



İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
COĞRAFYA DERGİSİ

Sayı 13, Sayfa 1-26, İstanbul, 2005
Basılı Nüsha ISSN No: 1302-7212 Elektronik Nüsha ISSN No: 1305-2128



TÜRKİYE'DE TERMİK SANTRALLER VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Thermal Power Plants in Turkey and Their Environmental Effects

Sedat AVCI^a

^a İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
sedtavci@istanbul.edu.tr

Alındığı tarih: 23.03.2005; Kabul tarihi: 19.09.2005

Abstract

Energy consumption is one of the most important indicators of economical and social development. We should say that the increasing consumption of energy and decreasing of population, industrialization, technological development, and welfare are directly proportional. Developing countries such as Turkey which are trying to reach the welfare degree of developed countries should product more.

According to electric generation policy in 8th Five Year Development Plan the basic principle in energy sector is to meet a continuous and uninterrupted energy demand of the increasing population and the developing economy within a reliable supply system at the lowest cost as much as possible. Therefore in each field of activity of the energy sector, utmost importance and priority shall be given to production, transport and consumption technologies, which are working more productive, economical and cleaner. In addition to that measures shall be taken towards developing and spreading new and renewable energy sources and ensuring that they occupy a greater place within the consumption, by taking into consideration the objective of protecting nature. Thus, it will be provided that the country's energy potential is used at the utmost degree, by the utilization of renewable energy sources, alongside the use of domestic fossil resources.

There are thirty-six thermal power plants in Turkey. They are used to hard coal, lignite, fuel oil, diesel, LPG, naphtha and natural gas. Turkey has both hard coal and lignite deposits. The hard coal is mostly located in the Zonguldak-Ereğli basin. Hard coal has more than 700 million metric tons of workable reserves. Çatalağzı thermal power plant (near Zonguldak) is using hard coal. Lignite deposits are widespread and plentiful (about 150 locations). Lignite reserves are estimated at more than 8 billion metric tons. Most of them are economically mine able, but only about 7% of them has a heat content of more than 3000 kcal/kg. About 40 % of the lignite is in the Elbistan basin. More than 10 thermal power plants are running by lignite. Other thermal power plants use fuel oil, diesel oil, natural gas, naphtha or LPG. Natural gas production is limited in Turkey. But Turkey import natural gas from Russia, Algeria, Nigeria, and Iran.

Thermal power plants are causing environmental problems with some churn. This churn could be gas (SO₂, CO, NO_x, etc.), liquid (high temperature etc.), or solid (flue ash, ash, etc.). Their effect on the natural vegetation (i.e., the decreasing in widths of annual tree rings, the poisoning of conifers) and human beings (health problems etc.) is obviously scary.

Key word: Electric generation, Thermal power plant, Turkey, Problems of environment.
Anahtar Kelimeler: Çevre kirliliği, Elektrik üretimi, Termik santral, Türkiye.

GİRİŞ:

Enerji tüketimi, ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli göstergelerinden biridir. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah seviyesinin yükselmesi ile doğru orantılı olarak enerji tüketiminde artış kaçınılmazdır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşabilmek için, çok daha fazla üretim yapmak zorundadır. Bu, gelişmekte olan ülkelerin daha fazla enerjiye ihtiyaç duyması anlamına gelmektedir. Dünyada refah düzeyinin yükselmesine bağlı olarak harcanan enerji miktarında da önemli bir artış ortaya çıkmıştır. 1970 yılında 207 katrilyon btu¹, 1980 yılında 285 katrilyon btu, 1990 yılında ise 348,5 katrilyon btu düzeyinde olan enerji tüketimi, 2001 yılında 403,9 katrilyon btu olmuştur. Birincil enerji tüketiminin 2010 yılında 470 katrilyon btu'ya erişeceği, 2025 yılında da 600 katrilyon btu'yu aşacağı hesaplanmıştır (EIA, 2004: 7). Günümüzde sadece daha fazla enerji tüketebilir hale gelmek veya tüketmek, gelişmişlik açısından tek ölçüt değildir. Bunun yerine enerjinin verimli kullanılması ön plana çıkmıştır.

Gereksinim duyulan enerjinin hangi kaynaktan sağlanacağı sorunu, yani kullanılacak enerji kaynaklarının ve kullanım oranlarının belirlenmesi, ülkelerin enerji politikasının temelini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir bir kalkınmanın olabilmesi için kullanılacak enerji kaynaklarının çevreye zarar vermemesi de büyük önem taşımaktadır. Bunu gerçekleştirmek amacıyla birçok uluslararası

kuruluş çaba harcamakta, bu kuruluşların başında da Birleşmiş Milletler gelmektedir. Birleşmiş Milletler bünyesinde oluşturulan "Sürdürülebilir Kalkınma için Enerji ve Çevre Programı" gibi organizasyonlar ülke, bölge ve tüm dünya için enerji kullanımında en az zararlı şeklin bulunmasını sağlamaya çalışmaktadır (TTF, 2005).

