [6].

### 3.3.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen bir birincil ya da doğal gaz enerji çeşidi olmayıp, bir başka enerji tüketilerek elde olunan sentetik yakıt durumundaki enerji taşıyıcısıdır. 21. yüzyılın yakıtı olarak varsayılmaktadır. Giderek ağırlaşan çevre sorunu ve küresel ısınma, tükenen hidrokarbon kaynakları hidrojen gibi sentetik yakıtları cazip duruma getirmektedir. Hidrojen motor yakıtı olarak kullanılabilirdiği gibi sanayide, elektrik üretiminde, konutlarda güvenle kullanılabilir durumdadır. Uygulamaya aktarılacak üretim, taşıma, dağıtım, kullanım teknolojileri geliştirilmiş, uluslar arası standartlar çıkarılmıştır. Hidrojen çağına ekonomik koşullara göre 10-15 yılda girilmesi beklenmektedir.

Yakıt pilleri, yakıt olarak kullanılan hidrojeni havadaki oksijenle birleştirerek direk olarak izotermal bir işlemle elektrik enerjisine çeviren aletlerdir. Mevcut tüm yakıt pilleri hidrojen ve oksijenin su oluşturmak üzere fonksiyonlarından faydalanarak elektrik üretmektedirler. Yakıt pillerinin kurulu güçleri 200 kW-25 MW arasında değişmektedir. Teknik açıdan en gelişmiş olan yakıt pili tipi fosforik asitli yakıt pilleridir ve ticari olarak 200 kW'lık modüller halinde bulunmaktadır [2].

Türkiye, üç tarafı denizlerle kaplı olması, oldukça fazla sayıda göllerin ve akarsuların bulunması ve yağışlı bölgelerinin de bulunması açısından, hidrojen elde edilmesi için gerekli olan su bakımından hiçbir zaman sıkıntı olmayacak ülkeler arasında gelmektedir. Türkiye için güneş enerjisi merkezleri güney ve güneydoğu bölgelerinde tesis edilebileceği gibi Arabistan çöllerinden de yararlanma düşünülmelidir. Çöllerdeki güneş enerjisi yapılacak borular vasıtasıyla Türkiye'ye taşınabilir. Nasıl Türkiye'den güneydeki ülkelere su taşınması için boru hatlarının döşenmesi projeleri gündeme geliyorsa gelecekte güneş enerjisi taşınması için aksi yönde boru hatlarının döşenmesi projeleri gündeme gelebilir. Belki de gelecekte, bugün için Türkiye'ye doğalgaz taşımak için boru hatları aksi yönde çalışarak Türkiye'den doğalgazı tükenen yerlere hidrojen enerjisi taşımak için kullanılabilir.

Türkiye'de hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilecek olası kaynaklar; hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerjidir. Türkiye gibi gelişme sürecinde ve teknolojik geçiş aşamasındaki ülkeler açısından, uzun dönemde fotovoltaik güneş-hidrojen sistemi uygun görülmektedir [2].

Türkiye'nin hidrojen üretimi açısından bir şansı da, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz'in suyunun %90'ı anaerobiktir ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) içermektedir. 1.000 m derinlikte 8 ml/l olan H<sub>2</sub>S konsantrasyonu, tabanda 13,5 ml/l düzeyine ulaşmaktadır. Elektroliz reaktörü ve oksidasyon reaktörü gibi iki reaktör kullanılarak, H<sub>2</sub>S'den hidrojen üretimi konusunda yapılmış teknolojik çalışmalar vardır [2].

Şimdi, Birleşmiş Milletler (UNIDO) desteği ile ICHET projesi kapsamında İstanbul'da Hidrojen Enstitüsü kurulmuştur.

### 3.4. NÜKLEER ENERJİ

Nükleer teknoloji, dünyanın elektrik gereksinmesinin %17'sini karşılamanın yanı sıra, tıpta ve endüstride kullanılan birçok izotopun üretilmesi ile de insanlığın hizmetindedir. Hem araştırma yapmak hem de tıpta ve endüstride kullanılan izotopları üretebilmek için 59 ülke toplam 273 araştırma reaktörü işletmektedir. Bunların yanı sıra 250'yi aşkın gemi ve denizaltı nükleer enerji ile hareket edebilmektedirler. Günümüzde 30'dan fazla ülke nükleer enerji santrali işletmektedir. Dünya genelinde, 1000'i aşkın, ticari, askeri ve araştırma amaçlı nükleer reaktör işletilmektedir [2].

Nükleer elektrik tüketiminin toplam elektrik üretimi içinde payı, dünya ortalaması %17 olmak üzere, Fransa'da %78, İsveç'te %50, İsviçre, G.Kore ve Slovenya'da %40, Almanya'da %28, Japonya'da %25, İspanya ve İngiltere'de %24, Amerika'da %20, Rusya'da %17 civarındadır. Eski doğu bloğu ülkelerinden Litvanya'da ise bu değer %80 ile dünyadaki en yüksek düzeyine erişmiştir [26].



AB nükleer kurulu gücünün gelişimi Çizelge 3.13'de, nükleer elektriğin dünyadaki payı Çizelge 3.14'de, kurulu bulunan ve inşa halindeki nükleer enerji santrallerinin ülkelere göre dağılımı ise Çizelge 3.15'de verilmiştir.

**Çizelge 3.13. AB nükleer kurulu gücünün gelişimi [19]**

	Kurulu Güç (GW)	İnşaata süren nükleer santraller (GW)	İşletmeden çıkarılan nükleer kapasite (GW)	
			1995–2015	2015–2030
	1995	1995–2010	1995–2015	2015–2030
Belçika	5,9	0,0	0,0	5,8
Finlandiya	2,4	0,3	0,0	2,4
Fransa	66,7	6,4	1,2	56,0
Almanya	25,1	0,0	4,1	21,0
Hollanda	0,5	0,0	0,5	0,0
İspanya	7,5	0,0	0,2	7,3
İsveç	10,4	0,0	2,7	7,8
İngiltere	13,4	0,0	2,7	9,4
Toplam	131,9	6,7	11,3	109,7

**Çizelge 3.14. Nükleer elektriğin dünyadaki payı, 2003 (26)**

ÜLKE	NÜKLEER ELEKTRİĞİN PAYI (%)	ÜLKE	NÜKLEER ELEKTRİĞİN PAYI (%)
LİTVANYA	80	İNGİLTERE	24
FRANSA	78	İSPANYA	24
SLOVAKYA	57	TAYVAN	22
BELÇİKA	55	ABD	19.9
ISVEC	50	RUSYA	17
UKRAYNA	46	KANADA	12.5
GÜNEY KORE	40	ROMANYA	9.3
İSVİÇRE	40	ARJANTIN	8.6
SLOVENYA	40	GÜNEY AFRİKA	6.1
BULGARISTAN	38	MEKSİKA	5.2
ERMENİSTAN	35	HOLLANDA	4.5
MACARİSTAN	33	BREZİLYA	3.7
ÇEK CUMHURİYETİ	31	HİNDİSTAN	3.3
ALMANYA	28	PAKİSTAN	2.4
FİNLANDİYA	27	ÇİN	2.2
JAPONYA	25		



**Çizelge 3.15. Kurulu bulunan ve inşa halindeki nükleer enerji santralleri, 2004 [23]**

Ülke	Çalışır Durumdaki Reaktör Sayısı	İnşa Halindeki Reaktör Sayısı
ABD	104	-
Almanya	18	-
Arjantin	2	1
Belçika	7	-
Brezilya	2	-
Bulgaristan	4	-
Çek cum.	6	-
Çin	9	2
Ermenistan	1	-
Finlandiya	4	-
Fransa	59	-
G. Afrika Cum.	2	-
G. Kore	19	1
Hindistan	14	8
Hollanda	1	-
İngiltere	27	-
İran	-	2
İspanya	9	-
İsveç	11	-
İsviçre	5	-
Japonya	54	2
Kanada	17	-
K.Kore	-	1
Litvanya	2	-
Macaristan	4	-
Meksika	2	-
Pakistan	2	-
Romanya	1	1
Rusya	30	3
Slovakya	6	-
Slovenya	1	-
Ukrayna	13	4
Toplam	436	25

1970'li yıllardan bugünlere bakıldığında, nükleer elektrik üretiminde önce klasik olarak adlandırılabilen reaktörlerden yararlanılacağı öngörülmüyordu. Ana düşünceye göre doğal ya da hafif zenginleştirilmiş uranyum kullanılan bu reaktörlerden yeterince plütonyum üretilecek, bunlar da hızlı üretken reaktörlerde kullanılacak, elektrik enerjisi üretimine uzun vadeli çözüm getirilecek, 21. yüzyılın sonlarına böylece varılacaktı. 21. yüzyılın son çeyreğinde ise füzyon enerjisi yetişecek, elektrik enerjisi üretim meselesi de böylece hallolmuş olacaktı. Ancak bugünkü görünüm farklıdır. Bir kez, tüm hızlı üretken reaktör programları neredeyse rafa kaldırılmıştır. Nükleer güvenlik konusu, nükleer kazalarla beslenen kamuoyu tepkilerine karşılık daha sade, daha güvenilir santral tasarımlarını araştırmayı ön plana çekmiştir. Füzyon araştırmaları ise, dünyada düşen klasik enerji fiyatları ve

azalan talep önünde daha uzun süre bekleyecek gibi görünmektedir. Buna karşılık, nükleer korku bir yana, sera etkisi, asit yağmurları, kül tepeleri; doğal gaz ve petrolün yerel olarak erişilebilirliği ve taşımadaki zorluklara karşın nükleer enerjinin bilinen avantajları, gelecek beş-on yılda dünyada hiç değilse bazı ülkelerin nükleer enerjiye bakışını büyük bir olasılıkla değiştirebilecektir [2].

Kuzey Amerika ve pek çok Batı Avrupa ülkelerinde yeni nükleer santraller kurulmamaktadır. Bunun nedenleri; elektrik tüketiminde doyuma ulaşan bir kararlılık, düşük nüfus artış hızı, kamuoyu etkisi, hâlihazırdaki kurulu kapasitenin mevcut ve kısa vadede öngörülen talebi karşılamak için yeterli oluşu, enerji yoğun teknolojilerden bilgi yoğun teknolojilere doğru olan yönelim, mevcut santrallerin ömürlerinin uzatılması, verimliliklerinin ve güçlerinin artırılması yönünde çalışmalara ağırlık verilmesi olarak görülmektedir [2].

Türkiye'de Salihli-Köprübaşı, Yozgat-Sorgun, Uşak-Fakılı, Aydın-Demirtepe ve Küçükçavdar sahalarında ekonomik olarak çıkarılabilecek toplam 9.130 ton görünür uranyum rezervi saptanmıştır [2].

Dünyanın ikinci büyük toryum rezervlerine sahip olan Türkiye'nin toryum yatağı Eskişehir-Beylikahır bölgesinde yer almaktadır. Bunun dışında Malatya-Darende-Kuluncak, Kayseri-Felahiye ile Sivas ve Diyarbakır il sınırları içinde toryum izlerine rastlanmıştır [2].

### 3.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE NÜKLEER ENERJİ GÜNDEMİ

Nükleer santraller temelde, klasik termik santrallerden farklı değildirler. Bunlarda da elektrik üreten bir alternatöre bağlı türbini, ısıtılmış su buharının basıncı döndürür. Bu santralin özgülüğü bir nükleer reaktör ile bir buhar üreticiden oluşan kazanındadır. Reaktör, atomların zincirleme parçalandığı yerdir; parçalanmadan doğan enerji ısı taşıyıcı sıvı (ana devre) yardımıyla buhar üreticisini ısıtır. Bunun sonucunda parçalanma (filyon) tepkimesi sırasında nötronlar farklı enerji düzeylerine sıçrar. Yavaşlatıcı yardımıyla çekirdekler parçalanmaya en uygun enerji düzeyine getirilir ve böylece nötronların verimliliği artırılır. Nükleer yakıt, yavaşlatıcı ve ısı taşıyıcı sıvı, santraldeki nükleer reaktörün en önemli üç ögesidir. Her reaktör tipinde bu üç öge özel bir bileşim halindedir [15].

Nükleer santraller, hidroelektrik santrallerin aksine, baraj yapımına, nehir yollarının kaydırılmasına ve çok geniş arazilerin sular altında kalmasına yol açmamaktadırlar. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtları kullanan santraller için yapılan büyük işleme ve depolama alanlarına ihtiyacı bulunmamaktadır. Ve en önemlisi nükleer santraller karbondioksit, sülfür, nitrojen oksit veya ağır metaller gibi sera etkisi yaratan gazlar, küller yaymamakta, asit yağmurlarına yol açmamaktadırlar [15].

Bugün dünyada 400'den fazla reaktör çalışmaktadır. Dünya elektrik üretiminde de elektro nükleer enerjinin payı artmaktadır. 1980 yılında dünya genelinde yüzde 2,5 olan elektro nükleer enerjinin 2000 yılında yüzde 18 oranına ulaşmıştır. Fiyat dalgalanmaları açısından da nükleer enerji fosil yakıtlara göre daha avantajlıdır, üretici kendisine yıllarca yetecek yakıtı çok küçük bir alanda depolayabilmektedir [15].

Bir nükleer reaktör, yakıtın hazırlanmasından radyoaktif atıkların saklanmasına kadar uzanan ve

dikkatle örgütlenen bir teknoloji zincirinin temel halkasını oluşturur. Üstünlüğü, uzun vadeli programların uygulanmasına uygun olması ve gelecekte ona dayalı yeni organizasyonların yapılabilmesini mümkün kılmıştır. Bu nedenle yalnız, teknolojik açıdan yeterince ilerlemiş, istikrarlı, demokratik ve uzmanların düşüncelerini alan bir toplum, nükleer olgunluğa ulaşabilir. Bunun tersi bir örnek Çernobil felaketidir. (Ukrayna, 26 Nisan 1986); uzmanlara göre bu olay, "örnek bir güvenlik sistemine sahip bu tip bir santralin yönetiminde yapılan hatalar ve büyük umursamazlıklar zinciri"nin kaçınılmaz bir sonucuydu[15].

Bugün dünyada nükleer santrale sahip 32 ülke bulunmaktadır ve bu ülkelerden bazılarının santrallerini faaliyete geçişi tarihleri şunlardır: Hollanda 1973, Finlandiya 1980, Arjantin 1983, İsviçre 1984, Belçika, Güney Afrika, İspanya, İsveç, Tayvan'da 1985, Macaristan ve Litvanya'da 1987. 1989-95 yılları arasında Fransa ve Japonya inşa halindeki santrallerini işletmeye başlamıştır. Örneğin Japonya, nükleer güç kervanına geç katılan ülkelerden biridir, ancak oldukça hızlı davranarak 1979'dan itibaren 54 santralin inşaatını sonuçlandırmıştır [23].

Kıtalar bazında nükleer santraller en çok Kuzey Amerika'da ve Avrupa'da bulunmaktadır. Güney Amerika'da sadece Arjantin ve Brezilya nükleer güce sahipken Avrupa'da, Avusturya, Danimarka, İtalya, Portekiz, İzlanda, Norveç, Arnavutluk ve Yunanistan'da hükümetlerin enerji politikalarındaki tercihler, nükleer karşıtı kamuoyunun gücü nedeniyle nükleer santral yoktur.

En ilkel insan faaliyeti (ateş yakmak, avlanmak, tarım, vs.) bile çevreye az veya çok zarar verir. Teknolojinin bu kadar ilerlediği günümüzde bütün sınaî ve tarımsal faaliyetler göz önüne alındığında çevreye ne kadar ciddi etkiler olduğunu iyi kötü hemen herkes bilmektedir. Bugün insanlığın önündeki en ciddi çevre problemlerinden biri atmosferdeki "sera gazları" (karbon dioksit, metan, vd.) miktarının giderek artması ve bunun sonucunda "küresel iklim değişikliğinin" başlamasıdır. Sera gazları salınımındaki en büyük etmen de enerji üretiminde yer alan fosil yakıtlardır (yani kömür, linyit, petrol ve doğal gaz). Oysa, Nükleer Güç Santrallerinden (NGS) pratikte hiç karbon dioksit çıkışı olmaz.

Bu arada, çevre etkileşimi bakımından önemli olan, her türlü teknolojik sistemin gereksinimlerini içeren "yaşam çevrimi" kavramından söz etmek gerekir. Herhangi bir teknolojik sistemin bütün bileşenlerinin daha ilk hammaddelelerinin çıkarılması ve imâl edilmesi, işletim süresi, bakımı ve nihayet devre dışı bırakılması aşamalarında tüketilen veya dış çevreye bırakılan bütün enerji, kimyasal madde, vs.lerin hesaplanmasına "yaşam çevrimi" denmektedir. Artık bir sistemin değerlendirilmesi, sâdece çalışma esnasındaki alış verişlerine göre değil "yaşam çevrimi" dikkate alınarak yapılmaktadır.

Örnek vermek gerekirse, bir NGS'nin "yaşam çevrimi" sırasında atmosfere saldırdığı karbon miktarı, ürettiği kilovat-saat başına 2-6 gram arasında değişmektedir. Aynı miktar karbon, yaşam çevrimi dikkate alındığında, hiç atığı yok denen güneş pillerinden ve rüzgâr santrallerinde de üretilmektedir. Benzer şekilde, 1 milyon kilovat-saat üretim için nükleerde 6-7 kg bakır, 27-30 kg boksit kullanılırken, güneş pillerinde 210 kg bakır, 240 kg boksit ve rüzgâr santrallerinde 47-140 kg bakır, 32-95 kg boksit kullanılmaktadır.

Eğer bugün 440 NGS kapatılmış olsa ve bunların yerine fosil yakıtlı santraller kurulmuş olsa, her yıl atmosfere 600 milyon ton daha fazla karbon atılmış olacaktı; bu değer ise, Kyoto protokolünün 2010 yılında azaltmayı hedeflediği karbon miktarının yarısıdır.

Günümüzde dünya elektrik üretiminde nükleerden kaynaklanan elektrik üretiminin payı %17'dir ve bu pay son 20 yıldır hep aynıdır. Ancak 20 yıldır dünya elektrik üretimi önemli ölçüde artmıştır. Dolayısıyla orantının 20 yıldır aynı kalabilmesi için NGS'lerden elektrik üretiminin de toplam üretim kadar artmış olması gerekir.

Dünyada kurulu NGS'lerin yarısından fazlası gelişmiş ülkelerde bulunmakta ancak %10'dan azı gelişmekte olan ülkelerde yer almaktadır. Oysa 21. yüzyılda elektrik tüketim talebinde en fazla artış da gelişmekte olan ülkelerde olacaktır. Nükleerden elektrik üretimi Almanya'da %28, Japonya'da %25 dolayında seyrederken, bu oran Brezilya, Hindistan ve Çin'de sırasıyla %3.7, %3.3 ve %2.2'dir. Dolayısıyla önümüzdeki dönemde yeni NGS'lerin kurulmasının gelişmekte olan ülkelerde yoğunlaşması beklenmektedir ki, gerçek de bunu göstermektedir. Hâlen inşa edilmekte olan 25 NGS'nin 14'ü Hindistan, Japonya, Güney Kore, Kuzey Kore ve Çin'dedir (Tayvan dahil). Elektrik üretimine geçecek olan 25 NGS'nin büyük bir bölümü Uzak Doğu ve Güney Asya'da yer almaktadır. Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'da yeni NGS imâlî adetâ dondurulmuş durumdadır [26]

Ancak, söz konusu bölgede mevcut NGS'lerin güvenli çalışma sistemlerinde yapılan iyileştirmeler sayesinde produktivitede (üretim verimliliği) önemli artışlar sağlanmıştır. Söz gelişi, 1990 yılında NGS'ler ortalama olarak çalışma sürelerinin %71'inde elektrik üretirken 2002 yılında bu değer %84'e çıkmıştır. Bunun anlamı şudur: produktivitedeki (üretim verimi) artış, son 12 yılda, oldukça düşük maliyetle, her biri 1.000 MWe'lik 34 yeni NGS'nin kurulmasına eşdeğerdir. Demek ki, gelişmiş ülkelerde yeni NGS kurulmamasının sebebi daha ucuz maliyetle daha çok nükleer enerji üretmeden kaynaklanmakta, yani bir ekonomik sebebe dayanmaktadır. Tamamen kapatılan NGS'ler ise ekonomik ömrünü doldurmuş olanlardır. Bunun yerine yapılan iyileştirmeler ile NGS'leri ömürleri 30 yıldan 40-45 yıla kadar uzatılmaktadır.

İkincisi, kontrol altına alınan bu atıklar miktarca azdır: Dünyadaki bütün NGS'lerden bir yılda çıkan nükleer atıkların miktarı sâdece 12.000 ton'dur. Oysa her yıl fosil yakıtlı santrallerden atmosfere 25 milyar ton CO<sub>2</sub> hem de kontrolsüz olarak salınmaktadır. Bütün NGS'lerden kaynaklanan bu 12.000 ton nükleer atık, bir futbol sahası büyüklüğünde ve 1,5 metre yüksekliğinde bir hangar içine çok rahatlıkla ve çevreye hiçbir zarar vermeyecek şekilde depolanabilir.

Üçüncüsü, işlenmiş yakıtlardan kaynaklanan nükleer atıkların tamamen cam veya seramik malzeme içine hapsolunarak sızdırmazlığı kesinlikle sağlanmış yer altı depolarında muhafaza edilmesine ilişkin teknoloji hazır, hiçbir problemi de yoktur. Problem tamamen psikolojiktir. Nitekim, bu psikolojik problemi aşan Finlandiya gibi ülkeler nükleer atıkların yer altındaki mağaralara nihaî depolanması hususunda yerel halkın kesin desteğini alarak gerekli hazırlıklara başlamışlardır.

Son olarak, nükleer atıkların teknolojik olarak herhangi bir problemi olmadığını, problemin psikolojik korkuları aşım aşımamakta düğümlendiği ifade edilebilir. Bunca ülkenin kullandığı ve kullanmaya devam ettiği nükleer enerji ve teknolojiye yaklaşımda duygusallık ve korkular değil hesap, ekonomi ve bilim esas alınmalıdır.