Dünyada kömür, petrol ve doğal gaz gibi birincil enerji kaynakları enerji üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynakları olarak da nitelenen bu kaynaklar, kullanıldıklarında tükenmekte az veya çok atık çıkartarak çevreye zarar vermektedir. Enerji üretiminde petrol başta gelen birincil enerji kaynağıdır. Zaman içinde farklı birincil kaynaklar ön plana çıkabilmektedir. 1970'li yıllarda enerji üretiminde petrolden sonra en fazla tüketilen kömür, 2000'li yıllardan itibaren yerini doğal gaza bırakmıştır². Yapılan tahminler 2025 yılında doğal gaz kullanımının daha da artacağı yönündedir. Son yıllarda enerji üretiminde nükleer enerji kaynaklarının kullanımı artmaktadır. Ancak, işletim esnasında ortaya çıkan atık ve güvenlik sorunları, bu kaynaktan enerji üretimiyle ilgili çözüm bulunması gereken konuların başında gelmektedir. Buna göre, yeni teknolojiler kullanılmadığı sürece nükleer kaynaklardan enerji üretiminin 15-20 yıl gibi yakın bir zaman diliminde artması beklenmemektedir. 1970'li yıllarda 10-20 katrilyon btu dolayında olan yenilenebilir enerji kaynakla-

¹ Bir enerji birimi olan Btu (British thermal unit), 39,1 °F sıcaklığındaki 1 pound suyun sıcaklığını 1 °F arttırmak için gerekli olan ısı miktarını ifade etmektedir.

² Dünyanın bilinen kömür rezervlerinin 984 milyar ton dolayında olduğu tahmin edilmektedir. Bu kömürün yaklaşık 190 yıllık kullanımına yeteceği hesaplanmıştır. Kömür bakımından en zengin ülkeler Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Çin ve Hindistan'dır (WCI, 2005: 3).

rından üretilen enerjinin, 2025 yılında 50 katrilyon btu'ya çıkartılması, buna karşılık atıklarının kaldırılması ve yüksek güvenlik gerektiren çalışma ortamına ihtiyaç duyulması nedeniyle nükleer santrallerden üretilen enerjinin zaman içinde azaltılması hedeflenmiştir. Ancak gelişmekte olan Çin, Kuzey Kore ve Hindistan gibi ülkeler, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için nükleer enerjiye yatırım yapmaya devam etmektedir. Bunun sonucunda 2025 yılında yapımı tamamlanan nükleer santrallerle birlikte üretilen enerjide yaklaşık 45 gigawattlık bir artış ortaya çıkacaktır (EIA, 2004: 9-10).

2001 yılında dünya enerji üretiminin %35,1'i petrolden, %22,6'sı kömürden, %21,7'si doğal gazdan olmak üzere toplam %79,4'ü fosil yakıtlardan, %13,7'si yenilenebilir enerji kaynaklarından ve %6,9'u da nükleer kaynaklardan elde edilmiştir (Goldemberg ve Johansson, 2004: 28). Dünyadaki enerji kullanımında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payı çok azdır. Ülkeler gelişmişlik düzeylerine göre elektrik üretiminde kullandıkları kaynaklarını çeşitlendirmekte ve fosil yakıt kullanımını en az seviyeye indirmeye gayret göstermektedir. İskandinav ülkelerinden bazıları³ sanayide fosil yakıt kullanılarak üretilmiş elektriği yüksek vergilendirme ile engellenmeye, hidroelektrik enerjisini ise yaygınlaştırmaya çalışmaktadır (EIA, 2004: 10). Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) bünyesinde kurulan Uluslararası Enerji Ajansı⁴ verilerine göre de ülkelerin enerji kaynakları kullanımında zaman içinde farklı tercihler gelişmiştir.

³ Örnek olarak İsveç'te kömür kullanan tesislerden alınan ve karbondioksit vergisi olarak bilinen verginin oranı 2002 yılında ton başına 530 İsveç Kronundan, 630 İsveç kronuna çıkarılmıştır. Bunun elektrik maliyetlerine yansımaları her kWh için 0,012 İsveç kronu düzeyindedir (IEA, 2003: 92).

⁴ Uluslararası Enerji Ajansı, uluslararası enerji programının uygulanması için 1974 yılında kurulmuştur. Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İtalya, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada, Kore, Lüksembourg, Macaristan, Norveç, Portekiz, Türkiye, Yeni Zelanda ve Yunanistan bu ajansı oluşturan ülkelerdir.

Son 30 yıllık dönemde enerji üretiminde fosil enerji kaynaklarının kullanımı azalmıştır. Ancak esas azalış, fiyatının hızla yükselmesi ve temininin siyasal olaylardan etkilenmesi nedeniyle petrolde olmuştur (Tablo 1). Petrolden elde edilen enerjideki azalışın, büyük ölçüde nükleer enerji ile telafi edildiğini istatistikler göstermektedir. Alternatif enerji üretim sistemlerinin geliştirilmesi ve fosil yakıt kullanımının azaltılması, tüm dünya için büyük önem taşımaktadır.

Dünya birincil enerji kaynaklarının tüketiminde elektrik enerjisi üretimi büyük bir paya sahiptir. Son yıllarda doğal gaz, elektrik üretiminde daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Gelecek 20 yıl içerisinde elektrik üretiminde doğal gazın payının %18'den %25'e çıkarılması, hidroelektrik üretim kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının da artırılması beklenmektedir (EIA, 2004: 9). Bütün bunlara karşılık, geleceğe yönelik elektrik talebini değerlendiren çeşitli kuruluşlar, fosil yakıtların kullanımına yönelik büyük farklılıklar ortaya çıkmayacağını tahmin etmektedir. Petrol tüketiminin azaltılması ve linyitin kullanımının artırılması yönünde politikalar ile elektriğin daha verimli kullanılması enerji konusundaki başlıca hedefler olarak belirtilmektedir. Ancak verimliliğin artırılması ile talepteki artışın sadece bir kısmını karşılamak mümkün olabilecektir (Flavin ve Lenssen, 1994: 24).

Enerji güvenliğinin ve sürekliliğinin sağlanabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 4 Haziran 1993 tarihinde Paris'te yapılan bakanlar toplantısında, enerji güvenliğine ilişkin 9 maddelik ortak hedefler kabul edilmiştir. Buna göre;

1-Enerji sektöründe çeşitliliğin, verimliliğin ve esnekliğin uzun vadeli enerji güvenliği için temel olduğu,

2-Enerji sistemlerinin, talebi hemen karşılayacak yeteneğe ve enerji güvenliğini sağlayacak esnek bir yapıya sahip olması gerektiği,

3-Çevresel sürdürülebilirliğin temininin ve enerji kullanımının, ortak hedeflerin başarılmasında esas olduğu ve karar

alıcıların, enerji üretim faaliyetlerinin çevresel etkisinin en az olmasını göz önünde bulundurmasına ve kararların gerçek enerji talebine göre belirlenmesine,

4-Daha çok çevreci olarak kabul edilen enerji kaynaklarının teşvik edilmesine ve geliştirilmesine, fosil olarak nitelendirilmeyen ekonomik yakıtların gelişmesinin öncelikle değerlendirilmesine,

5-Enerji yeterliliği kavramının çevresel korumayı ve enerji güvenliğinin gelişmesine yardımcı olacak şekilde düzenlenmesine,

6-Yeni ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin araştırma, geliştirme ve pazarlama-

sının başarılı olarak geliştirilebilmesi için katkıda bulunulmasına,

7-Enerji fiyatlarının belirlenmesinde destekleme yapılmamasına ve fiyatların pazara göre belirlenmesine,

8-Serbest ve açık pazar ile yatırımlar için güvenilir bir çatı altında, enerji pazarı ve enerji güvenliğinin yeterliliğine katkıda bulunulmasına,

9-Enerji pazarına katılanların tamamı aralarında bilgileri ve karşılıklı anlayışlarıyla, yeterliliği geliştirmeyi cesaretlendirici, çevresel olarak kabul edilebilir, esnek enerji sistemleri ve dünya çapında Pazarlamada işbirliği içinde yardım edilmesine karar verilmiştir (IEA, 2003: 419-420).

Tablo 1- OECD ülkelerinde toplam enerji talepleri içerisinde farklı kaynakların payları.

	Kömür	Petrol	Doğal gaz	Nükleer	Diğerleri*
1973	21,1	54,1	19,1	1,4	4,3
1979	21,0	51,5	18,8	3,8	4,9
2001	20,5	40,7	21,4	11,6	5,8
2002	20,5	40,3	21,8	11,7	5,7

* Hidrolojik, jeotermal, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve dalga enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır.

Kaynak: IEA, 2003: 372-373.

Türkiye'nin enerji politikaları da son dönemde kişi başına enerji tüketiminin artırılmasından çok, verimliliğin yükseltilmesine yönelik olarak belirlenmeye başlamıştır (DPT, 2000: 142). Buna karşılık 2000 yılı verilerine göre Türkiye'nin kişi başına elektrik tüketimi 1840 kWh'dır. Bu değer, dünya ortalamasının (2376 kWh) oldukça altındadır⁵.

Türkiye, dünya potansiyel hidroelektrik gücünün yaklaşık %1'ine sahiptir (IEA, 2003: 258). Yıllık 433.000 GWh'lik hidroelektrik potansiyelinin 216.000 GWh'lik kısmı teknik olarak işletilebilir, 125.000 GWh'lik kısmı ise ekonomik olarak işletilebilir düzeydedir (Orhon, 2001). Türkiye enerji üretiminde, su potansiyelinin bir kısmını kullanmaktadır. Buna karşılık, hidroelektrik santrallerden elde edilen enerji, toplam enerji tüketiminin

1/3'ini oluşturmaktadır. Tüketilen elektrığın yaklaşık 2/3'si ise, termik santrallerden karşılamaktadır. Dünya genelinin aksine Türkiye'de elektrik üretiminde birincil enerji kaynağı olarak petrol değil, kömür en büyük paya sahiptir. Kömür ve petrol dışında termik santrallerinin bazılarında doğal gaz, nafta, sıvılaştırılmış gaz (LPG) gibi enerji kaynakları da kullanılabilir. Ancak termik santrallerde kullanılan her türlü yakıt, çeşitli oranlarda atık çıkarmaktadır. Dolayısıyla kullanılan birincil enerji kaynağının cinsi ve niteliği, santralin çevresel etkileri üzerinde büyük öneme sahiptir.