### 3.5.1. Türkiye'de Nükleer Santral Yapımı

Türkiye Nükleer enerji tartışmalarıyla Mersin'in Gülnar ilçesine bağlı Akkuyu'da yapılacak Nükleer Santralın ihale edilmesinin ardından tanışmıştır. 1.400 megavat (MW) ile 2.800 MW kurulu güçte yaklaşık 10 milyar kilovat saat'e kadar enerji üretebilecek Akkuyu Nükleer Santralının komple yapım ihalesine dünyanın önde gelen reaktör üreticisi firmalarının yer aldığı büyük gruplar katılmıştır [15].

Akkuyu'da santral yapılmasına karşı çıkanların ve çevrecilerin üzerinde özellikle durdukları konular şunlardır [15];

- Akdeniz'de ilk kez yapılacak bu santral, kirlenme haritalarında en temiz yerler arasında görülen Akkuyu'nun kirlenmesine yol açacak.
- Bölgenin tarım ve gelişmeye çok açık turizm potansiyelini yok edecek, özellikle eko turizm şansını yitirecek.
- Akkuyu enerji tüketen bölgelere çok uzak, üretilen elektriğin büyük bölümü nakil hatlarında kaybolacak. İstanbul ve Kocaeli gibi büyük kentlere enerji ulaştırılmayacak.
- Turizme açılmadığı için betonlaşmada olmayan Akkuyu, eko turizm için büyük bir potansiyele sahip, bu ortadan kalkacak.
- Trakya'nın Yunanistan nedeniyle stratejik olarak dışlanmasına rağmen Akkuyu'nun Kıbrıs'ta konuşlanacak Rum füzelerine çok yakın olması.
- Ayrıca çevreciler Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) raporu hazırlanmadığı için bölgede ortaya çıkacak sonuçların tam anlamıyla ortaya konmadığını belirtiyorlar.

Akkuyu seçilme sürecinde ise devlet 5 yıl süren bilimsel ve teknik araştırmalar yaptırmış, çeşitli konularda 100'ü aşan rapor hazırlanmıştır.

Akkuyu'nun uygunluğu konusunda ortaya çıkan sonuçlar şunlardır [15];

- Akkuyu deprem kuşağında değil ve deprem tehlikesi yok.
- Nükleer santrallerin ihtiyaç duydukları soğutma suyu doğrudan Akdeniz'den sağlanabilecek.
- Nükleer santral ünitelerini deniz yoluyla taşımak mümkün olabilecek.
- Santral'den Konya, Mersin, Adana, Antalya gibi yoğun elektrik tüketen bölgelere daha kolay elektrik ulaştırılabilecek ve nakil kaybı azaltılacak.
- Santralın yapılacağı alanın neredeyse tamamı devlete ait bir istismak sorunu yaşanmayacak. Nüfus yoğunluğu az olan bu bölgede Santralın çevresinde yeni yerleşim kurulması gibi bir problem oluşmayacak.

İskenderun, Tarsus ve Antakya Çevre Koruma Dernekleri 1995 yılında Adana 1. İdare Mahkemesi'nde,

Akkuyu Nükleer Santrali Projesinin Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) Raporu hazırlanmadan yeniden başlatıldığını, bu açıdan, projenin bitirilmesi halinde Akkuyu ve çevresini tehdit edeceğini ileri sürerek Nükleer Santral Projesinin durdurulması istemi ile dava açmışlardır.

Dava Adana 1. İdare Mahkemesi tarafından reddedildikten sonra aynı dernekler bu kez ilgili kararın usul ve yasaya aykırı olarak alındığını ileri sürerek bozulması istemiyle Danıştay'a başvurmuş, buna karşılık Danıştay'da mahkemenin red kararını aşağıdaki görüşlerle onaylamıştır:

- İlk aşamada Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından sadece yer Lisansı verilmiştir. Bu lisans bölgenin sismik, jeolojik vs. araştırmaları tamamlanıp gereken yer raporu hazırlandıktan sonra verilmiştir.

- Santral teknolojisi seçildikten ve kanun ve yönetmelikler hükümleri tümüyle yerine getirildikten sonra ikinci aşamada TAEK tarafından İnşaat Lisansı verilecektir.

- Öte yandan, Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Yönetmeliği uyarınca hazırlanacak olan ÇED Raporu İnşaat Lisansı alınması aşamasında hazırlanabilecektir.

- Tesisin tamamlanması ertesinde, Üçüncü aşama olarak TAEK tarafından İşletme Lisansı verilecektir.

Yukarıdaki görüşler neticesinde Danıştay, TEAŞ'ın uygulamalarının Çevre Mevzuatı yönünden Türk kanun, yönetmelik ve usulleri ile uyum içinde yürütüldüğü, dolayısıyla Akkuyu Nükleer Santral Projesi'ne devam edilmesi sonucuna varmış ve bu nedenle 27 Mayıs 1997 tarihinde daha önce Adana 1. İdare Mahkemesi'nin verdiği red kararını onaylamıştır.

### 3.5.2. Türkiye'nin Komşularındaki Nükleer Santraller

Ermenistan'ın Türkiye sınırına yalnızca 10 km uzaklıktaki Medsamor ve Bulgaristan'da bulunan Kozloduy nükleer santralleri, Türkiye için birer tehdit niteliği taşımaktadır. ABD Enerji Ofisi'nin yayınladığı raporda Medsamor ve Kozloduy santralleri Sovyetler Birliği'nin dağılmasından önce de faaliyette olan en tehlikeli dokuz nükleer santral arasında gösterilmişti. ABD Denetleme Kurumu (GAO) 1995 yılında hazırladığı raporda her iki santralında uzun yıllar kapalı kaldıktan sonra yeniden açıldığını ve özellikle Ermenistan'daki Medsamor'un deprem kuşağında bulunması nedeniyle büyük tehlike yarattığının altını çizmektedir. Medsamor'un 1988'de yaşanan depremde zarar gördüğü, reaktörün kaza anında sızıntıyı önleyebilecek çelik-beton kubbeye sahip olmadığı ve acil durumlarda ısıyı çekecek soğutma sistemlerinin yetersiz olduğu belirtilmektedir [15].

GAO'nun raporunda tehlikeli reaktörlerin yanı sıra nükleer atık depolama merkezlerine de değinilmektedir. Ermenistan ve Azerbaycan'ın birer tane nükleer atık depolama ve nükleer yakıt deposuna sahip oldukları raporun dikkat çeken noktalarında biridir. Türkiye'nin Karadeniz komşusu Ukrayna'nın 26 nükleer tesisi arasında 12 atık deposu ve üç nükleer araştırma merkezi bulunmaktadır [15].

TAEK Ermenistan ve Bulgaristan'da bulunan Rus yapımı, VVER-440 tipi bu santrallerle ilgili inceleme başlatarak, her iki ülkenin sınırlarına monte edilen 32 istasyon aracılığıyla Radyasyon Erken uyarı ağı kurmuştur [15].

Şekil 3.4'te Türkiye'nin etrafında bulunan nükleer santrallerin yerleri gösterilmiştir.

**Şekil 3.4. Türkiye'nin etrafındaki nükleer santrallerin yerleri [23]**



### 3.5.3. Nükleer Enerjiyi Savunanların Görüşleri

Bu bölümde nükleer enerjiyi savunanların görüşlerine yer verilmiştir.

#### **Nükleer atıklar diğer atıklardan daha risksizdir**

Nükleer Fizik Profesörü Bernard L.Cohen nükleer atıkların diğer atıklardan daha risksiz olduğunu söyleyerek şöyle devam ediyor; "Nükleer güç, riskli olduğu görüşü çok yaygın olduğu için reddediliyor; fakat bir riski anlamak için en iyi yol, onu bilinen diğer risklerle karşılaştırmaktır. Dolayısıyla bu karşılaştırmalar, kamuoyunun nükleer gücü anlaması için en iyi yoldur. Onlara anlatılan tüm o teknik gerçekler, ancak bu basit risk karşılaştırmalarını anladıkları takdirde önemsiz ve gereksiz kalır. Nükleer güç konusunda bilmeye ihtiyaç duydukları tek şey budur. Ancak nedense, bu gerçekler onlara hiç anlatılmamıştır. Basın bunlardan hiç bahsetmez; hatta nükleer yanılıları bile bunlardan ender olarak bahseder. Bunun yerine halka, aynı derecede korku saçmaya yarayan; anlamadıkları bir yığın teknik ve bilimsel ayrıntı anlatılıp durulur." [15]



“Bir nükleer santralin atıkları, termik santral atıklarından çok büyük iki farkla ayrılır. Birincisi, söz konusu miktarlar bakımından farklıdır. Nükleer atık ağırlık olarak 5 milyon kez; hacim olarak da milyarlarca kez daha küçüktür. Bir yıllık işleştikten çıkan nükleer atık, 1.5 ton ağırlığındadır ve hacimce 380 litrelik bir alanı işgal eder. Miktarları çok küçük olduğundan bu atıklar, benzer bir termik santralden yılda çıkan milyonlarca tonluk atık için asla söz konusu olmayacak bir itina ve yetkin bir yaklaşım ile ele alınır. İkinci büyük fark, nükleer atıkların yaydığı radyasyona bağlı olarak bir sağlıksal tehdit unsuru oluşturmalarına neden olan radyoaktiviteleridir. Oysa kömür atıklarının sağlığa yönelik başlıca tehditi, kimyasal aktivitelerinden kaynaklanır. Bu, nükleer atıkların daha tehlikeli olduğu anlamına gelmez. Birçok karşılaştırmada temel alınan yaklaşıma göre, bunun tersi doğrudur. Örneğin bir termik santralden bir günde yayılan tüm kirlilik insanlar tarafından solunsaydı, 1,5 milyon insan ölebilirdi ve bu, bir nükleer santral tarafından yutulması ya da solunması sonucu ortaya çıkacak rakamın 8 katıdır. Aslında dünyanın tüm elektriği nükleer güçle üretilse ve tüm atık da okyanusa atılsa, deniz canlıları için söz konusu radyasyon dozu, bugün doğal radyoaktivite yüzünden var olan dozun %1'i oranında bile olmayacaktır.” [15]

### **Nükleer enerji daha ekonomiktir**

Nükleer Mühendis Anıl Bekir Bölme nükleer enerjinin daha ekonomik olduğunu savunurken şunları söylemektedir. “Fosil yakıt kaynakları ekonomik olarak sınırlıdır. Zaten suların sadece elektrik üretimi için kullanılması düşünülemez. Çünkü sular ulaşım, ısıtma ve kimya endüstrisinde de önemli yerleri olan maddelerdir. Hidroelektrik ve diğer doğal kaynakların ise, sabit ve sınırlı kullanım alanları vardır. Hidroelektrik santralleri çok pahalı yapılardır ve ancak sulama, sel kontrolü gibi çeşitli fonksiyonları bir arada içerdikleri zaman ekonomik hale gelirler. Yer bağımlılıkları da ayrı bir sorundur. Kurulabilecekleri yerlerin endüstri bölgelerinden uzak olması sebebiyle, üretilen enerjinin önemli bir kısmı, aktarım sırasında kaybolur. Üstelik ülkemizin hidroelektrik üretim kapasitesi de dolmak üzeredir. Rüzgar, güneş, dalga enerjisi hâlâ üzerinde çalışmakta olan konulardır. Fakat bunların süresiz oluşu ve verimlerdeki düşüklük, şu anda bunlardan fazlaca bir fayda sağlanamaması sonucunu doğurmaktadır. Jeotermal enerji günümüzde kullanılan fakat oldukça kısıtlı bir enerji türüdür.” [15]

### **Nükleer atıkların yeraltı suyuna karışma riski çok düşüktür**

Doç. Dr. Okan Zabunoğlu nükleer atıkların yer altı suyuna karışma riskinin çok düşük olduğunu belirttikten şöyle devam ediyor; “Nükleer atıkların derin jeolojik oluşumlara gömülmesi konusunda en çok merak edilen konu radyoaktivitenin bir yolunu bulup tekrar yeryüzüne çıkıp çıkamayacağı konusudur. Bunun tek yolu, yeraltı suyunun deposuna ulaşmasıdır. Jeolojik oluşumu seçerken en fazla dikkat edilen noktanın, yeraltı suyuna olan uzaklık olduğunu hatırlatmak gerekir; en azından bin yıl boyunca bu oluşumlara yeraltı suyunun ulaşmayacağından emin olunabilir. Yine de yeraltı suyunun jeolojik oluşuma ulaştığı varsayılsa bile; önce yeraltı deposunu çevreleyen jeolojik ortamı ve sonra muhafazalar etrafındaki dolgu malzemesini (dolgu malzemesi kil olduğundan, ıslanıldığında şişerek suyun geçişini iyice zorlaştırır) geçmesi gerekir. Daha sonra metal muhafazayı ve metal silindiri aşmalı ve suda zor çözünür olması dikkate alınarak seçilmiş camı çözmelidir. Böylece nükleer atıklar yeraltı suyuna bulaşır. Nükleer atıkla kirlenmiş yeraltı suyu da aynı yollardan tekrar geçerek (bu sırada jeolojik ortamın ve dolgu malzemesinin bir filtre rolü oynayacağı da unutulmamalıdır) biyosfere ulaşmalıdır. Son olarak yeraltı suyunun son derece yavaş (ortalama 30 cm/gün) hareket ettiği ve yerin 1 km altından yeryüzüne çıkabilmek için kaya tabakaları arasında yaklaşık 80-100



km yol kat ettiğini (günde 30 cm'den 30 km gitmek 730 yıl alır) belirtelim. Tüm bunlara rağmen, atıklar, tehlikeli seviyede radyoaktivite içerdikleri süre içinde yeryüzüne ulaşmanın bir yolunu bulabilir mi? Belki de bulabilirler. Ancak diğer enerji üretim sistemlerinin atıkların yarattığı riskler göz önüne alındığında, burada söz konusu olan risk, yüzlerce kere, örneğin kömür yakmakla karşılaştırıldığında yaklaşık 1400 kez daha azdır." [15]

## **Nükleer enerji sera etkisi ve asit yağmurlarıyla baş eder**

Sera etkisinin ve asit yağmurlarının asıl nedeni kömür, petrol ürünleri ve gaz atıklarıdır; bunlarla baş etmek de ancak nükleer enerjiyle mümkündür. Radyoaktif atıkların toplanması, işlenmesi, taşınması ve denetimi, nükleer enerjinin başlıca yükümlülüğüdür. Atıklar kategorilerine göre (zayıf, orta, yüksek radyoaktif) sıkıştırılır, betonlanır, asfaltlanır veya camlanır. Geriye, depolama sorununun çözümü kalır. İlk iki kategori, temelde denetimli boşaltım merkezlerinden farklı olmayan merkezlere yerleştirilerek, 30 yıl boyunca denetim altında bekletilir. Son kategori jeolojik süreli (100.000 yıl veya daha uzun) radyoaktiflik dönemleri gerektirir. "Jeolojik set" denen derin yeraltı bölgesinde depolama, bunun en uygun çözümüdür. Fransa, Belçika, Almanya ve İsviçre gibi Batılı ülkelerde bu konuyu derinlemesine incelemek amacıyla yerin 200-800 m altında araştırma laboratuvarları kurmak üzere, değişik jeolojik yapıda (granüt, kül, şist, tuz) topraklar seçilmiş ve çalışmalara girişilmiştir. [15]

## **İnsanlar için Nükleer Enerjiden kaynaklanan radyasyon dozu yılda ancak 1 miliremdir**

Hacettepe Üniversitesinden Doç. Dr. Üner Çolak insanlar için Nükleer Enerjiden kaynaklanan radyasyon dozunun yılda ancak 1 milirem olduğunu belirttikten sonra şunları eklemektedir. "Dünyada doğal olarak bulunan radyoaktif izotoplar nedeni ile kişi başına düşen ortalama doz yaklaşık 26 miliremdir. Kozmik ışınlar nedeni ile alınan doz ise, 28 milirem düzeyindedir. Bunlardan korunmanın hiç bir yolu yoktur ve herkes yaşadığı yöreye bağlı olarak az ya da çok bu dozu alır. Doğal radyasyon dışında insanların maruz kaldığı en büyük radyoaktivite kaynağı ise tıbbi amaçlı röntgen ya da radyoterapidir. Göğüs ya da diş için uygulanan x-ışınları, yaklaşık 10 miliremlik doza karşılık gelir. Diğer organlar için bu daha da yüksektir. Nükleer silah denemelerinden kaynaklanan doz ise yıllık 4 ile 5 milirem düzeyindedir. Nükleer enerjiden kaynaklanan doz ise yılda 1 milirem civarındadır. Bu, reaktörlerin çalışması sırasında çevreye verilen radyasyonun yanında uranyum madenciliği, yakıt fabrikasyonu ve kullanılmış yakıt işleme tesislerinin yaydığı radyasyonu da kapsamaktadır. Yapı malzemelerinden yılda yaklaşık 7 milirem düzeyinde doz alınmaktadır. Uçak ile yerden yaklaşık 12 km yükseklikte yolculuk yapmak, kozmik ışınlar nedeni ile saatte yaklaşık 0.5 milirem doz alınması neden olur. Günde bir buçuk paket sigara içen kişinin alacağı yıllık doz, yaklaşık 8000 miliremdir. Termik santraller de küller ile birlikte doğaya radyoaktivite salarlar. Bunun bir örneği Yatağan'da yaşanmıştır. Çernobil kazası sonucu alınan radyasyon dozu ise, yere bağlı olarak değişim göstermektedir. Örneğin reaktör çevresinde 3 kilometre yarıçapında bir alan içerisinde alınan ortalama doz 3300 miliremdir. Alınan bu yüksek doz insanların kansere yakalanma toplam riskini yaklaşık %4 oranında artırır; %20'den %24'e çıkarmıştır. Kazanın diğer ülke insanları üzerindeki etkisi ise değişiktir. Örneğin kaza sonrası bir yıl boyunca Türkiye'de alınan en yüksek doz 59 milirem ve ortalama doz ise 15 miliremdir. Bu rakamların değerlendirilmesi için uluslararası kabul edilen standartlar ile gerekebilir. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) standartlarına göre, nükleer reaktör çalışanlarının yılda en çok 5000 milirem doz almasına izin verilebilir. Daha sonra yapılan değişiklik ile bu sınır son beş yılın ortalaması için yıllık 2000 milirem olarak önerilmiştir.

Nükleer reaktörlerin normal durumunda bu dozların yaklaşık onda birini sağlayacak çalışma koşulları sağlanmaktadır. Halk içinse, çalışanlara uygulanan ve ICRP tarafından belirlenen doz sınırlarının onda biri sınır olarak uygulanmaktadır.” [15]

### 3.5.4. Nükleer Enerji Karşıtlarının Görüşleri

Nükleer karşıtı hareketleri öncelikle iyi bir şekilde analiz etmek gerekir. Birinci tespit, nükleer karşıtlığının önce dünyada Nükleer Güç Santraline (NGS) sahip ülkelerde görülmeye başlamasıdır. Özellikle soğuk savaş ve sonrası yıllarda entelektüel çevrelerde felsefi ve siyasî akımların da etkisiyle genel olarak ileri teknolojiye, özel olarak yüksek teknolojinin bir ürünü olan nükleer enerjiye karşı bir tepki doğmuştur. Tepkinin kaynağında elektrik üreten NGS'ler ile nükleer silâh yapımının birbirini tamamlayıcı olarak görülmesi yer almaktadır.

İkinci tespit, özellikle kalkınmış ülkelerde toplumların hayatını derinden etkileyen teknolojik gelişmenin birçok yerde doğal çevrenin tahribi ve insan sağlığının göz ardı edilmesi pahasına gerçekleştirilmiştir. Bu durum, haklı olarak çevreci hareketlerin gelişmesine yol açmıştır.

Hiç kimse son 20 yılda gelişen çevreci hareketlerin gereksiz ve zararlı olduğunu iddia edemez. Nitekim, insanlık bu duyarlılığa gözlerini kapamamış, Birleşmiş Milletler bünyesinde teşkilâtların (Birleşmiş Milletler Çevre Programı - UNEP) oluşturulmasında olduğu kadar, ulusal düzeyde "çevre bakanlıklarının" kurulması, "çevre etki değerlendirmenin" zorunlu hâle getirilmesi gibi pek çok faydalı teşebbüs hayata geçirilmiştir. Bu arada, birçok yararlı girişimde görüldüğü gibi çevreci hareket içinde de işi aşırıya götüren, çevre uğruna her türlü teknolojiyi reddeden hareketler de ortaya çıkmıştır.

Üçüncü tespit, NGS'leri doğuran nükleer teknolojinin geniş halk kitlelerinin kolaylıkla anlayamayacağı kadar karmaşık ve belirli düzeyde bilgi gerektiren bir konu olmasıdır. Yerleşmiş basit bilgileri söküp atmak kolay olmamaktadır.

Dördüncü tespit, insanların özellikle NGS'lerin kaza yapacağı ve kaza sonucunda hem kendisini, hem de soyunu tehdit altına sokacak radyasyona mâruz kalacağı korkusunun büyük bir rol oynadığıdır.

İnsanlar içgüdüsel olarak beş duyuları ile algılayamadıkları şeylerden korkarlar. Bir de buna beş duyuyla fark edilemeyen radyasyonun belirli dozları aşması durumunda kendisini ve insanların soyunu etkileyebilecek olan zararlı etkilerinin olduğu bilgisini eklerseniz korkunun artması doğaldır. Bir başka deyişle, nükleer uzmanlar konu hakkında bilgisi olmayan insanlara "NGS'ler kurulursa daha ucuza elektrik üretileceği, refahının artacağını" söylerken, nükleer karşıtları aynı insanlara "NGS kurulur da bir kaza olursa, veya normal çalışırken bile çıkan radyasyon seni ve çocuklarını öldürür, kanser yapar, kısırlaştırır..." derlerse hangisi daha etkili olur?