ÇALIŞMANIN AMACI:

Gelişmekte olan ülkelerin büyük miktarlarda enerjiye ihtiyaçları vardır. Söz konusu enerjinin öz kaynaklardan sağlanması, ülke ekonomileri açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye farklı enerji kaynaklarına sahip bir ülkedir. Kullanım yerine göre farklılık göstermesine karşılık, ihtiyaç duyulan en önemli enerji çeşidi

⁵ Yunanistan'da kişi başına düşen elektrik tüketimi 3800 kWh, İspanya'da 4000 kWh, Rusya'da 6000 kWh'dir. Avrupa Birliğine dahil olan ülkelerinin ortalamaları ise 7000 kWh dolayındadır (Kahriman ve Kurşun, 2005).

elektriktir. Elektrik üretiminde hangi kaynağın kullanıldığı, yatırımların planlanması ve üretimin gerçekleştirilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan fosil kaynaklar ile yeni ve yenilenebilir kaynakların varlığı ve kullanılabilirliği ülkelerin enerji politikalarına da yön vermektedir. Türkiye'de termik santrallerin çevresel etkilerinin ortaya konulması çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Çalışmada termik santraller, kullandıkları birincil enerji kaynağına göre gruplandırılmış ve bu tesislerin dağılımları ortaya konulmuştur. Termik santrallerin çevre üzerinde yarattığı olumsuzlukların coğrafi ortam üzerindeki etkileri, Türkiye'nin enerji politikalarının dün, bugün ve geleceği açısından değerlendirilmiştir.

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN GELİŞİMİ VE UYGULANAN POLİTİKALAR:

Türkiye Cumhuriyeti'nin ilanı ve Lozan Antlaşmasının imzalanmasından sonra, siyasal bağımsızlığın ancak ekonomik bağımsızlıkla birlikte sürdürülebileceği Atatürk tarafından vurgulanmıştır. Ancak ülke, ekonomik anlamda bağımsızlığını sağlayacak araçlara tam olarak sahip değildi. Çünkü Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk yıllarında ekonomi, ilkel bir tarım sistemi ile gelişmemiş atölye tipi bir sanayiden oluşuyordu. Bununla birlikte kalkınmanın ancak sanayileşme ile gerçekleşeceği konusunda bir ortak görüş paylaşılıyordu (Avcı, 2000: 33). Bütün bunların sonucunda Türkiye'nin sanayileşmesinin sağlanması için hazırlıklara başlanmıştır. Ancak sanayinin geliştirilebilmesi, üretimin de temel girdilerinden olan enerjiye bağlıdır. Bu amaçla I. İktisat Kongresinden günümüzdeki kalkınma planlarına kadar yapılan tüm çalışmalarda, enerji üretimine ilişkin değerlendirmeler yer almıştır⁶.

⁶ Türkiye'nin enerji politikaları Cumhuriyetin ilk yıllarında ihtiyaçlar ve imkânlar ile belirlenirken, günümüzde bu politikalar üzerinde uluslararası antlaşmalar da etkili olmaktadır. Özellikle iklim değişikliği üzerinde yürütülen çalışmalar, ülkelerin enerji politikalarını adeta yeniden şekillendirmektedir. Fosil yakıtların yerine yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi ön plana

Türkiye Cumhuriyeti kurulduğunda enerji üretimi oldukça sınırlıydı. Sadece Tarsus, İstanbul ve Adapazarı elektrikten yararlanabilmekteydi (Karabulut, 1994: 55; Karabulut, 2000: 144). Cumhuriyet öncesinde Anadolu'da ilk kez 1902 yılında su değirmeninden üretilen elektrik Tarsus'a verilmiştir. İstanbul'da elektrik 1914 yılında Silahtarağa Termik Santrali'nin kuruluşu ile yaygınlaşmış, bu tesis 1983 yılına kadar elektrik üretmeye devam etmiştir⁷.

Türkiye'de her ne kadar ekonomik değer taşıyan ilk elektrik üretimi su gücünden faydalanılarak elde edilmişse de, yapımı hidroelektrik santrallere nazaran daha ucuz ve kolay olan termik santrallerin Türkiye'deki elektrik üretim kapasitelerinin toplamı daha yüksektir (Tablo 2). Hidroelektrik santralinin kurulabilmesi için büyük çoğunlukla baraja da gerek vardır. Ancak baraj yapımı sadece bir inşaat değildir. Aynı zamanda baraj bölgesinde tarım alanlarının ve yerleşmelerin boşaltılması gibi çalışmaları da içeren çeşitli kamulaştırma faaliyetleri ile fiziki düzenlemelere gereksinim duyulur. Bütün bu faaliyetler doğada bir takım değişikliklere neden olduğu gibi⁸ çevrenin

çıkılmaktadır. Türkiye'nin de gelecek için planlarını buna göre yapma zorunluluğu vardır (Kaygusuz, 2003: 1687-1688)

⁷ İstanbul'da elektrik ilk kez belirli bölgelere Macar Ganz Anonim Elektrik Şirketi tarafından ulaştırılmıştır. 1911 yılında bu şirket, Bank General De Credit Hongrois ve Banque De Bruxelles ile birlikte Osmanlı Elektrik Şirketi'ni kurarak Galata-Ortaköy arasındaki tramvay hattını elektrikle işler hale getirmiştir. Silahtarağa Merkez Elektrik Fabrikası'nın kurulması ile tramvay hattı yanında, daha fazla aboneye de elektrik verilmesi mümkün olmuştur. Silahtarağa fabrikası 1921, 1923 ve 1937 yıllarında yeni türbinlerle güçlendirilmiştir. 1952 yılına kadar İstanbul'un elektriği bu tesisten karşılanmış, bu tarihte Çatalağzı'ndan İstanbul'a elektrik verilmeye başlanmıştır. 1938 yılında devletleştirilen Silahtarağa Termik Santrali İstanbul Belediyesine bağlanmış, 1971 yılında ise yeni oluşturulan Türkiye Elektrik Kurumu'na devredilmiştir (BEDAŞ, 2005).

⁸ Hidroelektrik santralleri elektrik üretimi yanında taşkın koruma, çevre ziraatını geliştirme, balıkçılığı destekleme, ağaçlandırma, çevrenin estetik kalitesinin ve özellikle yukarı çığırda su kalitesinin yükseltilmesi gibi hedeflere sahip olabilirler. Özellikle büyük hidroelektrik santrallerindeki baraj gölünün mikroklimatik, hidrolojik ve biyolojik açıdan çevre

sosyo-ekonomik yapısını da etkiler. Sonuç olarak yapım maliyetleri yükselmekte ve inşaat süresi ise uzamaktadır. Buna karşılık termik santraller daha küçük alan kullanılarak, daha kısa sürede inşa edilebilme avantajına sahiptir. Fakat elektrik üretiminde mutlaka bir bedel karşılığında temin edilen bir birincil enerji kaynağına ihtiyaç duyulur. Kullanılan enerji kaynakları değişen oranlarda olumsuz çevresel etkilere sahiptir.

Türkiye’de 1923 yılında toplam 44,5 MW dolayında olan elektrik üretimi, 1950 sonrasında 1000 MW, 1970 sonrasına 10.000 MW’a çıkmış, 1990’ların ikinci yarısından sonra ise 100.000 MW’ı aşmıştır (Şekil 1). Elektrik üretiminde termik santrallerin payı yüksektir. Cumhuriyetin ilk yıllarında %97-98 dolayında olan termik santrallerin payı, 1955 yılında ancak %94’e düşmüştü. Buna karşılık hidroelektrik santrallerinin arka arkaya devreye girmesi ile 1956 yılında termik santrallerin sağladığı enerjinin payı %83’e, 1960 yılında ise %67’ye kadar gerilemişti (Şekil 2). Ancak 1975-1980 yılları arasında sosyal ve ekonomik kriz nedeniyle kömür üretiminin aksaması veya petrol fiyatlarının aşırı artması gibi nedenlerle, termik santrallere hammadde temininde güçlükler ortaya çıkmıştır. Doğan elektrik açığı ise ithalat ile karşılanmaya çalışılmıştır. Bu dönemde kullanıma sunulan elektriğin yaklaşık %2-5’i ithal ediliyordu. 1980 sonrasında tercih edilen ekonomi politikasına uygun olarak 1984 yılına kadar elektrik enerjisinin ithalatı devam etmiş ve zaman zaman ithal edilen elektrik toplam arz edilen elektriğin %8’ine kadar yükselmiştir⁹.

üzerinde etkileri vardır. Buharlaşmayı arttırması, tarım arazilerinde tuzlanmaya ve çoraklaşmaya neden olması, paraziter hastalıkların artması, hidrolojik dengenin ve baraj alanında flora ve faunada değişikliklerin ortaya çıkması gibi fiziki; tarihi dokunun sular altında kalması gibi kültürel etkileri ilk akla gelen olumsuz etkilerdir (DPT, 2001a: 9-5, 9-6).

⁹ Ülke veya bölgeler arası karşılaştırma yapabilmek ve enerji tüketimindeki verimliliği belirlemek için kullanılan yöntemlerden biri, enerji yoğunluğunun belirlenmesidir. Enerji yoğunluğu, enerji tüketimindeki artışın, gayri safi milli hâsıladaki artış oranını göstermektedir. Oranın 1’in üzerinde

Bu yıllarda elektrik üretiminde su gücünün de kullanımının artması nedeniyle termik santrallerin payı toplam üretim içinde ilk kez %60’ın altına inmiş ve 1980-2002 arasında 1986 yılı haricinde %60’ın altında kalmaya devam etmiştir. 1986 yılı, hidroelektrik santrallerden elektrik üretiminin de olumsuz yönde etkilenebileceğine bir örnek oluşturmaktadır. Söz konusu yıl yaşanan kuraklık nedeniyle barajlardaki su seviyesi düşmüş ve elektrik üretiminde bir azalış meydana gelmiştir. Hidroelektrik santrallerinden elde edilen elektriğin payı azalınca, termik santrallerin payı yeniden %60’ı aşmıştır. 2002 ve 2003 yıllarında ise termik santrallerin payı yeniden toplam elektrik enerjisinin yaklaşık 2/3’ini oluşturacak düzeye çıkmıştır.