Psikologlar insanları etkileyen en önemli etmenin öncelikle "kendi hayatı ve soyunun devamı" olduğunu söylerler. Önce kendi hayatını ve soyunun devamını garantiye alan insan giderek daha iyi beslenmek, daha iyi giyinmek, barınmak, refah, zenginlik lüks ister.

Beşinci tespit, başka ülkelerde de görülen ama özellikle Türkiye'de bazı kişilerin "nükleer karşıtlığını" bir kariyer edinme, siyasî görüşlerini yansıtmaya, şöhret olma, çevre edinme, psikolojik tatmin hâline çevirmiş olmasıdır. Bu tür kişilerle tartışmanın, özellikle tarafsız dinleyici kitlesi önünde münakaşa veya münazaraya girmenin hiçbir faydası olmamaktadır.

Bu arada nükleer enerjinin de kendine özgü sorunları vardır. Unutulmaması gereken husus, nükleer teknolojinin en yüksek düzeyde bilimsel veri, kalite kontrolü ve güvencesi kullanmasıdır. Dolayısıyla bu sorunlar üzerine soğukkanlılıkla ve bilimsel veriler ışığı altında gidildiğinde çözümler de kolaylaşmaktadır.

Aşağıda nükleer enerji karşıtlarının görüşlerine yer verilmiştir.

Nükleer atık sorununa çözüm bulunamamıştır

Prof. Dr. İnci Gökmen Hürriyet gazetesinin 5 Haziran 1998 tarihli sayısında nükleer atık sorununa çözüm bulunamadığını söylemiş ve şunları eklemiştir. "Henüz hiçbir ülke, nükleer atık sorununa çözüm bulamamıştır. Yüksek oranda radyasyon içeren kullanılmış nükleer yakıt çubuklarının nasıl saklanacağı halen çözümlenmemiştir. Saklanması için üç seçenekten biri tercih edilmektedir. Uranyum ve plütonyumun geri kazanılarak yeniden yakıt olarak kullanılması, atık yakıtın derin jeolojik oluşumlarda depolanması ve bu iki durumdan birine karar verinceye kadar, kararın ertelenmesi. Atığın tekrar kazanım teknolojisi son derece karmaşık olup büyük bir yatırım gerektirmektedir. Dünyada beş ülkede; Fransa, Hindistan, Japonya, Rusya ve İngiltere'de geri kazanım tesisleri vardır. ABD ve diğer ülkeler ise arıtmadan, doğrudan saklama yöntemini kullanıyorlar. ABD'de nükleer enerji santrallerinden 30 bin ton, nükleer silah yapımından ise 380 bin metreküp nükleer atık birikmiştir. ABD Enerji Bakanlığı, sadece seçilen yerin radyoaktif atıklar için uygunluğunu araştırmaya 1,7 milyar dolar harcamıştır." [15]

Nükleer Mühendis Prof. Dr. Tolga Yaman nükleer enerjiyi savunanların şöyle dediklerini ifade etmiştir: "Nükleer kazalar, özellikle de Çernobil çok fazla önemsenmeye değmez. Bir diğer yandan bizdeki kökten-nükleercilerin, sorgusuz sualsiz benimsedikleri UAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) vesaire, çeşitli ulusların, nükleer çıkarlarını savunma işlevindeki kuruluşların propagandasından, kendilerini alamayıp, dünyayı sarsan nükleer kazaları, neredeyse arada bir olmalarının faydasını savunabilecek kadar kendilerinden geçerek, küçümseme yaklaşımından geri durmadıklarını, hayretler içinde izliyoruz. Çernobil kazasını, yapıldığını izlediğimiz şekilde, sırf nükleer enerji üretiminin ne kadar "iyi" olduğunu, olumsuz her şeye gözünü kapayıp, holiganca savunmak üzere, onca küçümsememek için, gerçekten ya vicdansız ya da işte hasta bir atom fanatığı olmak gerekir." [15]

Nükleer endüstrinin "sivil" ve "askeri" kullanımı gerçekten de bir madalyonun iki yüzüdür

Greenpeace Akdeniz Ofisinden Melda Keskin Nükleer endüstrinin "sivil" ve "askeri" kullanımı gerçekten de bir madalyonun iki yüzüdür diyerek şunları dile getirmektedir. "11 ve 13 Mayıs'ta toplam beş nükleer bomba denemesi yapan Hindistan, bu nükleer maceraya ilk kez 1960'ta, Kanada'dan aldığı bir nükleer reaktör ile atılmıştı. Reaktörün yakıtı da Kanada ve ABD'den geliyordu. ABD ve Fransız firmaları, 1966'da plütonyum ayrıştırılmaya başlayan pilot ölçeğinde yakıt yeniden işleme tesisi yapmasına yardım ettiler. Bu tesisten gelen plütonyum, 1974'de ülkedeki ilk atom bombası denemesinde kullanıldı. Hindistan'ın uranyum zenginleştirme tesisi ve 10 nükleer reaktörü var. İlginçtir ki tüm elektriğinin yüzde 2'sini bile sağlamıyor. Ayrıştırılan plütonyum miktarının 1995'e kadar 400 kilografa, yani yaklaşık 65 atom bombası yapabilecek miktara ulaştığı tahmin ediliyor. Nükleer endüstrinin "sivil" ve "askeri" kullanımı gerçekten de bir madalyonun iki yüzüdür ve her ikisi birden insanlığı tehdit etmektedir." [15]

### 3.5.5. Çernobil Kazası ve Sonuçları

Çernobil kazasının insanlarda çok ciddi bir psikolojik travma yarattığı bir gerçektir. İnsanların hafızasında yer eden, onları kendileri ve soylar için endişeye sevk eden bu ciddi kazanın dünyanın birçok yerinde kamuoyunu, dolayısıyla karar verici konumundaki hükümetleri etkileyerek NGS yapımını engellediği de bir gerçektir. Ancak kamuoyuna Çernobil kazası konusunda doğru bilgileri zamanında veren ülkeler halkı saran anlamsız korkuyu kısa sürede bertaraf etmeyi başarmışlardır. Bunun en açık örneği Finlandiya'dır. En az Türkiye kadar Çernobil kazasından etkilenmiş olan Finlandiya'da kamuoyu, mevcut 4 NGS'ye ilâveten beşinci NGS'nin inşa edilmesine hiçbir itirazda bulunmamış, dahası nükleer atıklar için nihâî gömü yeri açılması için de yeşil ışık yakmıştır. Çünkü halk Çernobil'deki kazanın kendi ülkesindeki reaktörlerde tekrarlanamayacağını, Çernobil'deki reaktörün (RBMK tip reaktör) benzerinin dünyada eski-SSCB dışında hiçbir yerde bulunmadığına ve yenisinin de inşa edilmediğini gayet iyi öğrenmiştir. RBMK tipi reaktörlerden hâlen 15 tanesi Rusya Federasyonu'nda, 2 tanesi de Litvanya'da çalışır durumdadır (Litvanya'daki 2 RBMK 2005 ve 2009 yıllarında kapatılacaktır). 1986 yılından (yani Çernobil kazasından) sonra gerçekleştirilen nükleer güvenlik iyileştirmeleri sayesinde mevcut RBMK'ların hiçbiri Çernobil gibi bir tehdit oluşturmamaktadır. Üstelik Çernobil'deki reaktör kurulacak reaktörler için hiçbir zaman bir model de olmamıştır.

Peki, nükleer güvenlik uzmanlarına rağmen neden Çernobil kazası meydana gelmiştir? Nükleer güvenlik uzmanları bir reaktörün işletilmesi için ortaya kurallar koyarlar. Reaktör işleticisi (operatör) bu kurallara kesinlikle uymak zorundadır. Çernobil kazasının olduğu dönemde o zamanki SSCB'de mevcut rejim içinde reaktör işletmesinin dışından bir kişi gelerek, operatörün bütün itirazlarına rağmen reaktör çalışırken bir deney yapmak istemiş ve bunu rejim içindeki konumunu kullanarak zorla kabul ettirmiştir.

Yani benzetme uygun gelirse, olay tıpkı kaçırılan bir uçakta kaçırılan korsanın pilota rağmen uçağı kendi kontrolüne alarak bir yere düşürmesine benzemektedir. Kısacası Çernobil olayı, bazı nükleer karşıtlarının telkin etmeye ve halkı korkutmaya çalıştıkları gibi "reaktörün normal çalışması sırasında meydana gelmiş değildir".

Şu an yapılan NGS'lerde her türlü insan hatâsını sıfıra indirgeyecek "kendiliğinden güvenli" sistemler yerleştirilmektedir.

Çernobil'in maliyeti 14 milyar dolar

Prof. Dr. Osman K. Kadiroğlu ve Doç. Dr. Cemal Niyazi Sökmen'e göre Çernobil'in maliyeti 14 milyar dolar. Kadiroğlu ve Sökmen şunları söylemektedirler; "Normal işletme sırasında çevreyi hemen hiç kirliletmeyen nükleer santrallerin en korkulan yönü, bir kaza sonrasında çevreyi temizlenemez şekilde kirliletme olasılıklarıdır. Nükleer teknolojinin elli yıla yakın kullanım süresi içinde iki önemli reaktör kazası olmuştur. Bu iki kaza birbirinin çok benzeri olmasına rağmen sonuçları ve çevreye etkileri birbirinden son derece farklıdır. Güvenlik felsefesi önemsenen ülkelerin tasarımlarından biri olan Three Miles Island reaktöründe, tahmin edilen en büyük kaza gerçekleşmiş; fakat reaktör çalışanları dahil hiç kimse, öngörülen miktarlardan fazla radyoaktiviteye maruz kalmamıştır. Çok pahalı bir deney olarak kabul edilebilecek bu kaza sonunda nükleer reaktör güvenliği sınavdan geçmiş ve başarılı olmuştur. Diğer taraftan nükleer güvenlik felsefesine önem vermeyen, iyi tasarlanmamış bir nükleer reaktörün iyi işletilmemesinin sonuçlarının ne denli acı olduğunun kanıtı da Çernobil

kazasıdır. Bu kaza, nükleer teknolojiden kaçan ülkelerin bile, istemedikleri halde nükleer kazaların zararlarına katlanmak zorunda olduklarının da bir göstergesidir. Nükleer reaktörlerin maliyetinin yüksek olması, bazı ülkelerin nükleer enerjiden uzak kalmalarının başka bir nedenidir. Gerçekleşme olasılığı her yüz bin reaktör yılı işleyişte bir olan kazanın etkilerinin getirdiği maliyet, 200 milyar dolar civarında ise, reaktör başına bu maliyet yılda 2 milyon dolar civarındadır. Yani düşük olasılığa sahip böyle bir kazanın getirdiği bir yıllık mali risk, elektrik maliyetinin %1'i kadar olmaktadır. Three Mile Island kazasının yol açtığı dış etkilerin maliyetinin 26 milyon dolar, Çernobil kazasının toplam maliyetinin ise 14 milyar dolar dolayında olduğu tahmin edilmektedir.” [15]

Yeni patlamalar olabilir

Nükleer Fizikçi Prof. Dr. Hayrettin Kılıç 26 Nisan 1998 tarihli Cumhuriyet Gazetesinde Çernobil'de yeni patlamaların olabileceğini ifade etmiş ve eklemiştir; “Çernobil'deki 4 No'lu reaktörde 1986 yılındaki kazadan sonra geri kalan enkazda hâlâ yaklaşık 30 ton U-235 ve yarım ton P-239 içeren reaktör kuru bulunmaktadır. Kazadan sonra geriye kalan nükleer yakıtlar ve atıklar her an kritik kütleyle ulaşıp yeni patlamalara neden olabilir. Yetkililer enkaz halinde ayakta duran reaktör binasının her an çökme tehlikesi ile karşı karşıya olduğunu bildirmektedirler. Son yapılan araştırmalara göre, alçak dozlu radyasyonun sanılanın aksine insan vücuduna zararlı olduğu saptanmıştır. Nükleer santrallerin yakınında yaşayanlarda görülen yüzde 400'lük kanser vakası artışları, normal olmayan doğumlar; yaygın lösemi hastalıkları bunun bilimsel ispatı olarak gösterilmiştir.” [15]

### 3.5.6. Değerlendirme

Dünya ve bununla birlikte teknoloji hep bir gelişme içinde olmuştur. Gelişen teknoloji ve ortaya çıkan yeni araç ve gereçler beraberinde hep belirli bir tehlikeyi ve riski de getirmişlerdir. Elektriğin bulunması ile hayatımızda bazı şeyler ne kadar kolaylaştıysa bunun yanında elektrik çarpmaları sonucu ortaya yaralanma ve ölümler de kaçınılmaz olarak ortaya çıkmıştır.

Hayatımızı kolalaştıran ve bizleri çağdaş ve uygar çevreye getiren teknolojilerin hepsi beraberinde az çok belirli tehlike ve riskleri de getirmişlerdir. Hiçbir tehlikesi, doğaya zararı olmayan teknolojik bir gelişme hemen hemen yok gibidir.

Nükleer santrallerde bu çerçevede değerlendirilmelidir. Nükleer santraller bizlere ucuz ve sürekli enerji sağlamakla birlikte beraberinde bazı riskleri de taşımaktadırlar. Ancak bu tehlikeleri kontrol altına almak ve tutmak mümkün olmaktadır.

Diğer bir değerlendirme açısı da bir ülkedeki enerji kaynaklarını mümkün olduğunca çeşitlendirmenin gerekliliğidir. Belirli ve sınırlı kaynakların yanı sıra, alternatif ve sınırsız enerji kaynakları mutlaka denenmeli ve kullanılmalıdır. Bu, gelecekte enerji sıkıntılarının önlenmesi ve belirli kaynaklara bağlı olmanın verdiği sıkıntıları ortadan kaldırılabilecektir. Türkiye'de bir nükleer santral kurulması, buranın yapımında ve işletilmesinde yer alacak Türk işgücü sayesinde ülkemizin yeni bir teknoloji ve bilgi birikimi sağlayacaktır. Güçlü ve önder olmak isteyen ülkeler tüm teknolojileri bilen ve bunları uygulayabilen ülkeler olmak zorundadır. Bu açıdan da, yapılacak bir nükleer santral ülkemizin teknolojik gelişimine katkıda bulunacaktır.

Enerji Bakanlığı, bu doğrultuda doğalgaz sevkiyatında yaşanabilecek aksamalar dolayısıyla yer altı deposu projesini biran önce hayata geçirmeyi hedeflemektedir. Tuz gölünün altına yapılacak

Türkiye'nin ilk yer altı doğalgaz deposu için Temmuz ayında ihalenin yapılması planlanmaktadır. Rusya'nın enerji devi Gazprom da Tuz gölü yer altı deposu yapımıyla yakından ilgilenmektedir.

Çevremize ve gelişmiş ülkelere baktığımızda bu teknolojiye yaygın olarak yararlandıklarını görmekteyiz. Rusya Federasyonunda 33 adet, Ermenistan'da 1 adet Bulgaristan'da 4 adet, İran'da 2 adet, Romanya'da 2 adet, Ukrayna'da 17 adet nükleer santral bulunmaktadır [23]. Komşularımız açısından biz ülke olarak zaten nükleer tehlike riski ile karşı karşıyayız.

Gelişmiş ülkelere baktığımız zaman da durum pek farklı değil. Fransa'da 59 adet, Almanya'da 18 adet, Japonya'da 56 adet, ABD'de 104 adet nükleer santral bulunmaktadır [23]. Görüldüğü gibi güçlü ülke olmanın yolu ucuz ve sürekli enerji kaynaklarına sahip olmaktan geçmektedir. Bunun bir yolu da nükleer santrallere sahip olmaktır.

Prensip olarak birbirine çok benzeyen termik santrallerle nükleer santraller arasında çok önemli farklar vardır. Öncelikle nükleer santraller, termik santrallerde olduğu gibi dışarı CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gibi gazlar salmaz kül bırakmazlar. Bundan dolayı çevreyi kirletmedikleri de söylenebilir. Ancak nükleer reaktörden çıkan kullanılmış yakıt yüksek radyoaktiviteye sahip bir çok madde içerir. Yüksek aktiviteli bu nükleer atıkların çevreye ve insana zarar vermeden tasfiye edilmesi çok önemli bir problemdir. Bu atıkların dış ortamla irtibatı telafisi mümkün olmayan sorunlara yol açabilir. Bu konudaki en büyük gelişme nükleer atıkların yeryüzünün 500 ile 1200 m altında inşa edilen özel depolara gömülmesidir.

Yeraltında gömülü olan nükleer atıkların yeryüzüne çıkmasını sağlayacak tek mekanizma yeraltı suyuyla teması olacaktır. Bunun için atıkların gömüleceği yer seçiminde jeolojik ve çevresel faktörler dikkate alınır. Ayrıca, bu atıklar yüksek sıcaklıkta cam eriyiği ile karıştırılıp metal silindire için boşaltılır ve soğuduğunda camı bir yapı oluşturur. Cam suda çözünmeyen, uygun mekanik özelliklere sahip bir malzeme olduğundan yer altındaki nükleer atıkların yeryüzüne çıkma ihtimalini daha da azaltmaktadır. Aslında nükleer atıkların tehlikesi, kurşun, cıva ve arsenik gibi zehirli atıklara kıyasla daha azdır. Çünkü, nükleer atıkların radyoaktivitesi zamanla azalırken zehirli atıklar çevreye atıldıkları ilk günkü gibi kalırlar.

Gelişmiş ülkeler enerji doygunluğuna ulaştıkları ve artık enerji yoğun teknolojilerden katma değeri yüksek bilgi yoğun teknolojilere geçtiklerinden enerji artışlarını yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılayabilmekte ve yeni nükleer santral yapımına gitmemektedirler.



## 4. ENERJİ ÜRETİMİNDE ÇEVRESEL ETKİLER

"Hidroelektrik santraller" barajlarda suların birikmesi ve bu suların kontrollü bir biçimde akıtılması ile turbojeneratör denilen makineler aracılığıyla elektrik üretirler. Petrol ürünlerinin ya da kömürün yanması ile elde edilen ısının gene turbojeneratörler aracılığıyla elektriğe dönüştürülmesi "termik santraller"in prensibidir. Rüzgâr santrallerinde ise rüzgârın pervaneli bir motoru döndürmesiyle elektrik üretilir. Nükleer santrallerde ise uranyum atomlarının kontrollü bir şekilde parçalanmasıyla ortaya çıkan ısı enerjisinin su, helyum gazı ya da eriyik metal gibi bir akışkanı yüksek sıcaklıklara taşıyıp bunun ısısını ısı eşanjörleriyle ikinci bir su devresine intikal ettirmek suretiyle oluşan buharın turbojeneratörlerden geçirilmesiyle gene elektrik enerjisi üretilir [13].

Burada dikkat edilmesi gereken şudur ki dünyada daha çok konvansiyonel enerji kaynakları, yâni: petrol ürünleri, kömür, odun, hidroelektrik ve nükleer kaynaklar egemendir. Bu konvansiyonel kaynaklardan istifa etmek suretiyle elektrik üretilirse bu elektriği, ister sanayii uygulamalarında ister domestik kullanımlarda olsun, 1) kontrollü bir şekilde, 2) istenilen düzeyde ve 3) istenilen zaman süresince üretilebilir [13].

Güneş enerjisinden hareket edilerek elektrik üretimi kontrol edilemez. Çünkü Güneş doğarken ve batarken güneşin ışınlarının etkisi daha azdır. Ancak Güneş zirvede iken, yani öğle vakti bu etki maksimumdur. Bu sebeple güneş enerjisi kontrollü bir şekilde değil, âdetâ Güneş'in istediği şekilde üretilebilir. Güneş batınca enerji üretimi de durur. Güneş enerjisinden geceleyin de yararlanmak isteniyorsa, gündüzün üretilen bu enerji bugünkü teknolojik imkânlarla ancak akümülatörler aracılığıyla depolanabilir. Akümülatör sanayii ise hem asit sülfürik sanayiine hem de kurşun sanayiine dayanır. Asit sülfürik ve kurşun sanayiileri ise bugün çevreyi en fazla kirleten sanayi türleridir [13].

Rüzgâr enerjisi de güneş enerjisi de, enerji kaynakları olarak, bugünkü konvansiyonel enerji kaynaklarının yerini tutmamaktadırlar. Hiç kuşkusuz bunlardan da yararlanmak lâzımdır. Ancak bugünkü teknolojik imkânlar ile tüm dünyanın elektrik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlamak mümkün görünmemektedir [13].

Türkiye yaklaşık 8.800 km'lik bir kıyı şeridine sâhip olup rüzgârın da, enerji üretiminde, en verimli olduğu yerler kıyı şerididir. Eğer kıyı şeridinde her kilometrede bir, 600 kilovatlık nominal bir güce sâhip bir rüzgâr santrali kurulursa, bunların bugünkü geçerli toplam mâliyeti yaklaşık 5,5 milyar dolar eder. Fakat rüzgâr santrallerinin, rüzgârın bir yerde hep aynı şiddette ve sürekli esmemesinden ötürü, ancak yüzde yirmi civârında bir verimleri vardır. Yâni 600 kilovatlık bir nominal güce sâhip olan bir rüzgâr santrali aslında sürekli çalışan 120 kilovatlık bir motora eşdeğerdur. Buna göre 8800 rüzgâr santralinin bir yılda üretebileceği elektrik ancak 1056 megavat-elektrik'lik bir nükleer santralin bir yılda üreteceği elektrik kadardır. Halbuki 1000-1100 megavatlık-elektrik gücündeki bir nükleer santral en fazla 3 milyar dolardır. Yâni rüzgâr santralleri nükleer santrallerle karşılaştırıldığında yatırım bakımından hiç de kârlı değildirler. Bir nükleer santral devamlı şekilde, senenin her günü ve aynı tempo ile çalışır. Rüzgâr santrali öyle değil. Rüzgârın şiddetine göre bir azalır, bir çoğalır. Bir rüzgâr santralinin ömrü 20 senedir, bir nükleer santralin ömrü ise 40 senedir. Bütün bunlar hesaba katıldığı takdirde gerek rüzgâr enerjisinden ve gerekse güneş enerjisinden elektrik üretmeye yönelik santrallerin muhakkak kullanılmaları gerektiği, fakat bunların çevre dostu olmakla birlikte konvansiyonel enerji kaynakları ile birlikte kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır [13].