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda enerji sektöründeki temel amacın, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyacının kesintisiz, sürekli ve mümkün olan en düşük maliyetle güvenilir olarak sağlanması olarak belirlenmiştir. Bunu gerçekleştirebilmek için enerji sektörünün tüm faaliyet alanlarında daha verimli, ekonomik ve çevresel kirliliğe yol açmayan üretim, nakil ve tüketim teknolojilerine önem ve öncelik verilmesi düşünüldüğüne yer verilmektedir. Ayrıca doğanın korunması konusu dikkate alınarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve tüketiminin toplamdaki payının arttırılması planlanmıştır. Böylece yerli fosil kaynaklarına ek

çıkması, verimliliğin düşük olduğu anlamına gelmektedir. Enerji tüketimi açısından henüz doyunluğa ulaşmamış, sanayileşme yolundaki ekonomilerde enerji yoğunluğu değerinin düşürülmesi kolay olmamaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü’nün verilerinden yapılan hesaplama göre (DİE, 1998: 327, 647; DİE, 2002), son 10 yıllık dönemde Türkiye’nin ortalama enerji yoğunluğu 0,5 düzeyindedir. Ancak bu oran yıldan yıla büyük sapmalar da gösterebilmektedir (1993-1994 döneminde 0,1’e kadar düşmüş, 1995-1996 döneminde 0,7’ye kadar çıkmıştır). Türkiye’nin enerji tüketiminde çevrim tesisleri büyük paya sahiptir. Nihai tüketimde büyük payı olan elektriği üretebilmek için kurulan santrallerde büyük miktarlarda enerji kullanımı söz konusudur. Bu durum Türkiye’nin enerji tasarrufunu sadece tüketimde değil, dönüşüm tesislerinde de yapması gerektiğini göstermektedir (Aybar, 1993: 27-31).

TÜRKİYE'DE TERMİK SANTRALLER VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

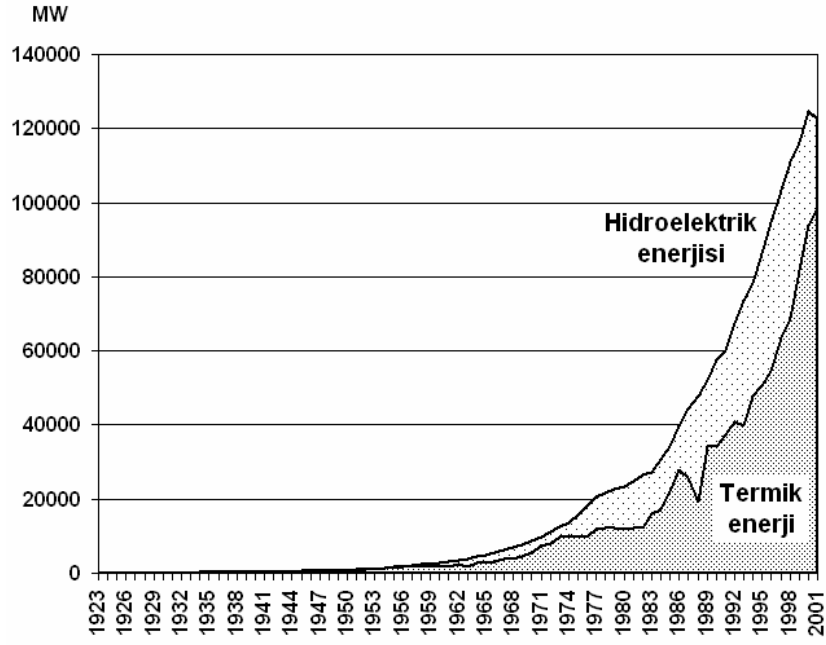
olarak yenilenebilir enerji kaynakları da
 üretime katılarak ülke enerji potansiyeli-

nin en üst derecede kullanıma sokulması
 hedeflenmiştir (DPT, 2000: 145-152).