Büyük barajlar ortalama 40-50 sene dayanmaktadırlar. Barajlara sularla birlikte gelen kum ve çakıllar, barajların dolmasına ve kullanılamaz hale gelmesine vesile olurlar. Türkiye'de daha akarsulardan istifade edilebilmesi için 20-25 bin megavatlık bir hidrolik potansiyel mevcuttur. Akarsular Türkiye'nin elektrik enerjisi ihtiyacının tümünü karşılayabilecek bir kaynak değildir. Bunun muhakkak başka enerji kaynaklarıyla takviye edilmesi lazımdır [13].

Türkiye'deki sadece bugün tespit edilmiş 380 bin ton toryum rezervi, bizce Türkiye'nin 400-500 senelik elektrik ihtiyacını temin edebilecek büyüklüktedir. Türkiye'de halihazırda tespit edilmiş 10 bin ton Uranyum vardır. Ancak bu değerler sistematik bilimsel araştırmaların neticesinde elde edilmiş değerler değildir. Türkiye'de en az 1 milyon ton toryum bulunduğu tahmin edilmektedir. 1 milyon ton toryumun bulunduğu yerde de en az 150-200 bin ton Uranyum cevheri bulunacaktır [13].

Bu rakamlar Türkiye'nin nükleer enerji kaynağı bakımından çok müsait bir ülke olduğunun ilk belirtileridir. Dolayısıyla hükümetin 1) bunun üzerine gitmesi, 2) gerek toryum, gerekse uranyumun çok geniş bir şekilde araştırılmasının sağlanması ve 3) Türkiye'nin kendisine mahsus uzun vâdeli bir nükleer enerji politikasının tespit edilmesi gerekir [13].

Türkiye genç bir nüfusa sahip, dinamik ve durmadan sanayileşen ve de doğurgan bir ülkedir. Nüfusu her yıl % 1,7 civârında artmaktadır. Bu sanayileşme sürecinde elektrik enerjisine çok ihtiyacı vardır. Her sene elektrik enerjisi ihtiyacı bir önceki yıla oranla yüzde 6 ile yüzde 14 oranında artmaktadır. Bu artış her sene yüzde on oranında artsa, yedi sene sonra elektrik enerjisi ihtiyacı ikiye katlanmış olacaktır. Bugün Türkiye'nin kurulu elektrik gücü 28 bin megavat kadardır. Eğer yıllık ihtiyâç her yıl yüzde on artarsa 7 yıl sonra yâni 2011 yılında kurulu gücün 56 bin megavat olması gerekecektir [13].

Amerika, Kanada, Japonya, İngiltere ve Avrupa'daki diğer ülkelerin ihtiyaçları Türkiye kadar fazla artmamaktadır. Çünkü onların nüfusu Türkiye gibi artmıyor. Ayrıca bu ülkelerde endüstriyel gelişme hemen hemen satürasyona yaklaşmış bulunmaktadır. Onlarda elektrik enerjisi ihtiyacı seneden seneye yüzde 0,5 ilâ 1,5 arasında değişiyor. Bundan dolayı Türkiye'den çok farklı ülkelerdir [13].

Termik enerji santrallerinin aksine nükleer santraller, atmosfere, sera etkisine katkıda bulunan karbondioksit gazı ya da asit yağmurlarına yol açan sülfüroksit ya da azotoksit gazları salgılamazlar. "Batı Anlamında Nükleer Güvenlik Doktrini"ne uygun olarak inşa edilen nükleer santrallerde Çernobil kazâsı gibi bir kazâ olsa dahi çevre radyoaktif kirlenmeye mâruz kalmaz. 1979 yılında Chicago'daki Three Miles Island nükleer reaktörü bu doktrine uygun olarak ve bütün reaktör 1-1,5 metre kalınlığında betonarme bir koruma kabının içinde olacak şekilde inşa edilmiş olduğundan vuku bulan Çernobil tipi bir kazâda personelin bu koruyucu kabın dışına çıkıp kapısını kapatmasıyla bütün radyasyon bu koruma kabının içinde ilânihâye hapsedilmiş ve kimse de radyasyon dolayısıyla ölmemiştir. Çernobil reaktöründe ise böyle koruyucu bir kap olmadığı için radyasyon çok geniş alanlara yayılabiliştir [13].

Türkiye nükleer enerjiye geçtiğinde iki şeye dikkat etmesi lazımdır. Birincisi alınan nükleer santralin Türkiye'nin menfaatine uygun olmasıdır. Yâni kısa bir süre sonra Türk mühendislerin bu santralin



önemli bir bölümünü kendilerinin yapabilmesini sağlayacak reaktör tipinin seçilmesi lâzımdır. Dikkat edilmesi gereken ikinci husus ise Türkiye'nin Toryum rezervinin de nükleer santrallerde kullanılabilir olmasıdır [13].

Ülkemizde, Çevre Kanunu Ağustos 1983'te yürürlüğe girmiş olup, konuyla ilgili ilk yönetmelik olan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) Kasım 1986'da, Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ise 7 Ekim 2004 tarihinde yayınlanmıştır. Linyite dayalı termik santrallerin birçoğunun yapım kararı, Çevre Kanunu ve ilgili yönetmeliklerin henüz yayınlanmamış olduğu 1974-1984 yılları arasında verilmiştir [2].

## 4.1. FOSİL YAKITLI SANTRALLERİN SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLAR

Elektrik üretiminde en önemli çevre sorunları termik santrallerden özellikle, linyite dayalı santrallerden kaynaklanmaktadır [2]. Termik santraller yakılan çeşitli fosil yakıtlardan (kömür, fueloil, doğalgaz v.b.) elde edilen ısı (enerji) ile suyun ısıtılarak yüksek basınçlı buhar haline dönüştürülmesi ve buhar vasıtasıyla elektrik jeneratörlerinin çok hızlı şekilde döndürülerek, jeneratörlerdeki magnetlerden oluşan elektrik impulslarının yoğunlaştırılması sonucu elektrik enerjisi üretimi esasına dayanır [8]. Genelde kömür yataklarına yakın inşa edilirler [7].

Termik santraller linyit kömürünün çıkarılmasından, yakılan kömürün oluşturduğu külün depolanmasına kadar geçen birbirine bağımlı birçok prosesle çevrelerinde önemli çevre kirliliği oluşturdukları gibi bu kirlilikten insan, hayvan ve bitkiler de etkilenmektedir [8]. Teknolojik makine ve ekipman dışında yerli olması, dışa bağımlı olmaması, kullanılmayan kömürün ekonomiye kazandırılması avantajlarının yanında kömürün yakılması ile insan sağlığını etkileyen, küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına sebep olan CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> gazlarının açığa çıkması gibi dezavantajları vardır [7]. Termik santrallerin oluşturduğu çevre kirliliği hava, su ve toprak kirliliği olmak üzere üç grupta incelenebilir [8].

### 4.1.1. Hava Kirliliği

Termik santral reaktöründe toz halindeki linyit kömürünün yanması sonucu kömürde bulunan mineral maddeler yanmayıp uçucu kül olarak reaktörü terk etmektedir. Reaktör çıkışında bulunan elektro filtreler normalde tozların % 99,4'ünü arıtabilmektedir. Ancak her termik santralde bakım ve onarım çalışmaları nedeniyle bir ünite devamlı yedekte bekletilir. Çalışma süresini dolduran ve rutin onarım çalışmaları yapılacak ünitelerin yerine yeni ünite devreye alınır. Yeni ünitelerin ilk devreye alınmaları esnasında teknik nedenlerle elektro filtreler bir müddet çalıştırılmazlar. Bu esnada baca dumanındaki uçucu küllerin atmosfere verilmesi sonucu önemli bir hava kirliliği oluşur. Uçucu küller baca dumanı ile havaya yayılarak ağırlıklarına ve atmosferik olaylara göre bacadan itibaren belirli mesafelerde yere çökerler. Bu esnada içerdikleri Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikleri de baca dumanındaki SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazlarının toksin etkisini artırır ve asit yağmurlarına dönüşmesinde katalizör etkisinde bulunurlar [8].

Ayrıca, termik santrallerde kömürün yanması sonucu reaktörün iç sıcaklığı normalde 880-11500C arasındadır. Bu sıcaklıkta kömürün ana bileşenleri olan Karbon (C), Hidrojen (H) ve Oksijen (O) ile tali bileşenleri olan Kükürt (S) ve Azot (N) gibi maddeler oksitlenerek baca dumanına geçer. Böylece baca dumanında Karbon monoksit (CO), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), ve Hidrojen (H<sub>2</sub>) ile kömürdeki S ve N oranına bağlı olarak Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve Azot (N<sub>2</sub>) gibi gazlar oluşmaktadır. N<sub>2</sub> çok atıl ve zor reaksiyon veren bir gaz olmasına rağmen reaktör sıcaklığının 950°C'nin üzerine çıkması durumunda sıcaklığın etkisiyle oksijenle reaksiyona girerek NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O gibi zararlı gazlara dönüşebilmektedir. Böylece baca gazında SO<sub>2</sub>'nin yanında NO<sub>x</sub>'ler de oluşmaktadır [8].

Termik santrallerin oluşturduğu hava kirliliği ormanların yanında çok geniş alanlarda tarım alanlarını da çeşitli şekillerde etkilemektedir. Santral bacalarından çıkan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve partikül maddelerin etkisi sonucu büyük alanlarda birçok tarla bitkisi, meyve ağacı ve zeytinlerde meyve verimi önemli ölçülerde düşebilmektedir [8].

Yerli linyitlerin kükürt içeriklerinin yüksek ve ısı değerlerinin düşük olması nedeniyle, linyite dayalı termik santrallerden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonlarının yüksek olması Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde (HKKY) verilen sınır değerlerin aşılması, önlem alınmasını gerektiren en önemli çevre sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yerli linyitlerin kükürt içeriklerinin yüksek ve ısı değerlerinin düşük olması nedeni ile SO<sub>2</sub> emisyonlarının çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin azaltılması ve HKKY'de verilen SO<sub>2</sub> emisyonları sınır değerinin aşılmaması için linyite dayalı ve konvansiyonel teknoloji ile tesis edilmiş bulunan, mevcut termik santrallere Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) tesislerinin kurulması zorunlu olmaktadır.

Ülkemizdeki linyite dayalı Termik santrallerde kullanılan linyitlerin, kül ergime sıcaklıklarının düşük olması nedeni ile yanma odası sıcaklığının düşük tutulması ve teğetsel yakma tekniği seçilmesi nedenleri ile düşük miktarda NO<sub>x</sub> oluşmakta ve HKKY'de verilen sınır değerlerin altında kalınmaktadır [2].

Doğalgaz kombine çevrim (DGKÇ) santrallerinde ise yanma sıcaklığının ve yanma sırasında kullanılan hava miktarının yüksek olması nedenleri ile NO<sub>x</sub> oluşumu yüksek olabilmektedir. Ancak, özel yakma sistemleri kullanılarak yakıt/hava oranı kontrol altına alınabilmekte ve NO<sub>x</sub> oluşumu istenilen düzeyde tutulabilmektedir [2].

Termik santrallerde kullanılan linyitlerin kül içeriklerinin yüksek olmasından dolayı, kömüre dayalı tüm santraller elektro filtrelerle teçhiz edilmişlerdir. Yeni santrallerde elektro filtre verimlilik değerleri %99,9'lara varmakta, eski santrallerde ise HKKY'deki toz emisyon sınır değerini aşmamak için rehabilitasyon çalışmaları yapılmaktadır [2].

#### 4.1.2. Su Kirliliği

Termik santrallerin soğutma sularını deşarj ettikleri su ortamındaki normal sıcaklık derecesi zamanla yükselerek, termik santral kurulmadan önceki doğal halinden farklı yeni bir sıcaklık dengesi oluşur.

Sıcaklık sularındaki canlılar ve canlı metabolizması üzerinde hızlandırıcı, katalizleyici, kısıtlayıcı ve öldürücü gibi çeşitli etkilerde bulunur. Sıcaklık aynı zamanda sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır [8].

Isı su kütlesinde biyolojik prosesleri hızlandırır, çözülmüş oksijen azalır. Su bitkilerinin büyümesini arttırarak suda tat ve koku problemine yol açar. Termik santrallerde kullanılmakta olan soğutma suyu pompalarla çekilerek arıtmadan geçirilmekte ve bu sırada geçici sertlik giderimi, çöktürme ve mikroorganizmaların yok edilmesi aşamalarında kimyasal maddeler ilave edilmektedir. Kullanılan bu kimyasallar soğutma suyunun bir alıcı ortama verilmesi durumunda alıcı ortamda kirliliğe sebebiyet vermektedir. Ayrıca santral bacasından çıkacak olan kirletici gazların oluşturacağı asit yağmurları da suların pH'ını değiştirebilmektedir. Uçucu küllerde bulunan Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Pb, U gibi ağır metaller de zamanla taban suları vasıtasıyla alıcı ortama varabilmektedir[8].

Termik santrallerden atılan sıvı atıklardan, 31 Aralık 2004'de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (SKKY) termik santraller için verilmiş olan deşarj sınır değerlerini sağlamayanlar sınır değerleri sağlayacak şekilde arıtma işlemine tâbi tutulmaktadırlar. Atık sular, mümkün olan ölçüde alıcı ortama deşarj edilmeden tekrar kullanılmaya çalışılmaktadır. Deşarj sistemleri, alıcı ortamda herhangi bir ısı kirlenmeye meydan vermeyecek şekilde alıcı ortam koşulları dikkate alınarak tasarlanmaktadır [2].

#### 4.1.3. Katı Atıklar ve Toprak Kirliliği

Termik santrallerin bacasından çıkan duman bileşenlerinin zamanla yere çökmesi, çevresindeki alanlarda toprak kirliliğine neden olabildiği gibi, yanma sonucu Linyit kömüründe %35-55 oranında bulunan küller de kül barajında toprak üzerinde depolanarak toprak kirliliği oluştururlar. Ayrıca, kömürün çıkarılması sırasında büyük alanlardan toprağın alınarak kömür olmayan alanlara yığılması da yanlış arazi kullanımına neden olduğu için bir nevi toprak kirliliği sayılmaktadır [8].

Katı atıklar, kömüre dayalı termik santrallerden atılan kül ve cüruf ile Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) tesisi atığı olan alçıtaşıdır [2].

Kül ve cürufun su ile birlikte atıldığı ve/veya depolandığı santrallerde küldeki ağır metallerin su ile yeraltı suyuna karışması, kül-su karışımının pH'sının yüksek olması nedeniyle ağır metallerin çökerek külde kalması sonucu önlenmektedir. Ayrıca külün zaman içerisinde geçirimsiz bir tabaka oluşturduğu bilinmektedir. Buna rağmen kül depolama sahaları ve kül barajları için yer seçiminde, zeminin geçirimsiz olmasına dikkat edilmekte veya geçirimsizlik sağlayacak şekilde önlemler alınmaktadır. Ayrıca, akışkan yatak teknolojisi sonucunda açığa çıkan uçucu külün bileşiminde olan CaSO<sub>4</sub>'ın suyu absorblama kapasitesi çok yüksektir. Islandığı zaman birbirine yapıştıkları ve oldukça geçirimsiz bir tabaka oluşturup kısa bir zaman içerisinde geçirimsizliklerinin 10,7 cm/sn olduğu deneysel olarak görülmüştür [2].

## 4.2. NÜKLEER SANTRALLERİN SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLAR

Nükleer yakıt çevriminin çeşitli aşamalarında diğer tüm endüstriyel tesislerde olduğu gibi her biri farklı oranlarda radyoaktivite içeren ve farklı özelliklere sahip bir dizi atık ortaya çıkmaktadır. Miktar olarak en fazla atık uranyum cevherinin çıkarılması ve saflaştırılması sırasında ortaya çıkmaktadır. Yakıt zenginleştirme ve yakıt hazırlama işlemleri sırasında küçük miktarlarda radyoaktivite bulaşmış atıklar meydana gelebilmektedir. Reaktörün çalışması ve nükleer santralde elektrik enerjisi üretimi sırasında ise radyoaktivite ve aktif atıkların oluşması söz konusudur. Kullanılmış yakıt ise reaktörden çıkarıldığında yüksek dozda radyoaktivite içermektedir ve çok sıcaktır. Bu nedenle, taşınmaya hazır hale gelmeden önce bir süre santral sahasında uygun koşullarda depolanmalıdır. Kullanılmış yakıt daha sonra ya nihai depolama tesisine gönderilmekte ya da tekrar yakıt olarak kullanılmak üzere yeniden işlenmektedir. Son olarak, yukarıda sözü edilen işlemlerin içinde gerçekleştirildiği tüm tesisler az ya da çok radyoaktivite bulaşmış halde olacaklarından; bunların kullanım ömürlerini tamamlamalarından sonra sökülmeleri sırasında da bazı atıkların ortaya çıkması söz konusudur [2].

### 4.2.1. Radyoaktif Atıklar ve Bertarafları

Santralin tipine ve teknolojisine bağlı olarak çeşitlilik göstermekle birlikte genel olarak nükleer santralde radyoaktif maddeler, uranyumun parçalanması sırasında meydana gelir ve katı, sıvı ve gaz halinde bulunurlar [2].

Çeşitli kaynaklardan meydana gelebilecek radyoaktif atıklar hiçbir işleme tabi tutulmadan çevreye verilirse çevre ve insan sağlığı açısından tehlike arz edebilir. Radyoaktif atık tamamen kararlı hale gelinceye kadar aktivitesini sürdürmeye devam eder. Bu nedenle bir atığın tamamen giderilmesi söz konusu değildir. Ancak belirli bazı teknik işlemlerle konsantrasyonlarının azaltılması ve bu işlemlerden sonra nihai olarak depolanması veya bir alıcı suya verilmesi durumunda kontrol edilebilir hale getirilebilir [11]. Oluşan atıkların nakliye, depolama ve uzaklaştırma işlemleri için uygun formlara dönüştürülmesi gerekmektedir. Atık koşullandırma genellikle atıkların çimento, asfalt veya polimerler ile işleme tabi tutularak hareketsiz hale getirilmesi ile yapılır [2].

Radyoaktif maddeler insan vücuduna geçici ve kronik olarak iki türlü tahribat yapabilirler. Çeşitli radyasyon dozlarına göre kan hücrelerindeki değişmeden ölüme kadar yol açabilir [5]. Atıklar katı, sıvı ve gaz olarak kendilerini gösterirler. İhtiva ettikleri radyasyon seviyesine göre düşük, orta, yüksek olarak sınıflandırılabilir. Aşağıdaki tabloda radyoaktif atıkların aktivite seviyeleri verilmektedir [2, 11].

**Çizelge 4.1. Radyoaktif atıkların aktivite seviyeleri [11]**

Atık cinsi	Katı atık (r/saat)	Sıvı Atık (µc/ml)
Yüksek seviyeli	>2	>103
Orta seviyeli	0.05-2	10-3-103
Düşük seviyeli	<0.05	<10(-3)

Düşük seviyeli radyoaktif atıklar, taşınması ve işlenmesi sırasında ayrıca bir zırhlama gerektirmeyecek derecede radyoaktivite içeren ve denetimli bir şekilde çevreye verilebilen radyoaktif atıklardır. Orta seviyeli radyoaktif atıklar ise, taşınması ve işlenmesi sırasında zırhlama ve uzaktan kumandalı olarak çalışmayı gerektiren; fakat yüksek seviyeli radyoaktif atık sınıfına girmeyen radyoaktif atıklardır.

Düşük ve orta seviyeli radyoaktif atıklar, nükleer yakıt çevriminin ilk atığı olan cevher atıkları, santralde kullanılan plastik kutular, eldivenler, kullanılmış reçineler, kullanılmış süzgeçler, buharlaştırıcı kalıntıları, çamurlar, yağlar, organik maddeler, sıkıştırılabilir ve sıkıştırılamaz katı atıklar vb. ile sanayide kullanılan atıklar ve tıpta kullanılan radyoaktif maddelerden oluşur. Düşük ve orta seviyeli radyoaktif atıklar, bir süre bekletme, sıkıştırarak hacim küçültme, sıvı atıkları kimyasal yollarla ayrıştırma ve çimentolama sistemleri ile katı hale getirilip depolanır. Düşük ve Orta Seviyeli atıkların koşullandırılması işlemi yüksek kalite standartlarını karşılayacak biçimde ve ciddi bir kalite temin programı çerçevesinde yürütülmelidir.

Yüksek seviyeli radyoaktif atıklar reaktörden çıkan kullanılmış nükleer yakıtlardır. Bunların büyük bir kısmı kısa yarı ömürlü radyoizotoplardan oluşup çok fazla ısı ve radyasyon yayarlar. Kullanılmış yakıtlar, ürettikleri bozunma ısıları ve içerdikleri radyoaktivite değerleri belli bir seviyenin altına düşüne dek santral binası içerisinde yer alan su havuzlarında bekletilir. Su, hem gerekli soğutmayı hem de radyasyondan korunmayı sağlar. Reaktör binası içerisindeki havuzlarda yaklaşık 10-40 yıl kadar (aktivitesi başlangıç değerinin %1'ine ininceye kadar) bekletildikten sonra radyoaktivitelerini %99 oranında yitiren bu yakıtlar yeniden işlemeye (geri kazanıma) gönderilir. Yakıtın yeniden işlenmesi içindeki radyoaktif maddeleri ve plütonyumu alma işlemidir. Derişimi artırılan radyoaktif ürünler camlaştırılarak suda çözünmeleri önlenir. Camlaşmış parçalar çelik variller içinde çimento ile karıştırılarak betonlaştırılabilir [2, 8].

Yüksek Seviyeli atıklar ve kullanılmış yakıt nükleer yakıt çevriminde en fazla radyoaktivite üreten ve üzerinde en fazla tartışılan Radyoaktif Atıklardır. Nükleer enerji programı yürüten ülkeler bu atıkların bugünkü ve gelecek nesiller için tehlike arz etmeyen bir biçimde depolanması ve uzaklaştırılması için çeşitli program ve teknolojiler geliştirmektedir[2].

Şu aşamada tüm ülkelerin üzerinde durduğu en cazip çözüm, bu atıkların çok katmanlı ve çeşitli koruma tabakaları ile kaplanarak; yerin altında uzun süre kararlılığını koruyacağı jeologlar tarafından belirlenen jeolojik formasyonlar içine (granit korunaklar ve tuz depozitleri bu iş için en uygun formasyonlardır) gömülmesi olarak görülmektedir [2].

Ancak bu tür uzun vadeli depolama sistemi henüz hayata geçirilmemiştir. Çünkü, şu aşamada kullanılmış yakıtın nükleer santralde halihazırda mevcut olan depolama ünitelerinden taşınması için ekonomik ve fiziksel olarak bir gereksinme ortaya çıkmış değildir[2].

Dünyada yukarıda sözü edilen depolama/saklama sistemlerine ilişkin; yer ve kaya formasyonları bulmaya yönelik jeolojik araştırmalar, güvenlik ve maliyet analizleri sürdürülmekte hatta bazı ülkelerde depolama alanı olarak kullanılması öngörülen yerlerde araştırma laboratuvarları kurularak, tasarlanan sisteme ilişkin varsayımların doğruluğu ciddi bir biçimde incelenmektedir [2].

## 4.2.1.1. Katı Atıklar

Katı atıklar tesisten tesise farklılıklar göstermekle birlikte, kabaca kuru ya da ıslak olarak sınıflandırılabilir. Islak atıklar sıvı atıkların arıtımı sırasında ortaya çıkan iyon değiştirici reçineler, buharlaşma ve süzme kalıntılarıdır. Kuru katı atıklar ise nemi alınmış giysiler, havalandırma sistemi filtreleri, yer döşemeleri, alet vb. gibi radyoaktivite içeren atıklardır [2].

Çoğu ülkelerde Düşük ve Orta Seviyeli katı atıklar, ulusal atık giderme tesisleri kurulana kadar santralde özel kaplar içinde saklanırlar. Bu nedenle söz konusu atık miktarının ekonomik olarak azaltılması için çalışmalar devam etmektedir [2].

Demineralizör reçineleri, filtreler, buharlaştırıcı konsantreleri ile iş gömleği, ayakkabı, eldiven gibi bulaşmış servis atıklarıdır. Bu atıklar radyoaktivite durumlarına göre paslanmaz çelikte kaplı tanklarda veya beton kaplarda depo edilirler [8].

Kuru katı atıklar (kağıt, plastik, cam filtreler v.s.) özel kaplara hidrolik pres ile sıkıştırılır. Çok sayıda kirlenmiş, bozulmuş metal aletler parçalara bölünüp kaplarda toplanır. Parçalara bölünmesi uygun olmayan metal atıklar tahta kutular içine konulduktan sonra beton içine sıkıştırılır. Katı atıkların depolandığı kapların hacmi 100-200 litredir. Buharlaştırılması mümkün olmadığı için doğrudan doğruya çimento ile karıştırılıp katı hale getirilen sıvı atıklar kaplarda, laboratuarlarda az miktarda meydana gelen ve 25 litrelik plastik şişelere doldurulan sıvı atıklar beton muhafazalı kaplarda toplanır. Reaktörde meydana gelen ve işlenip paketlenen katı atıklar geçici bir süre santralde muhafaza edildikten sonra, santral sahasında veya dışında bulunan nihai depolama tesislerinde saklanırlar [8].

## 4.2.1.2. Sıvı Atıklar

Nükleer yakıtın içinde meydana gelen parçalanma ürünleri yakıt çubuklarının içinde kalırlar. Yalnızca yakıt çubuklarında oluşabilecek arızalar nedeniyle soğutma suyuna karışan parçalanma ürünleri radyoaktivite temizleme filtrelerinde tutulurlar. Santral soğutma suyundan ayrıştırılan yüksek düzeyde radyoaktif maddeler katılaştıktan sonra özel kaplar içine doldurulup yeraltı depolama yerlerine bırakılırlar [2].

Çevreye bırakılan radyoaktivite miktarı Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesinin (ICRP) koyduğu standartlarla sınırlanmıştır. Bu sınırlar nükleer santrale sahip ülkeler tarafından genellikle tavan olarak kabul edilmekte ve çoğu kez çevreye bırakılan radyoaktivite miktarı bu sınırların altında tutulmaktadır. Çoğu zaman nükleer güç santrallerinden sıvılarla atılan radyoaktivitenin miktarı içme suyu vb. için önerilen değerlerden bile daha düşük olmaktadır [2].

Düşük ve Orta Seviyeli atıkların arıtılması için iyon değişimi, kimyasal çöktürme, katı sıvı ayırımı (filtre, santrifüj, hidrosiklon kullanılarak) gibi diğer endüstriyel tesislerde de sıkça kullanılan yöntemler kullanılmaktadır [2].

Yüksek Seviyeli sıvı atıklar ise genellikle buharlaştırılmakta, böylece suyu alınarak içindeki parçalanma ürünlerinin konsantrasyonu yükseltilmekte ve sonuçta ortaya çıkan çamur kireçle muamele,

çamurlaştırma ve seramik içine gömülme işlemlerinden geçirilerek geçici olarak özel tasarımlanmış çift duvarlı depolama tanklarında depolanmaktadır [2].

Reaktörde oluşan sıvı atıklar genellikle dekontaminasyon atıkları, döşeme ve tank yıkama suları, laboratuvar, çamaşırhane ve duş suları gibi bulaşmış sular ile bazı önemsiz devrelerdeki kaçaklardan ibarettir. Nükleer güç santrallerinin sıvı atıklarındaki en önemli kirleticiler Sezyum-134 ve Sezyum-137 izotoplarıdır. Sezyum-134 iki yıl, Sezyum-137 otuz yıl yarı ömürlüdür. Yüksek seviyeli sıvı atıklarda, damıtma veya santrifüj sistemi ile sıvı faz katı fazdan ayrılır ve konsantre edilir. Sonra kimyasal maddelerle işleme tabii tutularak içerisinde cam parçaları ile karıştırılarak vitrikiye edilir (camlaştırılır) [8].

Santrallerde kondansörden ısınarak çıkan soğutma suyu, karıştığı nehir, göl veya deniz suyunda bir sıcaklık artışı meydana getirir. Aynı problem termik santrallerde de mevcut olmasına rağmen, özellikle hafif ve ağır su ile soğutulan nükleer santrallerden çevreye %30-40 oranında daha fazla ısı verilmektedir [8].

Su sıcaklığındaki artış, ekolojik dengeyi bozmakta, ekonomik değeri olan balık türleri ölmekte, zararlı canlı türleri daha fazla üremektedir. Bu nedenle alıcı ortamın su sıcaklığının 2-3°C'den fazla yükseltilmemesi gerekmektedir [8].

#### 4.2.1.2.1. Sıvı Atıkların Arıtılması Teknikleri

Radyoaktif maddeler parçalandıkları zaman bir enerji açığa çıkarırlar. Bazı radyoaktif maddeler bu enerjilerini bir kaç saniyede veya dakikada verip bitirirler ve inört bir madde haline gelirler. Bazılarında bu işlem yıllar, yüzyıllar alabilir. Arıtma işlemlerinde bu geçen sürede önemlidir. Bu işlemler, diğer atıkların uzaklaştırılması tekniklerine göre daha fazla dikkat istemektedir. Bilindiği gibi radyoaktivite yok edilemez, buna mukabil mevcut radyo nükleidlerin daha küçük hacimdeki suda veya katıda konsantre edilmesi ve böylece bunun ana akımdan ayrılması ve daha emin bir deşarjın yapılması mümkündür [4].

Eğer radyoaktif maddelerin bozunması hızlı ise ve yarı ömür dakika veya saat mertebesinde ise geçici olarak depolama ile bunların aktivitesi bir alıcı su ortamına verilebilecek mertebeye indirilebilir. Diğer taraftan eğer yarı ömür seneler hatta binlerce yıl mertebesinde ise bu atıkların parçalanmalarının olacağı depolama tanklarını yapmak pek pratik olmayacaktır. Böyle bir işlem yapılırsa hem çok pahalı hem de kontrolü çok zor olur. Bunun yerine atıklar minimum bir hacme ulaşıncaya kadar konsantre edilir ve sonra nihai bertaraf için konsantre edilen kısım gömülür, sıvı kısım ise denize veya bir alıcı ortama deşarj edilir [11].

Tanklardan olabilecek muhtemel sızıntıya karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Depolama sahasında açılan gözetleme kuyuları vasıtasıyla sürekli bir kontrol sağlanır ve bazen de depolar başka bir deponun içine konabilir [9].

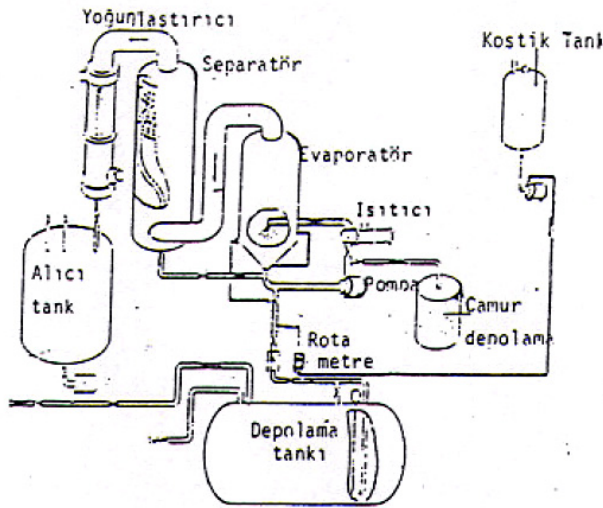
Yukarıda belirtildiği üzere radyoaktif maddenin yarı ömrü çok uzun ise bunları depolamak uygun çözüm değildir. bunun yerine bu atığı küçük bir hacme konsantre etmek daha uygundur. Bu konuda yapılabilecek teknik işlemler aşağıda belirtilmiştir [11].



## a. Evaporasyon

Evaporasyon oldukça pahalı bir metottur, ancak pratik olarak her türlü radyoaktif maddeleri konsantre hale getirmek için kullanılabilir. Evaporasyon sistemi paslanmaz çelikten yapılır, bu maliyeti artırmasına rağmen radyoaktif kirliliği önler, yüksek verim sağlar. Şekil 4.1'de evaporasyon sistemi verilmiştir. Şekildeki depolanma tankından alınan atık su sistem içinde sirküle edilir. Isıtıcının düşük basınç altında çalışmasına rağmen evaporatör 66 cm cıva basında bir vakum altında çalışır. Bu nedenle hemen hemen bütün buharlaşma evaporatörde meydana gelir. Buhar buradan bir seperatör kolonundan geçer ve burada buharla taşınan radyoaktivite varsa ayrılır evaporatördeki konsantre olmuş atık, vakumla kurutulmuş olup şekilde görülen çamur depolama tankına biriktirilir. Seperatörden çıkan buhar bir yoğunlaştırıcıdan geçirilerek bir alıcı depoda biriktirilir. Buradan alınan numunelerde aktivite ölçülür, eğer aktivite istenen seviyede değilse tekrar atık depolama tankına yollanır. Yeterince düşük aktivitede ise yağmur suyu kanallarına verilebilir [10].

Şekil 4.1. Evaporasyon sistemi [11]



## b. İyon değiştirme

Bazı maddeler yüklü oldukları iyonlarla kendilerinde geçirilen sudaki iyonları değiştirme özelliğine sahiptir. Bu yolla radyoaktif atık sudaki radyoaktif iyonlar aktif olmayanlara değiştirilebilir. İyon değiştirme metoduyla radyoaktif atıksular içinde iyi sonuçlar alınabilmektedir. En büyük iyon değiştiriciler katyonik ve anyonik reçinelerdir. Reçinelerin iyon değiştirmeden sonra rejenerasyonu mümkündür veya radyoaktif iyonları bulunduran özelliğini kaybetmiş reçine yakılarak hacmi nihai bertaraf için azalmış olur [11].



## c. Kimyasal arıtma

Radyoaktif atıkların arıtılmasında elde edilen radyoaktivite seviyesi çok düşük olmakla beraber, bu metot düşük aktivitenin ve çok hacimli radyoaktif suların arıtılmasında pratik ve ekonomiktir. Bu işlemde amaç küçük hacimli çözünmez çamur içine radyonükleidleri konsantre etmek ve böylece uzaklaştırmaktadır. Bu sistemin avantajı oldukça ucuz olması ve sistemle ilgili olarak kazanılmış çok tecrübenin mevcudiyetidir [11].

## d. Biyolojik arıtma

Eğer suyun içinde mikroorganizmalar mevcut ise, radyoaktivitenin bir kısmı bu suyu atık su arıtma tesisine götüren boruların içinde, bir kısmında atık su arıtma tesislerindeki değişik biyolojik proseslerle uzaklaştırılır. Arıtılan su nehir gibi bir alıcı ortama deşarj edilebilir. Deşarj edilen bu suda geriye kalan aktivitede belli bir ölçüde nehirdeki çamurlar, su bitkileri ve yüksek seviyedeki organizmalar tarafından alınır. Ancak arıtılmış suyun ihtiva ettiği radyoaktivite standart değerlerin altındadır. Nihayet nehir bir denize döküldüğünde kalan aktivitenin bir kısmında deniz organizmalarında konsantre olur. Eğer nehir suyu bir bölgenin su ihtiyacını karşılamak için kullanılacaksa kalan radyoaktivite su tasfiyesi sırasında yavaş filtrelerdeki biyolojik faaliyetlerle uzaklaştırılır [11].

## e. Kimyasal çöktürme ve aktif çamur metodunda meydana gelen çamurların bertarafı

Bu çamurların bertarafı radyoaktif olmayan çamurlar için uygulanan esaslar burada da uygulanabilmektedir. Çamur açık kurutma yataklarında kurutulabilir santrifüjlenir. Eğer çamur aktif çamur ise anaerobik stabilizasyonla organik muhtevayı stabil hale getirir ve metan açığa çıkar. Suyu atılan çamur uygun bir yakma fırınında yakılır ve açığa çıkan kül bir katı atık gibi işlem görerek nihai olarak yeraltında veya denizde sızdırmazlığı sağlanmış bir depo içinde depolanabilir. Bu depolama işlemi yeraltı mağaralarında da olabilir [4].

## f. Arıtmadan geçmiş sıvı atıkların alıcı su ortamlarına verilerek nihai bertarafı

Nihai bertaraf için sıvı atık denize verilebilir. Bu durumda atık üç ayrı prosese maruz kalır. Deniz deşarj edildiğinde boru hattını terk eder etmez ilk seyrelmeye uğrar. Deşarj edilen atık suyun hızı karşılaştığı büyük deniz suyu kütlesi tarafından azaltılır ve atık su deniz suyunun hareketini kazanınca ikinci proses Eddy difüzyonu başlar Eddy difüzyonu söz konusu iken üçüncü proses “tekrar konsantre olma” meydana gelir. Bu radyoaktif atığın su içinde adsorbsiyonla yüzeylerde tutulması ve absorpsiyonla deniz canlılarında birikmesidir [11].

Nehirlerde nihai denizdekine benzer, ancak nehirlerde ilk seyrelme hızlı ve sürekli bir akımın olması nedeniyle daha iyi sonuç verir. Eddy difüzyonunun etkisi nehirlerde denizlere göre daha zayıftır. Nehrin fiziki sınırları difüzyonu sınırlar. Nehirlerde radyoaktif izotoplar alg, balık ve sedimentler tarafından alınıp konsantre edilir [11].

### 4.2.1.3. Gaz Atıklar

Gaz atıklar Ksenon, Kripton, İyot gibi parçalanma ürünleri olup yakıt çubuklarının içinde bulunur, fakat nadiren reaktörün soğutulması için kullanılan soğutma suyuna karışırlar. Bunlar gaz atıklar olarak soğutma suyu sisteminden alınır ve gaz atıklar işleme sisteminde tutularak çeşitli filtrelerden geçirilip bekletme tanklarında radyoaktivitelerini kaybetmeleri için yeterli olacak süre kadar bekletildikten sonra atmosfere bırakılırlar. Gazlar sürekli olarak ölçülen aktivite düzeyinin uluslararası kuruluşların öngördüğü sınır değerlerin altında olması halinde bacadan dışarıya bırakılmaktadır [2].

Normal şartlarda, tesisten radyasyon ve zehirli gaz yayılması hemen hemen yok gibidir (bir nükleer tesise yakın yerde yaşayan insanlar, yılda 0,01 mSv'dan daha az doz alırlar). Normal olarak çalışan bir nükleer santral herhangi bir hava kirliliğine sebep olmaz ve genelde kömür yakan termik santrallerden daha az radyasyon yayar [8].

### 4.2.2. Radyasyon Problemi

Nükleer santraller atom çekirdeğinin bölünmesi (filyon) sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin önce mekanik enerjiye ardından da elektrik enerjisine çevrildiği düzeneklerdir. İlk kurulan santralden günümüze kadar birçok türde ve sayıda nükleer santral kurulmuştur. Nükleer santraller, çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılabilirler [2].

Dünyadaki hiçbir enerji üretim yöntemi tam anlamıyla güvenli değildir. Ancak nükleer santrallerin tehlikeleri, enerji üretmek için kullanılacak diğer yöntemlere oranla çok daha azdır. Çekirdek bölünmesi sonucunda oluşan bölünme ürünleri yüksek düzeyde radyoaktiftir. Bu yüzden nükleer santrallerden çevreye yayılabilecek radyasyon şiddetinin uluslararası standartlarca saptanmış izin verilen düzeyin altında olması gerekir. Nükleer reaktör çalışanlarını, yöredeki tüm canlıları, çevreyi, çıkabilecek radyasyonun zararlı etkilerinden korumak ve reaktörün güvenli çalışmasını sağlamak için alınan önlemlerin tümü nükleer reaktör güvenliği kapsamına girer [2].

Ayrıca nükleer santrallerin projelendirilmesinde beklenen en büyük risk olan kaza anında çevre sağlığına normal üstü bir zarar verilmemesi esas alınarak, yapılan teorik dağılım çalışmaları sonucunda reaktörden çeşitli uzaklıkta radyoaktivite doz miktarı hesaplanarak reaktör çevresinde korumalı alanlar tanımlanmaktadır. Böylece bir kaza anında etkinin azaltılması için alınan çeşitli teknik önlemlere ek olarak reaktörün etki alanı içinde olabilecek bölgede de yerleşime izin verilmemektedir [2].

Yukarıdaki hususlara ek olarak bir diğer önemli nokta da tüm dünyada nükleer santrallerin ve diğer nükleer tesislerin kurulması ve işletilmesinin lisansa bağlanmış olması ve tesisin her aşamada (yer seçimi, tesis ve işletme) denetime tabi tutulmasıdır. Ayrıca nükleer enerji alanında ülkemizin de taraf olarak yükümlülük altına girdiği birçok uluslararası sözleşmede, nükleer tesislerin güvenli olarak işletilmesine yönelik hükümler taşımaktadır [2].

## 4.2.2.1. Deprem Güvenliği ve Yer Seçimi Çalışmaları

Nükleer santrallerin teknik olarak her yere yapılmasını tasarlamak mümkündür. Ancak ekonomik temelli gerekçeler nedeni ile nükleer santral yapımı için seçilen sahada bazı özelliklerin bulunması gerekmektedir. Bunlar düşük deprem riski, yekpare ağırlığı 500 ila 600 ton civarında olan santralin temel bileşenlerinin taşıma kolaylığı, yüksek maliyetli soğutma kulelerinin yapılması yerine soğutma suyu ihtiyacını karşılayacak miktarda soğutma suyu bulunması, enerji tüketim merkezlerine yakınlık, vb. gibi unsurlardır [2].

Nükleer santrallerin yer seçimi ve tasarımında dikkate alınan dış kaynaklı olaylardan biri depremdir. Deprem, nükleer santraller için tasarıma esas unsurlardan biridir [2].

Nükleer santrallerin yer sarsıntılarına karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanıp inşa edilmeleri mümkündür. Dünya'nın çeşitli yerlerinde deprem bölgeleri üzerinde güvenli bir şekilde elektrik üretimini sürdüren ve güvenliklerini depremlere karşı kanıtlamış nükleer santraller mevcuttur [2].

Deprem unsurunun maliyet ile doğrudan ilgili olması, deprem nedeni ile meydana gelebilecek yer hareketi şiddetinin az olduğu bölgelerin nükleer santral yeri olarak seçilmelerinin temel nedenidir [2].

## 4.2.2.2. Santrallerin Sökümü

Bir nükleer santral ekonomik ömrünü tamamladıktan sonra işletmesine son verilerek sökülür. Nükleer santraller genellikle 30-40 yıllık bir işletme için tasarlanırlar. Bu ömrün uygun yönetim programları ve yeni teknolojik gelişmelerle 60 yıla kadar uzatılması mümkündür [2].

Nükleer santrallerde sökme işlemi iki şekilde gerçekleştirilebilir. Birincisinde işleme son verildikten hemen sonra santral tümüyle sökülerek santral sahası yeniden kullanıma açılabilir. İkincisinde ise, yakıt bir depolama tesisine alınarak santralin radyoaktif olmayan kısımları sökülür, radyoaktif kısımlar 30-50 yıl ya da daha fazla bir süre sökülmeden bekletilebilir. Her iki yöntemde de sökme işleminin sonrasında radyoaktif malzeme için bilinen atık yönetimi teknikleri kullanılır [2].