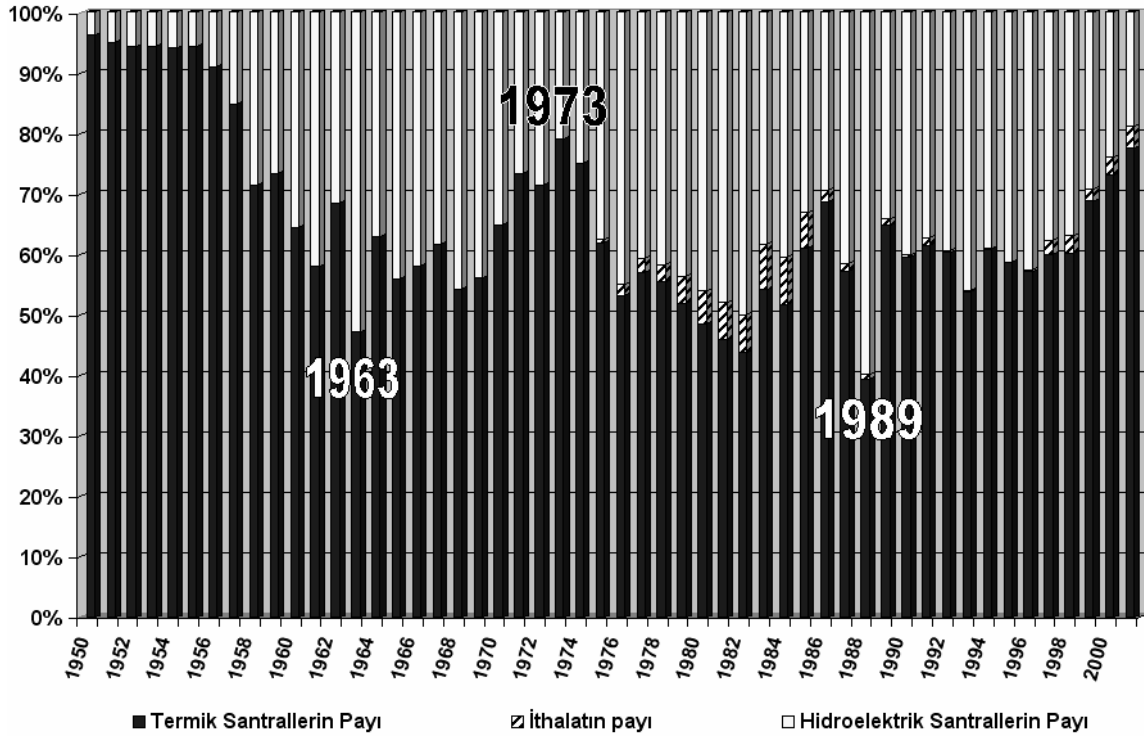
Tablo 2- Türkiye'nin elektrik enerjisi üretim kapasitesinin yıllara göre gelişimi (MW).

Yıl	Termik Santraller	Hidroelektrik Santraller	Toplam	Yıl	Termik Santraller	Hidroelektrik Santraller	Jeotermal ve Rüzgâr Gücü	Toplam
1923	32,7	0,1	32,8	1964	921,1	497,2		1418,3
1924	32,8	0,1	32,9	1965	985,4	505,1		1490,5
1925	33,3	0,1	33,4	1966	1028,0	616,3		1644,3
1926	48,4	0,2	48,6	1967	1257,4	701,7		1959,1
1927	51,5	0,4	51,9	1968	1243,4	723,2		1966,6
1928	64,4	1,5	65,9	1969	1243,4	723,8		1967,2
1929	68,9	3,2	72,1	1970	1509,5	725,4		2234,9
1930	74,8	3,2	78,0	1971	1706,3	871,6		2577,9
1931	98,7	3,2	101,9	1972	1818,7	892,6		2711,3
1932	99,8	3,5	103,3	1973	2207,1	985,4		3192,5
1933	104,3	3,5	107,8	1974	2282,9	1449,2		3732,1
1934	112,9	4,5	117,4	1975	2407,0	1779,6		4186,6
1935	121,2	5,0	126,2	1976	2491,6	1872,6		4364,2
1936	133,3	5,2	138,5	1977	2854,6	1872,6		4727,2
1937	161,7	5,4	167,1	1978	2987,9	1880,8		4868,7
1938	173,1	5,4	178,5	1979	2987,9	2130,8		5118,7
1939	210,1	5,5	215,6	1980	2987,9	2130,8		5118,7
1940	209,2	7,8	217,0	1981	3181,3	2356,3		5537,6
1941	213,8	8,2	222,0	1982	3556,3	3082,3		6638,6
1942	218,5	8,2	226,7	1983	3695,8	3239,3		6935,1
1943	228,2	8,2	236,4	1984	4569,3	3874,8	17,5	8461,6
1944	233,7	8,2	241,9	1985	5229,3	3874,8	17,5	9121,6
1945	237,7	8,2	245,9	1986	6220,2	3877,5	17,5	10115,2
1946	238,5	9,0	247,5	1987	7474,3	5003,3	17,5	12495,1
1947	242,3	9,1	251,4	1988	8284,8	6218,3	17,5	14520,6
1948	296,2	9,3	305,5	1989	9193,4	6597,3	17,5	15808,2
1949	371,8	10,0	381,8	1990	9535,8	6764,3	17,5	16317,6
1950	389,9	17,9	407,8	1991	10077,8	7113,8	17,5	17209,1
1951	399,2	24,0	423,2	1992	10319,9	8378,7	17,5	18716,1
1952	412,0	25,8	437,8	1993	10638,4	9681,7	17,5	20337,6
1953	470,1	29,4	499,5	1994	10977,7	9864,6	17,5	20859,8
1954	480,2	36,7	516,9	1995	11074,0	9862,8	17,5	20954,3
1955	573,5	38,1	611,6	1996	11297,1	9934,8	17,5	21249,4
1956	731,9	154,2	886,1	1997	11771,8	10102,6	17,5	21891,9
1957	777,6	161,8	939,4	1998	13021,3	10306,5	26,2	23354,0
1958	809,1	220,9	1030,0	1999	15555,9	10537,2	26,2	26119,3
1959	843,4	317,6	1161,0	2000	16052,5	11175,2	36,4	27264,1
1960	860,5	411,9	1272,4	2001	16623,1	11672,9	36,4	28332,4
1961	878,6	445,3	1323,9	2002	19568,5	12240,9	36,4	31845,8
1962	901,2	469,6	1370,8	2003	22974,4	12578,7	33,9	35587,0
1963	902,6	478,5	1381,1					

DİE, 2002.