Ekonomik ömrünü tamamlamış olan bazı nükleer santrallerin sökme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pek çok ülke bu konuda teknik tecrübeye sahiptir. Bu konudaki deneyimler göstermektedir ki üretilen elektrik maliyetinin %1'lik bir kısmı sökme masraflarını karşılamak için yeterlidir. Sökme işlemi için gerekli parasal kaynağın santral işleticisi tarafından ne şekilde sağlanacağı yönünde dünyada değişik uygulamalar mevcuttur[2].

## 4.3. ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ AÇISINDAN NÜKLEER VE TERMİK SANTRALLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde nükleer ve termik santrallerin çeşitli faaliyetler sonucu, değişik alanlarda sebep oldukları etkiler karşılaştırılacaktır. Bölümün sonunda ise Leopold Matris kullanılarak çevresel etkiler değerlendirilecektir.

### 4.3.1. Kaynak Ekstraksiyonu Açısından Karşılaştırma

Termik santrallerde kullanılan kömürler yüzey veya yeraltı madenciliği yapılarak çıkarılır. Kömür çıkarılırken oluşan katı atıklar, silt, yapılan asit drenajı, flora-faunanın zarar görmesine ve estetik görünümün bozulmasına neden olur. Eğer yeraltı madenciliği yapılıyorsa, bu etkilerin yanında göçük ve meslek hastalıklarının oluşması da söz konusudur. Termik santrallerde yakıt olarak petrol ürünleri ve doğalgaz da kullanılabilir. Petrol çıkarılması sırasında arazi kullanımının bozulması, dökülme, brine uzaklaştırma ve kuyularda patlama gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Doğalgaz çıkarılırken açılan kuyular arazi kullanımının bozulmasına neden olur. Ayrıca, burada da brine uzaklaştırma problemi söz konusudur [8].

Nükleer santrallerde yakıt olarak uranyum kullanılmaktadır. Uranyum maden işletmeciliğinin diğer maden işletmelerinden bir farkı yoktur. Kömür işletmelerindeki patlayıcı grizu gazının yerini, uranyum işletmeciliğinde radyoaktif radon gazı alır. Uranyum maden işletmeciliği sırasında çok fazla katı atık oluşur (1 GW'lık büyük boy bir nükleer santrale 30 yıllık ekonomik ömrü boyunca yakıt sağlayan ülkede 6,6 milyon ton cevher kalıntısı kalır) [8].

### 4.3.2. Yakıt İşlenmesi Açısından Karşılaştırma

Kömür, termik santrale getirilmeden önce ve termik santralde yakıt olarak kullanılması için bir takım işlemlerden geçirilir. Kömür öncelikle iş makineleriyle parçalanıp taşıyıcılara yüklenerek kömür kırma tesislerine gönderilmektedir. Burada kaba kırma işlemine tabi tutulan kömür termik santrale nakledilir, termik santralde ince kırıcılarda tekrar kırılır ve öğütücülere gönderilir. Öğütücüden geçen kömür yakıt olarak kullanıma hazırdır. Bütün bu işlemler sonucunda katı ve sıvı atık gibi çevresel problemlere neden olabilecek kirleticiler oluşmaktadır. Petrol de aynı şekilde kullanılmadan önce rafine edilmektedir. Bu işlem sonucunda hava ve su kirliliğine neden olabilecek atıklar oluşmaktadır. Doğalgaz ise içindeki H<sub>2</sub>S miktarının çok fazla olması halinde bir ön işleme tabi tutulur. Bu her zaman karşılaşılabilecek bir durum değildir. Bu nedenle kömür ve petrole göre daha avantajlı bir yakıttır [8].

Nükleer santralde kullanılan uranyumun zenginleştirilmesi oldukça zahmetli bir iştir, yüksek miktarda enerji harcanmaktadır ve oldukça ileri teknoloji gerektirir. 35 ton zengin uranyumun yakıt elemanı haline dönüştürülmesinde %0,5 kayıp olduğu dahi düşünülse 160 kilogram uranyum yok olmuş demektir ve görüldüğü gibi önemli sorunlara sebep olacak atıklar oluşmaktadır [8].

### 4.3.3. Nakliye Açısından Karşılaştırma

Termik santrallerde kullanılacak kömür, petrol ve doğal gazın çıkarıldıkları bölgeden santrale çeşitli şekillerde taşınması gerekir. Kömür nakliyesi sırasında kazalar meydana gelebilir. Ayrıca kömürü taşıyan araçların yakıt tüketimi hem mali açıdan hem de çevre kirliliği açısından etkilidir. Petrolün taşınması için boru hatları kurulabilir. Bu ise arazi kullanımı açısından olumsuzluklar meydana getirir. Petrolün tankerle taşınması durumunda olabilecek kazalar ve maliyet göz önünde tutulması gereken hususlardan biridir. Bu etkilerin hepsi doğalgaz nakliyesi için de geçerlidir. Nükleer santraller için gerekli olan uranyumun nakliyesi ise diğer yakıt nakliyelerinden daha riskli ve daha çok dikkat

edilmesi gereken bir iştir. Uranyumun radyoaktif bir element olması nedeniyle tehlike çok daha büyüktür [8].

#### 4.3.4. Enerji Dönüşümü Açısından Karşılaştırma

Yakıtların santrallerde enerjiye dönüşmesiyle çeşitli alanlarda kirlilikler meydana gelmektedir. Kömürün kullanılmasıyla özellikle baca gazından çıkan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gibi maddeler; ayrıca toz partiküller hava kirliliği oluşmasına neden olmaktadır. Bu maddelerin atmosferde çok fazla artmasıyla, asit yağmurları meydana gelebilmektedir. Ayrıca bu santraller suda termal kirliliğe neden olurlar. Kömürün yakılmasından geriye kalan kül ayrı bir problemdir. Bu külden ağır metal ve radyoaktif maddeler olabilmektedir. Bu külün depolanması sonucu depo sahasındaki bitki örtüsü ve toprak etkilenmekte, yağışlarla yeraltı sularına bulaşması durumunda yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Petrolle çalışan termik santraller daha fazla hava kirliliği ve termal kirlenmeye sebep olmaktadır. Baca gazından çıkan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve hidrokarbonlar (HC) hava kirliliğine yol açmaktadır. Doğalgazla çalışan termik santrallerin meydana getirdiği hava kirliliği diğerlerine nazaran azdır ve bu kirlilik NO<sub>x</sub>'ler nedeniyle olmaktadır. Aynı zamanda tüm bu fosil yakıtların küresel ısınmaya da katkıları vardır [23].

Nükleer santrallerde bu tür hava kirleticiler yoktur. Nükleer santrallerin çevreye verdiği en önemli olumsuzluk termal kirliliktir. Bu ise diğer termik santrallerde de mevcut olan bir durumdur. Nükleer santralleri diğer santrallerden ayıran en önemli özellik, ileri teknoloji kullanılmaması halinde bir kazanın meydana gelmesiyle oluşabilecek radyoaktif sızıntı durumudur. Nükleer santrallerin bir kaza halinde nükleer bomba gibi patlaması mümkün değildir. Fakat alınan tüm önlemlere rağmen büyük çapta radyasyon sızıntısı olması durumunda sadece o yöredeki değil, yakın bölgelerdeki bütün canlı varlıklar tehlike altındadır. Oluşan radyasyonun canlılar üzerindeki etkisi hem kısa vadede hem de uzun vadede görülebilmektedir. Ancak son derece modern ve doğru bir teknoloji ile kurulmuş bir nükleer santralde bu kaza riski çok azdır (yaklaşık 40-43 yıllık geçmişi olan ve 32 ülkede çalışır vaziyette 436 nükleer santralde ölümlerin meydana geldiği tek sivil nükleer santral kazası Çernobil'dir ve hantal teknoloji kullanılması sonucu faciaya yol açmış bir kazadır) [23].

#### 4.3.5. Enerji Nakli Açısından Karşılaştırma

Bütün enerji üreten santraller ürettikleri enerjiyi nakil hatları vasıtasıyla ihtiyaç duyulan yerlere gönderirler. Nakil hatlarının en önemli olumsuzluğu arazi kullanımı açısındandır. Bu enerji nakil hatları estetik açıdan da pek hoş görüntüler oluşturmazlar [8].

Yukarıda sayılan bu beş olumsuz etki bütün santraller için geçerlidir. Ancak, nükleer santrallerin bunlara ek olarak yaptığı iki olumsuz etki daha vardır. Bunlar tekrar proses edilme ve radyoaktif atıkların uzaklaştırılması aşamalarında meydana gelir. Tekrar proses edilme aşamasında radyoaktif emisyonlar hava kirliliği üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Radyoaktif atıkların uzaklaştırılması sırasında meydana gelebilecek bir kaza istenmeyen etkilerin oluşmasına neden olabilecektir [8].

## 4.3.6. Leopold Matris

1971'de ABD Jeolojik Araştırmalar Merkezi'nde Leopold tarafından geliştirilen matris, inşaat projelerinde sebep ve tesir ilişkilerinin kalitatif olarak belirlenmesini esas alan bir kontrol listesidir. Leopold sistemi, yatay ekseninde 100 proje faaliyeti, dikey ekseninde ise 88 çevresel karakteristik ve şart içeren bir açık matristir. Faaliyet ve çevre faktörlerinin sayıları değişebilir [8].

Matrisin yapılmasında şu adımlar takip edilir: [8].

1. Teklif edilen, proje (faaliyet) ile ilgili tüm faaliyetler matrisin üst kısmında gösterilir, çevresel özellikler matrisin düşey kısmında yer alır.

2. Teklif edilen her bir faaliyetin altına, eğer bir etki mümkünse matrisin kenarındaki her bir parametrenin kesiştiği nokta arasında bir diyagonal çizilir.

3. Matris tamamlandıktan sonra, diyagonaldeki bir kutunun sol üst köşesine, beklenen etkinin şiddetini (boyutunu) gösteren ve 1-10 arasında değişebilen bir rakam konur. Burada 10 etkinin en büyük şiddetini, 1 en az şiddetini ifade eder. Her bir rakamdan önce eğer etki faydalı ise (-) konur. Kutunun sağ aşağı köşesine, etkinin önemini belirten ve 1-10 arasında değişen bir rakam konur. 10 en büyük önemi, 1 ise en küçük önemi gösterir.

4. Büyük rakamlı kolon ve sıralar önemli tesirleri belirtir.

Şiddet objektiftir, mesela puanlı kontrol listeleri yardımıyla değerlendirilir. Önem ise sübjektiftir, şahıs ve grupların görüşlerine göre değerlendirilir [8].

Genelde değerlendirme üç şekildedir: [8].

a) Önemli girişimler~(maksimum puan).

b) Az önemli girişimler (minimum puan)

c) Orta derecede önemli girişimler (5-6)

Leopold matrisinin modifikasyonları çeşitli kuruluşlarda uygulanmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz ile çalışan teknik santrallerin Leopold Matris ile değerlendirilmesi Çizelge 4.2, 4.3, 4.4'te; nükleer santrallerin değerlendirilmesi ise Çizelge 4.5'te görülmektedir [8].

**Çizelge 4.2. Kömürle çalışan termik santrallerin değerlendirilmesi [8]**

Faaliyetler Etkileri	Kaynak Ekstraksiyonu	Yakıt İşlenmesi	Nakliye	Enerji Dönüşümü	Enerji Nakli	Kazalar
Hava Kirliliği	2 1	2 1	1 2	8 10	1 1	8 9
Su Kirliliği	8 7	9 8	2 1	9 7	1 1	6 7
Katı Atıklar	10 10	8 10	1 1	10 9	1 1	7 8
Arazi Kullanımı	10 9	7 6	8 7	9 8	9 8	9 8
Flora	10 9	6 7	7 8	9 10	6 7	7 7
Fauna	10 9	5 6	6 7	9 8	6 6	6 6

**Çizelge 4.3. Petrolle çalışan termik santrallerin değerlendirilmesi [8]**

Faaliyetler Etkileri	Kaynak Ekstraksiyonu	Yakıt İşlenmesi	Nakliye	Enerji Dönüşümü	Enerji Nakli	Kazalar
Hava Kirliliği	2 1	5 4	1 4	6 5	1 1	8 9
Su Kirliliği	8 7	9 8	9 10	9 7	1 1	9 10
Katı Atıklar	2 1	2 1	1 1	1 1	1 1	5 6
Arazi Kullanımı	9 8	9 8	10 9	9 8	9 8	8 8
Flora	8 9	7 8	8 9	8 9	6 7	7 8
Fauna	7 8	7 8	8 9	8 9	6 6	7 8

**Çizelge 4.4. Doğalgazla çalışan termik santrallerin değerlendirilmesi [8]**

Faaliyetler Etkileri	Kaynak Ekstraksiyonu	Yakıt İşlenmesi	Nakliye	Enerji Dönüşümü	Enerji Nakli	Kazalar
Hava Kirliliği	2 1	2 1	1 1	3 2	1 1	3 4
Su Kirliliği	3 2	3 2	1 1	9 7	1 1	2 3
Katı Atıklar	2 1	2 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Arazi Kullanımı	9 8	4 3	9 8	9 8	9 8	9 8
Flora	3 4	2 3	7 8	4 5	6 7	4 7
Fauna	2 3	2 2	5 6	4 5	6 6	4 6

**Çizelge 4.5. Nükleer santrallerin değerlendirilmesi [8]**

Faaliyetler Etkileri	Kaynak Ekstraksiyonu	Yakıt İşlenmesi	Nakliye	Enerji Dönüşümü	Enerji Nakli	Kazalar
Hava Kirliliği	3 2	2 1	1 1	3 2	1 1	3 4
Su Kirliliği	3 2	2 1	1 1	9 7	1 1	5 6
Katı Atıklar	7 8	9 10	1 1	10 10	1 1	7 8
Arazi Kullanımı	5 4	4 3	1 1	9 8	9 8	8 8
Flora	3 4	2 3	2 2	6 7	6 7	9 10
Fauna	3 4	2 3	2 2	6 7	6 6	9 10

#### 4.4. HİDROLİK SANTRALLERİN SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLARI

Hidrolik güçle çalışan santrallerin çevreye etkileri olumlu ve olumsuz olarak iki şekilde tanımlanabilir. Gerek enerji, gerekse çok amaçlı Hidroelektrik Santrallerinin (HES) taşkın koruma, çevre ziraatını geliştirme, balıkçılığı destekleme, ağaçlandırma ile çevrenin estetik kalitesini ve mansapta su kalitesini yükseltme gibi olumlu etkileri vardır [2].

Hidrolik enerjinin mikroklimatik, hidrolojik ve biyolojik çevre etkileri vardır. Baraj gölünün geniş yüzey alanı, buharlaşmayı artırmakta tarım arazilerinde tuzlanma ve çoraklaşma olmakta, sudan kaynaklanan paraziter hastalıklar artmakta, rezervuar altında kalacak bitki ve ağaçların kesilip temizlenmemesi ile denge oluşuncaya kadar başlangıçta birkaç yıl su kalitesi negatif yönden etkilenmektedir. Hidrolojik rejimde değişiklik olmakta, zorla göç yaşanabilmektedir. Sıcaklık-yağış-rüzgâr rejimleri değişmekte, yöredeki doğal bitki örtüsü ile su ve kara canlıları yaşam alanında değişiklik olmakta, yaşama adapte olabilen türler varlıklarını sürdürmektedir. Akarsuyun akış rejiminin ve fizikokimyasal parametrelerinin değişmesi yeni hidrolojik etkiler oluşturmaktadır. Doğal fay hareketlerini etkileyerek deprem oluşum riskini artırmaktadır. Ayrıca, yöredeki tabiat ve tarih varlıklarının korunamaması sonucu, kültürel değerlerin kaybı da söz konusu olabilmektedir [2].

Baraj gölü nedeniyle su yüzeyinin genişlemesi insanlar için zararlı bazı organizmaların üremesine neden olabilmektedir. Suda üreyebilen hastalık mikropları, gerek taşıyıcı gerek taşıyıcısız olarak malarya (şiştözom) ve nehir körlüğü gibi hastalıkların yayılmasına yol açabilirler. Assuan barajında kurulan sulama sisteminin devreye sokulması sonucu ortaya çıkan büyük boyutlu şiştözom patlaması bilinmektedir [7].

Bir nehrin önüne set çekilmesi durumunda nehrin aşağı kesimlerinde bulunan toprakların suyun taşıdığı faydalı organizmalardan mahrum kalması demek olacak, bu durum ise açığın suni gübreleme ile kapatılmasını gerektirecektir. Denizlere ulaşamayan bu maddeler denizdeki hayvan yaşamının azalmasına sebep olacaktır. Ayrıca bunlar baraj gölünün dolmasına yol açmaktadırlar [7].



Nehir akıntısının geçtiği çevre sistemi ciddi olarak tehlikeye girmektedir. Buharlaşma miktarı artmakta dolayısıyla hava hareketleri değişmekte sıcaklık-yağış-rüzgar olayları değişime uğramaktadır. Civardaki doğal bitki örtüsü ile sucul karasal hayvan varlığı ani bir değişim içine girmektedir. Nehirde bazı balık türleri ölmektedir [7].

Barajın inşaat aşamasından itibaren sosyo-ekonomik kültürel etkiler ortaya çıkarmakta, yöre halkının üretim alanı olan araziler su altında kalmakta, işsizlik, göç ve psikolojik sorunlar ortaya çıkmaktadır [7].

Hidroelektrik tesislerin yapımları sırasında ortaya çıkan etkiler daha çok arazi kullanımı ve bitki örtüsü ile ilişkilidir. İnşaat alanından gelen gürültü, toz yayılması gibi olaylar doğal hayatı olumsuz olarak etkilemeye başlar. Hidroelektrik enerji işletme aşamasında hava, su ve toprak ortamlarında yavaş veya birden ortaya çıkan değişimler gözlenir. Hidroelektrik santral kazaları kitlesel ölümlere, salgın hastalıklara, çok büyük meblağlarda maddi hasarlara sebebiyet vererek toplumsal risk oluşturmaktadır. Baraj gölünün yüzey alanı itibariyle nehre göre daha geniş olması buharlaşmanın artmasına neden olmaktadır. Bu şekilde havadaki nem oranı artmakta, hava hareketleri değişmekte, sıcaklık-yağış-rüzgar olayları farklılaşmaktadır. Yöredeki doğal bitki örtüsü ile sucul-karasal hayvan varlığı ani bir değişim içine girmektedir [12].

Su kütlesinin doğal akış rejimi tamamıyla değişmektedir. Mevsimsel döngüde alışlagelen nehir, taşkın alanları, lagünleşme gibi olaylar kaybolur. İşletme ihtiyaçlarına göre bırakılan su doğal hayatı tamamıyla değiştirir. Kritik mevsimlerde su kütlesinin temizleme kapasitesi azalır. Tutulan su kütlesi yeraltı dengelerini etkileyerek kuyu verimlerini değiştirir. Barajın inşaat aşamasından itibaren sosyo-ekonomik ve kültürel etkiler ortaya çıkmakta ve barajın ömrü boyunca olumsuz şekilde hissedilmektedir. Projenin yöre halkı ile entegrasyonu zamanında sağlanmamışsa proje halk tarafından benimsenmemekte ve kabul görmemektedir. Su altında kalan arazinin kamulaştırma neticesinde iç-dış göç olayları yaşanmaktadır. İklimsel değişikliklere bağlı olarak suyun hastalık taşımasında önemli bir rol oynaması da istenmeyen bir etki oluşturmaktadır. Tabiat ve tarih varlıklarının korunamaması, kültürel değerlerin kaybı söz konusu olmaktadır. Bu durum yeraltı zenginlikleri içinde geçerlidir [7, 12].

#### **4.5. YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL SORUNLAR**

Dünya enerji sektöründe önceleri petrol krizine bağlı olarak gelişen arz kısıtlamalarına, sonraları çevresel etki ve çevreci baskıların eklenmesi, değişik enerji kaynak türlerini gündeme getirmiş olup genelde temiz, çevre dostu ve yeşil enerji olarak adlandırılan Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını ön plana çıkarmıştır. Gelecekte, bu tür enerji kaynaklarından faydalanmak için atılım yapılacak bir dönem olma görünümündedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları; başta hidrolik olmak üzere, jeotermal, güneş, rüzgâr, biyokütle vb. kaynaklardır.

## 4.5.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi hem bol ve bedava hem de sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşunun yanında insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici atıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi, işletme kolaylığı, dışa bağımlı olmaması, karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletme masraflarının az olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda fosil yakıtlardan meydana gelen çevresel etkilerin azaltılması için kullanılan yaygın yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir [28].

Bunların yanında Güneş enerjisinin sahip olduğu olumsuzluklar şöyle sıralanabilir. Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç duyması, Güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığından depolama gerektirmesi, depolama imkânlarının ise sınırlı oluşu, enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç olmayışı, Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması gerekliliğidir [2, 28].

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde atmosfere veya herhangi bir alıcı ortama direkt bir kirletici (zehirli gazlar, sera gazları vs) emisyonu bulunmamaktadır. Dolaylı olarak yapılan kirletici emisyonları hesaba katıldığında bile emisyon miktarı çok düşük olmaktadır [28].

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde çıkan atıklar sistemde kullanılan malzeme ve maddelerden oluşur. Oluşacak atık miktarı herhangi bir fosil yakıtlı enerji üretim sistemi ile kıyaslanmayacak derecede düşüktür. İlk kurulum esnasında kullanılan malzeme miktarı çok olabilir ancak uzun ömürlü olmaları sürekli olarak atık üretimini engellemektedir. Normal işletme şartlarında güneş pili sistemlerinde ne gaz veya sıvı kirletici ne de radyoaktif madde yayılımı vardır [28].

Kullanılan sistemin türüne bağlı olarak görüntü kirliliği oluşturabilirler ancak bugün gelinen noktada binalarda kullanılan sistemler binaya uyumlu bir şekilde, arazide kurulan sistemler ise arazinin yapısına bağlı olarak tasarlandıklarında bu tür bir kirliliğinin oluşması önlenmektedir. Gürültü ise bu sistemlerde herhangi bir mekanik parça bulunmadığından bulunmamaktadır. Oluşabilecek yegâne gürültü kaynağı inşaat aşamasındaki gürültüdür [28].

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemleri kuruldukları yere ve türlerine bağlı olarak canlı yaşamını etkilemektedirler. Doğal ekosistemlerde alan kullanımının etkisi alanın topografyası, doğal güzellik veya hassas ekosisteme uzaklık ile alanın biyoçeşitliliği gibi özel faktörlere bağlıdır. Etkiler ve alan üzerindeki değişikliklerle inşaat aşaması esnasında yer hareketleri ve taşınma hareketleri gibi inşaat faaliyetlerinden dolayı karşılaşmak muhtemeldir. Ayrıca bozulmuş toprak arazilerinde kurulmaları arazinin iyileştirilmesi açısından olumlu etki yapmaktadır [28].

Güneş santralleri, barajlı hidroelektrik santrallerinden daha az yer kapsamaktadır. Gerek güneş pili ve gerekse termik tip güneş santrallerinin kapsadıkları alan, 0,025 km<sup>2</sup>/MW düzeyinin altındadır. Barajlı hidrolik santraller için bu alan 1 km<sup>2</sup>/MW düzeyine kolayca ulaşabilmekte, hatta bunun üzerine çıkmaktadır [28].

## 4.5.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr santrallerinin avantajları; hammaddelerinin atmosferdeki hava olması, kurulumlarının diğer enerji santrallerine göre daha hızlı oluşu, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynağı olmaları, enerjide dışa bağımlılığı azaltmaları, fosil yakıt tüketimini azaltmaları neticesinde sera etkisinin azaltımına katkıları, her geçen gün güvenilirliklerinin artması ile maliyetlerinin ucuzlaması, bunun yanında rüzgâr türbinlerinin kurulduğu arazinin tarım alanı olarak kullanılabilmesi gibi sıralanabilir [29].

Rüzgâr enerjisinin hammaddesi tamamen atmosferdeki hava hareketleri olduğundan hava veya çevre kirlenmesi şeklinde bir kirlenici etkisi bulunmamaktadır. Rüzgârdan enerji eldesi için kullanılan 1 MW kapasiteli bir türbin, aynı enerji kömür ile çalışan bir santralden karşılanmak istendiğinde yakılacak olan ve 135.000 ağacın üretebileceği oksijeni tasarruf etmek demektir. Herhangi bir radyoaktif ışınım tahribatı yapmamaları, atık üretmemeleri, hammadde için dışarıya bağımlı olmamaları, teknolojilerinin basitliği, atmosfere ısı emisyonlarının olmaması, işletmeye alınma sürelerinin kısalığı gibi avantajlar rüzgâr türbinlerini günden güne tüm dünyada daha da popüler yapmaktadır [29].

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerin sahip olabileceği muhtemel olumsuzluklar ise şöyle sıralanabilir. Büyük arazi kullanımı, gürültü, görsel ve estetik etkiler, doğal hayat ve habitata etki, elektromanyetik alan etkisi, gölge ve titreşimler olarak sıralanabilir. Ayrıca kesikli bir enerji kaynağı olması da dezavantaj olarak söylenebilir [29].

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sisteminde hammadde rüzgâr olduğu ve herhangi bir yanma söz konusu olmadığından dolayı bir kirlenici emisyonu da söz konusu değildir. Bu sebeple hava kirliliğine sebep olmazlar [29].

Rüzgâr enerjisinin en büyük avantajı, çoğu enerji üretim santrallerinin bulundurmaları zorunda oldukları soğutma suyuna ihtiyaçları olmamasıdır. Bu durum rüzgâr enerjisini en zararsız enerji kaynağı haline getirmektedir [7, 12].

Bu sistemlerinde atık üreten bir işlem söz konusu olmadığından atık üretimi yoktur. Çıkabilecek yegâne atıklar kullanılan ve ömrünü doldurmuş malzemelerdir. Bunların da uygun yöntemler ile bertarafı yapılabilmektedir [29].

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerinde kullanılan teknoloji ve tasarıma bağlı olarak görüntü ve gürültü kirliliği meydana gelebilir ancak tesisin kurulduğu yer, yerleşim şekli ve türbin tasarımlarına göre bu tür kirliliklerin düzeltilmesi her zaman mümkündür. Zaten proje yapılırken bu tür etkiler düşünülerek ve en aza indirilerek tasarım yapılmaktadır [2, 7, 12, 29].

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerinin arazi uygulamaları geniş alanlara ihtiyaç duymaktadır. Ancak türbinler arasında tarım yapılabilmesi bu olumsuz etkiyi fırsata çevirmektedir. Rüzgâr türbinlerinden kaynaklanan gürültü ve sesin, yapmış oldukları titreşimlerin insanlara, binalara ve diğer canlılara çeşitli olumsuz etkileri vardır. Ancak bunlar uygun teknolojik önlemlerle giderilebilmektedir.

Türbinler doğal hayata ve habitata da çeşitli etkilerde bulunur. Etkiler canlı türlerine, mevsime ve yer özelliğine bağlı olarak değişir. Türbinler kuş ölümlerine de sebep olmaktadır. Kuşlar bu rüzgâr türbinlerine doğru sürüklenmekte, çok hızlı dönen pervanelerden kaçamamakta ve ölmektedirler [2, 7, 12, 29].

Rüzgâr türbini veya üretim donanımı elektromanyetik alana tesir edip Radyo-TV alıcılarında parazit yapabilirler. Fakat engellenmesi basit ve ucuzdur. Enerji üretmek amacıyla kurulan rüzgâr çiftliklerinin görsel etkilerinden söz etmek mümkündür. Görsellik, estetik öznel bir olgudur. Ancak temel kıstas, doğaya uyumlu bütünleşmiş bir görsel etkinin oluşturulmasıdır [2,7, 12, 29].

### 4.5.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerjinin aranması aşamasında çevreyi en çok etkileyebilecek husus, sondaj çalışması sırasında olabilmektedir. Arama aşamasında alınan tedbirlerle çok küçük ölçekli kalıcı olmayan bu etkiler bertaraf edilebilmektedir [2].

Jeotermal akışkanın korozyona ve kireçlenmeye sebep olabileceği, içerdiği bor yüzünden tarımsal sulamaya uygun olmadığı, yapısındaki karbon dioksit ve hidrojen sülfür gibi gazların açığa çıktığı bilindiğinden, jeotermal enerji uygulamalarında bazı teknolojik önlemlerin alınması gerekmektedir. Hem rezervuar parametrelerinin korunması, hem de jeotermal suyun ve gazların çevreye zarar vermesinin önlenmesi için, tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan reenjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) uygulanmaktadır [2].

Ülkemizde Kızıldere yöresinde bulunan jeotermal santral çalıştığı süre içerisinde 600-800 ton/saat debide 23-25 ppm bor içeren atık suyu Büyük Menderes Nehrine vermektedir [2].

Santralin atık suyu karıştıktan sonra nehir suyundaki bor içeriği nehrin o andaki debisi ve bor içeriği değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu değerler ise mevsime ve Adı güzel Barajından sulama amaçlı bırakılan suyun debisine göre farklılık göstermektedir. Bu parametreler, DSİ 21. Bölge Müdürlüğü tarafından sürekli takip edilmektedir. Sulama mevsiminde, sulanacak bitkinin cinsi ve nehir debisi adı geçen bölge müdürlüğü tarafından göz önüne alınarak santralin yılda yaklaşık 20-30 gün süre ile devre dışı bırakılması talep edilmektedir. Rezervuar parametrelerinin korunması ve jeotermal suyun çevreye zarar vermesinin önlenmesi için MTA tarafından reenjeksiyon kuyularının açılması çalışmaları başlatılmıştır. Ancak, açılan ilk iki kuyudan sonuç alınamamış olup şu anda üçüncü kuyunun açılması çalışmaları devam etmektedir [2].

Yeni nesil jeotermal elektrik santrallerinde çevre kirliliği sifira yakındır. Yakıt yakılmadığından, azot emisyonu oluşmamaktadır, kükürt dioksit emisyonu ise çok düşüktür. Binary jeotermal santraller sayesinde gaz emisyonu hiç bulunmamaktadır. Binary jeotermal santraller ile yüzeye akışkan atılmamaktadır. Santraller az alan kaplamakta ve görüntüyü bozmamaktadır [2].

Üç çeşit jeotermal kaynağı bulunmaktadır: hidrotermal, kuru sıcak kayalıklar ve jeobasinç bölgeleridir. Ancak son zamanlarda sadece hidrotermal kaynakları kullanımı artmaktadır. Jeotermal enerjiden

güç üretimi sağlayan en önemli yerler Filipinler, Yeni Zelanda, İzlanda ve Amerika Birleşik Devleti'dir [12].

Jeotermal enerji kaynaklarının çevre üzerindeki muhtemel olumsuz etkileri: yüzey deformasyonu, akışkanın çekilmesiyle oluşan fiziksel etkiler, gürültü, termal kirlilik ve zararlı kimyasal maddelerin ortaya çıkmasıdır. Jeotermal enerji kullanımıyla oluşan toprak çöküntüleri yer altı suyu dengesinin bozulmasıyla gözeneklerdeki basınçların değişmesi, sıcak su veya buharın çekilmesiyle oluşmakta ve bölgesel risk oluşturmaktadır. Jeotermal kaynaklar ile ilgili potansiyel kirleticilerin başlıcaları hidrojen sülfat, karbondioksit, amonyak, metan, borik asit, cıva ve arsenik sayılabilir. En önemli çevresel problemlerden biri de çok büyük miktarlarda su kullanımıdır. Bu problem, soğutucu su kullanılarak azaltılabilir fakat kirlenmiş ve pis kokulu su estetik görüntünün bozulmasının sebeplerinden birisi olmaktadır. Yeni Zelanda Wairakei jeotermal enerji santralinde yapılan araştırmada Yeni Zelanda da modern bir kömür enerji santralinde üretilen birim enerji başına ısı, su buharı ve sülfür açısından karşılaştırıldığında yaklaşık 6,5 kat daha fazla ısı, 5,5 kat daha fazla su buharı ve 1,5 kat daha fazla sülfür ölçülmüştür. Ayrıca Wairakei nehri hidrojen sülfür, karbondioksit, arsenik ve cıva ile kirlenmektedir. Yüksek derecede mineralleşen su bitkisel yaşamı öldürmektedir. Santralin inşaatı, patlamaların etkisi doğal yaşamı değiştirmektedir. Neticede, herhangi bir jeotermal kaynağı kullanmadan önce burada sayılan problemler göz önünde bulundurulmalıdır [12].

#### 4.5.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, genel anlamda çevreye uyumlu bir enerji kaynağı olmakla birlikte, kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel etkiler yaratabilmektedir. Örneğin, çöp ve benzeri bazı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan atıklar Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY) kapsamına girmekte ve bazı çevresel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Diğer taraftan, depolanması ile geçici görsel çevre kirliliği yaratabilen bu tür kaynaklar, enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda bertaraf edilmektedir [2].

Klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi; konvansiyonel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından oluşur. İkincisi yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır. Günümüzde enerji tarımı adını verdiğimiz bir tarım türü oluşmuştur. Bu tarım türünde C4 adı verilen bitkiler ( seker kamışı, mısır, tatlı darı vb.) yetiştirilmektedir. Bu bitkiler suyu ve karbondioksiti verimli kullanan, kuraklığa dayalı verimi yüksek bitkilerdir [12].

Biyokütle yenilenebilir bir enerji kaynağı olmakla birlikte günümüzdeki kullanım şekli ile ne yenilenebilir, ne de sürdürülebilirdir. Dünyanın birçok yerinde nüfus artmakta ve insanlar ormanlık alanları açarak besinleri elde edecekleri tarla haline dönüştürmekte ve ormandaki geri kalan ağaçları da yakacak olarak kullanmaktadır. Dolayısıyla ormanlardaki doğal yaşamı olumsuz etkilemekte hatta türlerin nesillerini devam ettirmesini tehlikeye düşürmektedir. Ayrıca normal şartlar altında mükemmel gübre olabilecek bitki posası ve hayvan atıkları bir çok yerlerde sobada yakılmaktadır. Ayrıca bunun

sonucunda karbonmonoksit, partiküller ve kansere neden olan çeşitli maddeler havanın kirlenmesine neden olmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerdeki biyokütle kullanımı sürdürülebilir değildir. Tarım uygulamalarının sağlıksız bir şekilde yürütülmesinden dolayı 1993 yılında 4 milyar litrelik etanol sağlamış olan ABD'nin mısır kuşağında toprak, oluşma hızından 18 katı hızla erozyona uğramaktadır. Doğal ekosistemin yerini monokültürlerin alması ve bu sahalarda yeraltı ve yerüstündeki suları kirleten sentetik gübre ve haşarat ilaçlarının sürekli kullanılması çevre açısından sorun olmaktadır. Dünya enerji gereksiniminin bir bölümünün biyokütleyle karşılanması isteniyorsa, biyokütleyi daha verimli bir şekilde yararlanabilecek forma dönüştürerek, çevreyi daha az kirletecek ve daha ekonomik olarak kullanılacak teknolojik yenilikler gerekmektedir [12].

#### 4.5.5. Deniz Kaynaklı Enerjiler

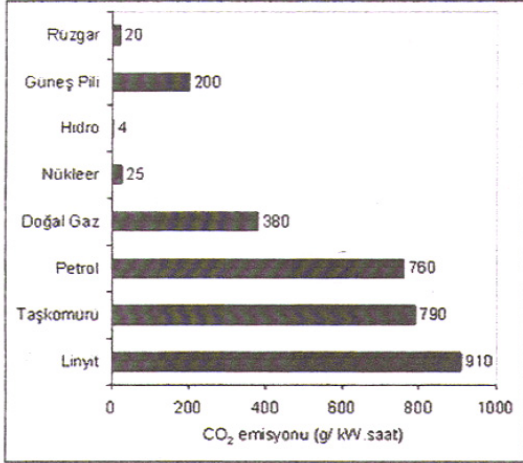
Deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve med-cezir enerjisi olarak tanımlanabilmektedir. Okyanus suyu kalitesini olumsuz olarak etkileyen en önemli faktör okyanus termal enerji çevrim santrallerin sahip olduğu potansiyel tehlikedir. Bazı santraller oldukça büyük hacimlerde deniz suyu alınması ve başlatılmasını gerektirir. Bu santrallerle okyanusun hem yüzeyinden hem de derinliklerinden her bir MW elektrik çıkışı için her bir saniyede yaklaşık 4 m<sup>3</sup> su yer değiştirmektedir ve bu su kütlesi yaklaşık 100 ve 200 m arasındaki bir derinliğe deşarj edilmektedir. Bu devasa debiler, santral yakınlarındaki okyanus termal yapısını bozar. Ayrıca okyanusun tuzluluk derecesini ve büyük miktarlardaki çözünmüş gazları, basıncı, besinleri, karbonatları ve bulanıklığı değiştirir. Bütün bu değişikliklerin büyüklükleri çevresel etki açısından dikkate alınması gereken oldukça önemli kriterlerdir. Bununla beraber sudaki canlı hayata ve kıyı-sahil şeridine negatif etkileri olur. Denizcilik ve kıyı turizmi yapan yörelerde bu daha belirgin olmaktadır. Yapılan çalışmalarda dalgasal güç projelerinin çevresel etkileri her bölgenin kendine özgü farklılıklarına ve büyük ölçüde yerel coğrafi yapılarına bağlı olduğu belirlenmiştir. Örneğin La Rance üzerindeki baraj yüzünden o bölgedeki yerel med-cezir dalgaları çok düşük miktarda etkilenmiştir. Bu baraj Fundy Körfezi'ndeki dalgasal enerji üretim tesisi olarak yerel med-cezir dalgalarını 15 cm alçaltmıştır. Dalga değişimlerinin inanılmayacak kadar karmaşık etkileri ortaya çıkmıştır. La Rance Barajı Fundy Körfezi'ndeki suların karışmasını potansiyel olarak artırmıştır ve bu durumda da kızıl dalga organizmalarının çoğalmasına neden olmuştur. Bu organizmaların etkisi, deniz kabuklularını felç etmek suretiyle ölümlerine sebep olması şeklinde görülür. Böylelikle doğal dengeyi bozan neticeler silsilesi birbirini izlemektedir [12].

#### 4.6. EMİSYONLAR VE KONTROL TEKNİKLERİ

Enerji üretimi esnasında atmosfere sera etkisine sebep olan bazı kirlenmeler verilmektedir. Bu gazların başında karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gelmektedir. İklim değişikliği ve sera etkisinin önlenmesinde bu emisyonların kontrol altına alınması oldukça önemlidir. Şekil 4.2'de değişik kaynaklarla enerji üretimindeki CO<sub>2</sub> emisyonu verilmektedir.

Şekilden de görüldüğü üzere en fazla CO<sub>2</sub> emisyonu içerdikleri karbondan dolayı fosil yakıtlardan (Kömür, petrol, doğalgaz) kaynaklanmaktadır. En az emisyon ise hidrolik, rüzgar, nükleer ve güneş kaynaklı enerji üretiminde görülmektedir.

**Şekil 4.2. Enerji üretim türlerine göre CO2 emisyonu [21]**



## EMİSYON KONTROL TEKNİKLERİ

### Yanma Sırasında Uygulanan Teknolojiler

Yakma sistemlerinde kömürün yanması sonucu oluşan NOX ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının yanma sırasına kontrolünün sağlanabilmesi amacıyla yönelik olarak bazı yöntem ve teknikler geliştirilmiştir.

#### 1. SO<sub>2</sub> Emisyonu Kontrolü İçin Kimyasal Madde Enjeksiyonu:

SO<sub>2</sub> gazlarının yanma sırasında kısmen uzaklaştırılması amacıyla uygulanan kimyasal madde enjeksiyon yöntemi genel olarak kireç, kireçtaşı, dolomit gibi kimyasallar kullanılarak gerçekleştirilir.

#### 2. NOX Emisyonlarının Kontrolü İçin Uygulanan Yöntem ve Teknikler:

NOX emisyonları yanma sırasında uygulanan baca gazının resirkülasyonu, düşük NOX yakıcılarının kullanımı, kademeli yakma teknikleri ile kontrol altına alınabilmektedir.

### Yanma Sonrası Uygulanan Teknolojiler

Kömürden temiz enerji üretimini sağlamaya yönelik olarak, yanma sırasında ortaya çıkan toz, kükürt ve azot oksit emisyonlarını azaltmaya yönelik teknolojiler dünya ölçeğinde yaygın uygulama alanı bulmuş teknolojilerdir.

#### 1. Baca Gazı Desülfürizasyon Teknolojileri:

Yaş Prosesler: kireç/kireçtaşı ile yıkama prosesleri, sodyum bileşikleri ile yıkama prosesleri (tek alkali/çift alkali), amonyum sülfat prosesi, wellman-lord prosesi, magnezyum oksit ile absorpsiyon prosesi, deniz suyu ile SO<sub>2</sub> giderme teknolojileri.

Yarı Kuru Prosesler : püskürtmeli kurutma prosesi



Kuru Prosesler : kuru püskürtme (enjeksiyon) prosesi, aktif kok ile adsorpsiyon prosesi, dolaşımli akışkan yatak desülfürizasyon prosesi

## 2. Azot Oksit Emisyonlarını Giderme Teknolojileri:

Seçici katalitik indirgeme teknolojisi, seçici katalitik olmayan indirgeme teknolojisi

## 3. Toz Tutma Sistemleri:

Torba filtre (baghouse), elektrofiltre, siklonlar

## 4.7. HUKUKİ DÜZENLEMELERİN ENERJİ ÜRETİMİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununa çözüm bulmak için, bütün ülkeleri bir araya getirmek üzere, Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanan “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi”, 1992 yılında, Rio de Janeiro’da düzenlenen Çevre ve Kalkınma Konferansı sırasında, ülkelerin imzasına açılmıştır. İklim değişikliği yaratan sera gazlarının (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, vb.) azaltılması hakkındaki Sözleşmenin Ek-1 ve Ek-2 listelerinde yer alan gelişmiş ülkelere, bu sorundaki sorumluluk paylarının daha fazla olması ve “ortak fakat farklı sorumluluklar (common but differentiated responsibilities)” prensibinin benimsenmesi nedenleriyle ilave yükümlülükler getirmektedir. Daha ağır olan bu ilave yükümlülükler çerçevesinde gelişmiş ülkeler 2000 yılında sera gazları emisyonlarını 1990 yılı seviyelerine indirecekler ve ayrıca gelişmekte olan ülkelere mâli ve teknik yardımda bulunacaklardır. Buna karşılık, gelişmekte olan ülkeler daha esnek yükümlülüklerle sahip olup, bu konudaki çabaları için mali ve teknik yardım alacaklardır [2].

Daha sonra Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin hayata geçirilmesi amacıyla 1997 aralık ayında Japonya’nın Kyoto kentinde sözleşme çerçevesinde, Kyoto Protokolü (KP) hazırlanmış olup ülkelerin imzasına açılmıştır. Bu protokol ile Ek-B ülkelerine (KP’ye taraf olan Ek-1 ülkeleri) insan kaynaklı eşdeğer CO<sub>2</sub> sera gazı emisyonlarının 2008-2012 yılları arasında 1990 yılı seviyelerinin en az %5 daha altına indirilmesi yükümlülüğü getirilmiş ve bu yükümlülüklerin yerine getirilmesine yönelik olarak bazı mekanizmalar (emisyon ticareti, ortak yürütme projeleri ve temiz kalkınma mekanizması) geliştirilmiştir.

Ancak CO<sub>2</sub> emisyonlarının toplam ülke emisyonlarının yaklaşık %30’unu oluşturduğu dikkate alındığında sözleşme yükümlülükleri elektrik enerjisi üretimi açısından önem arz etmekte, önlemlerin alınmasını ve elektrik enerjisi yatırımlarında bu hususun dikkate göz önünde bulundurulmasını gerekli kılmaktadır.

Bugüne kadar başta karbondioksit olmak üzere atmosfere salınan sera gazı etkisine yol açan emisyonların salınım düzeyinin yüzde 55’in altında kalması nedeniyle Kyoto Protokolü’nü yürürlüğü giremiyordu. Ancak sera etkisine yol açan gaz salınımının yüzde 36,1’inden tek başına sorumlu olan ABD ile yüzde 2,1’inden sorumlu Avustralya protokolü imzalamamasına rağmen, Rusya’nın geçtiğimiz yıl sonunda protokolü imzalamasının ardından 16 Şubat 2005 tarihi itibarıyla yürürlüğe

girmiş oldu. Rusya'nın da protokole dahil olmasıyla birlikte sera etkisine yol açan gaz salınımlarında yüzde 61 düzeyindeki sorumlu ülke katılımına erişilmiş oldu.

Atmosferdeki sera gazı birikimlerini, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurmayı amaçlayan protokole göre, sanayileşmiş ülkelerin 2008-2012 yılları arasında, iklim dengesi üzerinde tehdit oluşturan başta karbondioksit olmak üzere gaz salınımlarını 1990 seviyesinin yüzde 5 altına çekmeleri gerekiyor. Bu sayede sera etkisinin azaltılarak, küresel iklim değişikliklerinin ve doğal dengenin korunmasını amaçlayan Kyoto Protokolü'ne, bugüne kadar 39'u sanayileşmiş 140'dan fazla ülke imza koydu. Ancak Sanayileşmiş ülkeler arasında yer alan ve atmosfere salınan sera etkisine yol açan gaz salınımlarının yüzde 36,1'inden tek başına sorumlu olan ABD ile yüzde 2,1'inden sorumlu Avustralya ise protokole hâlâ taraf olmayı reddetmektedir.

Türkiye, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerinin önlenmesi amacıyla oluşturulan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni imzalayan ülkeler arasında yer alıyor. Bu sözleşmeye, gelişme düzeyi, kalkınma hedefi ve tüketim modelini dikkate alarak taraf olan Türkiye, '3'üncü Taraflar Konferansı' olarak da bilinen Kyoto Protokolü'ne taraf olmadığı için herhangi bir indirim taahhüdünde bulunmamıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürekli artan enerji ihtiyacının yanında kaynak kısıtlılığı ve mevcut teknolojiler enerji ihtiyacının karşılanması ve sürekliliğin sağlanması için doğru ve etkin bir enerji politikasının oluşturulması ve işletilmesini gerekli kılmaktadır. Bunun için de bilinmesi gereken en öncelikli veri, ülkenin enerji ihtiyacı ve enerji üretiminde kullanılacak kaynaklarının potansiyelidir. Enerji kaynaklarının etkin kullanımı ancak mevcut potansiyelin bilinmesi ve doğru bir dağılımın uygulanmasıyla gerçekleşebilir.

Dünyanın yaşanabilirlik ortamının korunması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla yapılan ulusal ve uluslar arası hukuki düzenlemeler ve enerji üretim, iletim ve tüketiminden kaynaklanan çevresel etki ve sorunlar da dikkat edilmesi gereken diğer hususlardandır.

### 5.1. ARZ GÜVENLİĞİ VE KAYNAK ÇEŞİTLİLİĞİ

Ülke enerji ihtiyacının karşılanması için o nispette yapılacak olan enerji üretiminin nasıl yapılacağı ve hangi kaynakların kullanılacağı sorunu uzun soluklu bir çalışma olup büyük yatırımlara, uzun zamanlara ve istikrara ihtiyaç duymaktadır. Bundan 10, 25 ve 50 yıl sonrasının enerji ihtiyacının belirlenmesi, o günlere daha şimdiden hazırlanılması gerekmektedir.

Arz ve talep birbiriyle paralellik göstermeli, arz talebi karşılayabilmelidir. İleriye dönük enerji yatırımları bu gerçek göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Türkiye'nin mevcut enerji kaynaklarından hiçbiri tek başına ülkenin toplam enerji ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde değildir. Bu sebeple enerji kaynaklarının uygun bir kombinasyonu ile enerji üretiminin ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir.

Enerji üretiminde arz ve talebin dengelenmesinin yanında arz güvenliği ve kaynak çeşitliliği de önemli bir diğer husustur. Arz güvenliğinin sağlanamaması fiyatları da etkilemekte, fiyatların artmasına ve bağımlılığa sebep olmaktadır. Tek bir kaynağa bağımlı kalmak ve dışa bağımlılığın yüksek oranlarda olması da yine arz güvenliğini ciddi şekilde tehlikeye sokabilmektedir.

Türkiye enerji üretiminde hem dışa bağımlı bir çizgi izlemekte hem de kaynak çeşitliliğine pek uymamaktadır. Büyükşehirlerde meydana gelen hava kirliliğinin çözümüne yardımcı olan doğalgaz ile ısınma sisteminin yaygınlaştırılması sonucunda çoğunlukla ısınma amacıyla kullanılan doğalgazda %60'lara varan dışa bağımlılık, satın alınan doğalgazın depolanamıyor olması ülke açısından ciddi bir tehlike ve risk oluşturmaktadır. Bizimle aynı konumda olan Almanya ise satın aldığı doğalgazı %40'lara kadar depolayabilmektedir.

Gelecekte ciddi sorunlarla karşılaşmamak için bir an evvel kaynak çeşitliliğine gereken önem verilmeli ve kaynak çeşitliliğine gidilmeli, alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelik çalışmalara hız verilmeli, bu tür çalışmalar teşvik edilmeli, AR-GE çalışmalarına yeterli kaynak ayrılmalıdır. Ayrıca enerji kaynaklarının kullanımında dışa bağımlılık yüzdesinin aşağılara çekilmesi için yerli kaynak potansiyelinin verimli kullanılmasına dönük çalışmalar yapılmalı, bu tür çalışmalara destek olunmalı, teşvik verilmeli ve depolama imkanları artırılmalıdır.

## 5.2. ÇEVRESEL ETKİLER VE ULUSLARARASI YÜKÜMLÜLÜKLER

Enerji üretiminde ekonominin, arz güvenliğinin ve kaynak potansiyelinin yanında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus da çevresel etkilerdir. Enerji üretirken yaşadığımız çevreyi tahrip etmek ve yaşanmaz hale getirmek enerji üretmekteki “insan faaliyetlerinin devamını sağlamak” amacıyla bağdaşmamaktadır. Zira çevreyi kirleterek üretilen enerji daha sonra kirliliğin artırılması veya çevrenin eski haline getirilmesi için harcanmak zorunda kalacaktır. Kirlettikten sonra düzeltmek için harcanacak enerjinin, üretimde çevreyi kirletmemek için harcanması daha doğru olacaktır.

Uluslararası anlaşma, sözleşme ve hukuki düzenlemeler ülkeler nezdinde çeşitli hukuki düzenlemeleri, yaptırımları ve yükümlülükleri getirmektedir. Uluslararası sözleşmeler, ülkenin gelecekte zor şartlar altına girmemesi ve rekabet ortamının devamlılığı açısından dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husustur.

Kömürle çalışan termik santrallerle ilgili faaliyetler çevre üzerine daha fazla etkili olmaktadır. Bu tip santrallerin özellikle hava kirliliğini artırıcı yöndeki etkileri, yerel ölçekte flora-fauna hayatının bozulmasına, bölgesel ölçekte asit yağmurlarının oluşmasına neden olmakta, küresel ölçekte ise sera gazları (karbon dioksit vb.) emisyonları ve dolayısıyla küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır. Doğalgazla çalışan termik santraller bu konuda daha az olumsuz etkiye, nükleer santraller ise en az olumsuz etkiye sahip tesisler olarak görülmektedir.

Katı atıkların oluşmasına neden olan tesisler kömürle çalışan teknik santraller ve nükleer santrallerdir. Kömürün yanmasından sonra oluşan kül büyük miktarda katı atık çıkmasına neden olmaktadır.

Nükleer santrallerde ise uranyumun ancak çok az miktarı reaksiyona girdiğinden gerisinde büyük miktarda katı atık bırakmaktadır. Bu katı atıkların ayrıca radyoaktif halde olması ve canlı hayatını doğrudan etkilemesi de önemlidir. Bu nedenle radyoaktif katı atıklar radyoaktivite durumlarına göre paslanmaz çelik kaplı tanklarda veya beton kaplarda depo edilmekte ve genellikle jeolojik yapıların altına, tuz yataklarına ve çok derin bölgelerde deniz ve okyanusa gömülme suretiyle nihai uzaklaştırma sağlanmaktadır.

Sonuç olarak bütün tesisler farklı yönleriyle çevre üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Ancak insanların teknolojik gelişme ve refah düzeyi için bu tesislere ihtiyaç vardır. Bu nedenle çözüm, bütün tesislerin ileri teknolojiler kullanarak çevreyi olumsuz yönde minimum seviyede etkileyecek ve ekolojik dengeyi bozmayacak önlemlerin alınmasıyla kurulmasıdır.

Enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, daha sonraki yıllarda hem enerji kıskacına girmemek, hem de doğal çevre tahribatını minimuma indirmek amacıyla yönelik olarak, koruma-kullanma dengesi doğrultusunda yenilenebilir, nükleer ve hidrolik enerji tesislerinin inşa edilmesine öncelik verilmesinde büyük yarar görülmektedir.

Hidroelektrik potansiyelimizin %70 kadarı henüz değerlendirilememektedir. HES'lerin ekonomik ömürlerinin, minimum 50 yıl, ortalama 100-200 yıl, bazı projelerde 500 yıl olması nedeniyle öncelikle HES potansiyeli değerlendirilmesine yönelik politikalar oluşturulmalıdır.

Büyük miktarda tarım arazisini sular altında bırakan hidroelektrik santrallerden kaçınılmalı, bunun yerine derin vadiler tercih edilmeli veya bir büyük baraj yerine üç orta ölçekte baraj yapılmalıdır.

Hidrolik potansiyelin tamamının devreye alınması durumunda dahi, ülkemizin 2020 yılındaki elektrik enerjisi talebinin yalnızca %22'sinin hidrolik potansiyelden karşılanması mümkün olabilecektir.

Bu sebeple, Güneş enerjili elektrik üreteçlerinin kullanımları yaygınlaştırılmalı, gerekli standartlar oluşturulmalı, bu alanda tüketiciyi koruyacak, üreticiyi teşvik edecek önlemler alınmalı, yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Ar-Ge faaliyetleri ve Yakıt Pili (Fuel Cell) teknolojisinde yerli üretim imkânları organize edilmelidir. Değişik teknolojiler ve yöntemler, pilot uygulamalar ve gösterim tesisleri ile kamuya tanıtılmalıdır.

Ülkemizin şu an Avrupa sisteminden izole olarak çalışması, zamanla teknolojiye ortaya çıkacak gelişmeler ve AB'nin türbin fiyatlarının 2010 yılına kadar en az %30 oranında düşeceği öngörülmesi göz önünde alındığında, rüzgâr santralleri kapasite gelişiminin zamana yayılarak ve ağırlık mümkün olduğu kadar ileriki yıllara verilerek sağlanmasının ülkemiz açısından en uygun politika olacağı görülmektedir. Rüzgâr projelerin gerçekleştirilmesi ve ülkemizin Avrupa Birliğine entegrasyonu, Avrupa Birliğinin temiz enerji hedeflerine destek sağlayacağı için, projelerinin finansmanında Avrupa Birliği'nin bu konudaki fonlarından yararlanılması için çalışmalar yapılmalıdır.

Rüzgâr santralleri kurulurken en son teknolojik gelişmeleri içeren ve ticari uygulamaya girmiş türbinlerin kullanılmasının yanı sıra uluslararası test merkezlerinde üretim değerleri ölçülmüş türbinlerin seçilmiş olmasına özen gösterilmeli, rüzgâr potansiyeli saptanması, yer seçimi, rüzgâr çiftliği tasarımı ve rüzgar enerjisi çevrim sistemleri imalatı üzerine yapılacak ARGE çalışmaları devletçe desteklenmelidir. Rüzgar türbini yapılmaya uygun tarım yapılmayan rüzgar potansiyeli yüksek yerler seçilmelidir.

Jeotermal aramalar desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. Rezervuar parametrelerinin korunması ve çevreye jeotermal akışkanın atılmaması için reenjeksiyon mutlaka yapılmalıdır. Uluslararası kuruluşların jeotermal enerji konusunda Türkiye'de yatırım yapmaları özendirilmelidir. Yerel yönetimlerin uluslararası kuruluşlar ile ortaklık kurabilmesi özendirilmeli ve destek sağlanmalıdır.

Türkiye'de biyogaz çalışmaları desteklenmeli, pilot tesisler yaygınlaştırılmalıdır. Türkiye'ye iklim ve toprak koşullarına uygun rotasyon süresi kısa hibrid ağaç türleri yetiştirilmesi üzerinde durulmalıdır. Ormanlık alanların dışında kentlerin mücavir alanlarda gecekondu oluşumunu önlemeye yardımcı olacak biçimde biyokütle ağaç yetiştiriciliği yapılmalı, odun ve ağaç artıklarından odun briketi üretimine ağırlık verilmelidir.

Enerji tarımı ise hiç el atılmamış bir konudur. Ülkemizde enerji bitkileri tarımına C4 tipi bitkilerle ve özellikle Micsanthus, Sinensis tatlı-sorghum kolza ile başlanmalıdır. Örneğin, Reed Canary Grass, kenaf, aspir de bu tür bitkilerdendir. Katı yakıt olarak kullanılacak biyokütle materyalin endüstriyel tesislerde ve termik santrallerde yüksek verimle yakılabilmesi için özel akışkan yataklı kazanlar geliştirilmesi üzerinde durulmalıdır. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde yürütülen Ar-Ge çalışmaları

ile bu alanda sağlanan gelişmeler yakından izlenmeli, söz konusu Ar-Ge programlarına katılım olanakları değerlendirilmelidir.

Gerek deniz dalga ve gerekse boğaz akıntıları üzerinde potansiyel saptama geliştirilen son teknolojileri izleme amaçları ile Ar-Ge çalışmaları yapılmalıdır.

### 5.3. ENERJİ TASARRUFU VE VERİMLİLİK

Enerji üretiminin yanında üretilen enerjinin doğru bir şekilde kullanılması üretimde karşılaşılan problemlerin azalmasına yardımcı olacaktır. Ülkemizde uzun yıllardır ihmale uğramış olan elektrik enerjisi tasarrufu ve verimlilik konusundaki planlı uygulamaların gerekli işlemlerin ve yasal düzenlemelerin tamamlanması gerekmektedir. Bu uygulamalar sonucunda elde edilecek ülke elektrik enerji yoğunluğunun azalması, talep artış hızının azalması, kaynak israfının önlenmesi, emisyonların azaltılması gibi çok önemli yararlar yanında üretim, iletim ve dağıtımda yeni yatırım gereksinimi de azalacaktır.

Enerjinin verimli kullanımı örnek olan uygulamalardan biri "kojenerasyon"dur. Kojenerasyon kısaca, enerjinin hem elektrik hem de ısı formlarında aynı sistemden beraberce üretilmesidir. Bu birliktelik, iki enerji formunun da tek tek kendi başlarına ayrı yerlerde üretilmesinden daha ekonomik neticeler oluşturmaktadır. Basit çevrimde çalışan, yani sadece elektrik üreten bir gaz türbini ya da motoru kullandığı enerjinin %30-40 kadarını elektriğe çevirebilir. Bu sistemin kojenerasyon şeklinde kullanılması halinde sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir bölümü de kullanılabilir enerjiye dönüştürülerek toplam enerji girişinin % 70-90 arasında değerlendirilmesi sağlanabilir. Bu tekniğe "birleşik ısı-güç sistemleri" ya da kısaca "kojenerasyon" denmektedir [21].

Kojenerasyon tekniği ile kullanılan birincil enerjiden tasarruf %42 seviyesinde gerçekleşmektedir. Dolayısı ile kojenerasyon sisteminin çevreye en önemli katkılarından biri de burada ortaya çıkmakta, büyük enerji tasarrufu yanında atık emisyonları da aynı oranda azalmaktadır. Ülkemizde henüz üzerinde çok durulmayan bu husus, sistemin özellikle Avrupa ülkelerinde yaygın teşvik görmesinin ana sebeplerinden biridir [21].

Birleşik ısı-güç üretiminin yararları: [21].

Makro düzeyde :

1. Yüksek birincil enerji kullanım verimliliğinin sağladığı yerel veya ithal enerji kaynaklarının tasarrufu,
2. Enerji çevriminin tüketim yerinde gerçekleştirilmesi sonucunda elektrik enerjisi iletim ve dağıtım kayıplarının yok edilmesi,
3. Merkezi santrallere göre daha kısa inşaat ve devreye alma sürelerinin sağladığı hızlı elektrik enerjisi arz satışı,
4. Üretilen yararlı ısı güç birimi başına çevreye atılan katı, sıvı ve gaz madde miktarının, yalnız

elektrik üreten merkezi enerji santrali veya yalnız buhar üreten bir endüstri kazanına göre daha az olması,

5. Sanayi tarafından tüketilen elektrik enerjisinin az sayıda merkezi santral yerine, dağılmış bir şekilde endüstriyel tüketim yerlerinde üretilmesinin ulusal güvenliğe sağlayacağı katkı.

İşletme bazında:

1. İşletmenin azalan toplam enerji giderleri, nihai ürün kalitesini düşürmeden maliyetini azaltacak, şirketin rekabet gücü artacaktır.

2. İşletmenin enerji temin güvencesi olacak, üretim kesintilerinin yol açtığı zararlar ortadan kalkacaktır.



## 6. KAYNAKLAR

- [1]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), "Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001-2005", Haziran, 2000.
- [2]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), "Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu", DPT: 2569 - ÖİK: 585, Ankara, 2001.
- [3]. Türkiye Çevre Vakfı, "Türkiye'nin Çevre Sorunları 2003", Ankara, 2003.
- [4]. KARPUZCU, Mehmet., "Çevre Mühendisliğine Giriş", İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1988.
- [5]. GÖLHAN M., AKSOĞAN, S., "Suların Arıtılması", Plastik İnşaat Malzemeleri A.Ş. yayınları, İstanbul, 1976.
- [6]. ŞEN Zekâi, "Türkiye'nin Temiz Enerji İmkânları", Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.
- [7]. KÜLTÜR Ömer Faruk, "Enerji ve Çevre İlişkisi", Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.
- [8]. GONCALOĞLU Bülent İlhan., ERTÜRK Ferruh, ERDAL Alpaslan, "Termik Santrallerle Nükleer Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi Açısından Karşılaştırılması", Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı: 34, Ocak-Şubat-Mart, 2000.
- [9]. RODGER W.A., FİNEMAN P., "Radioactivity Waste Disposal", Chemical Engineering, 58, No.12, 146-50,1951.
- [10]. MCCULLUGH G.E., "Concentration of Radioactive Liquid Waste by Evaporation", Ind. Eng. Chem., 43, 7, 1505-1509, 1951.
- [11]. KARPUZCU Mehmet, AKKOYUNLU Atilla, ŞENEŞ Suat, "Radyoaktif Atıkları Zararsız Hale Getirme Teknikleri", Radyoaktif Atıklar, Çevre ve Sağlık Sempozyumu Bildirileri, Boğaziçi Üniversitesi, 331-344, İstanbul, 3-5 Mayıs 1989.
- [12]. AKKAYA Ali Volkan, AKKAYA KOCA Ebru, DAĞDAŞ Ahmet, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açından Değerlendirilmesi", IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I, Su Vakfı Yayınları, 16-18 Ekim 2002, İstanbul.
- [13]. ÇALIŞKAN Selami, "Nükleer Enerji", Ahmet Yüksel Özemre ile röportaj, Milli Gazete, Eylül 2004.
- [14]. ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, "Çevreyi Öncelikle Etkileyen Bazı Sanayiler ve Temel Sektör Faaliyetleri", Ankara, 1996.
- [15]. Sita Politik Danışmanlık, "Nükleer Enerji", www.sita.com.tr, Erişim: 12.02.2005.

- [16]. Avrupa Birliği Komisyonu, “Green Paper: Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply”, COM(2000) 769 Final, Brüksel, 29 Kasım 2000, ([http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/en/lpi\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/en/lpi_en.html)).
- [17]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı APK Kurulu, PFD İstatistikleri.
- [18]. International Electricity Agency, Statistics Electricity Information, 1999.
- [19]. European Union Energy Outlook to 2020, 1999.
- [20]. Choosing the Nuclear Power Option; Factors to be Considered, UAEA,1998.
- [21]. Türkiye Kojenerasyon Derneği, [www.kojenerasyon.com](http://www.kojenerasyon.com), Erişim: 13.02.2005.
- [22]. KAM, Erol, “Tekirdağ'ın Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.
- [23]. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, [www.iaea.org](http://www.iaea.org), Erişim: 23.03.2006.
- [24]. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, [www.dsi.gov.tr](http://www.dsi.gov.tr), Erişim: 04.04.2006.
- [25]. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr), Erişim:04.04.2006.
- [26]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr), Erişim:23.03.2006.
- [27].ÇAKMAK, Cuma, “Türkiye'de Su Kaynakları Potansiyeli, Geliştirilmesi, Yönetimi ve Kuraklık”, Türkiye'de Kuraklık ve Su Kaynaklarımız Dünya Su Günü Paneli, Su Vakfı Yayınları, 22 Mart 2001.
- [28]. VARINCA Kamil. B., VARANK Gamze, “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24-25 Haziran 2005.
- [29]. VARINCA Kamil. B., VARANK Gamze, “Rüzgâr Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu, Kayseri, 3-4 Haziran 2005.