Şekil 1- Türkiye’de elektrik üretimi (1923–2001).



Şekil 2- Türkiye’de tüketime sunulan elektriğin temin edildiği kaynaklara göre payları.

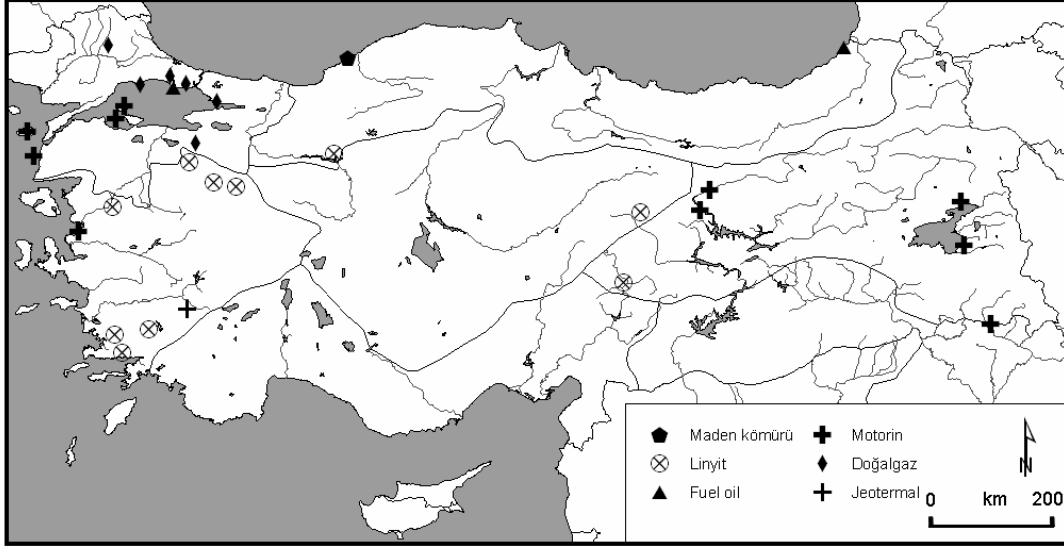
Yapılan çalışmalarda 2000–2010 yılları arasında yüksek verime, ancak düşük yatırım maliyetine sahip birincil enerji kaynaklarının kullanımının artması beklenmektedir. Elektrik sektöründeki yeniden yapılanma ve kolaylaşması beklenen doğal gaz temin koşulları nedeniyle doğal gaz ile çalışan tesislerin önem kazanacağı ön görülmektedir. Fakat gaz fiyatlarındaki artışa bağlı olarak zaman içinde doğal gazın ekonomik olmaktan çıkacağı, 2020–2030 yıllarında “temiz kömür” teknolojilerinin kullanıldığı tesislerin öneminin artacağı tahmin edilmektedir (Tuncer ve Eskibalci, 2003: 88).

Bütün bunların yanında Türkiye, elektrik üretiminde kullanacağı kaynaklar ile ilgili bazı yeni yükümlülüklerle de karşı karşıyadır. Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanan “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi”, 1992 yılında Rio de Janeiro’da düzenlenen Çevre ve Kalkınma Konferansı sırasında ülkelerin imzasına açılmıştır. Türkiye, küresel ısı artışı ve iklim değişikliğine neden olan gaz emisyonunun azaltılmasına ilişkin hedefi benimsemekle beraber, sorumluluklar ve beklenen fedakârlıklar konusunda aynı düşüncelere sahip değildir (Çevre Bakanlığı, 1992: 26). Yüksek oranda enerji kullandığı için çevre kirliliğinden daha fazla sorumlu olduğu düşünülen gelişmiş ülkeler sözleşmenin Ek 1 ve Ek 2’de yer alan listelerinde gösterilmekte, Türkiye’de bu ülkeler arasında yer almaktadır. Ancak Türkiye gelişmekte olan bir ülke olduğunu ve gelişmiş ülkeler kadar çevreyi kirletmediğini vurgulayarak, onların neden olduğu bir kirliliğin giderilmesinde onlar kadar bir bedel ödemesinin mümkün olmadığını belirtmektedir. Söz konusu sözleşmenin ardından imzaya açılan Kyoto Protokolü de, Türkiye tarafından neden olmadığı bir konuda daha fazla yükümlülüğe girmemek adına imzalanmıştır (DPT, 2001a: 9–12; Senguler, 2001). Buna karşın Avrupa Birliği’ne girmek arzusunun taşıyan Türkiye’nin bu arzusunun gerçekleştirilebilmesi için enerji politikalarının da Avrupa Birliği’nin

politikaları ile uyumlu olması zorunludur. Avrupa Birliği sadece tükenbilir kaynaklara dayanan enerji üretimi yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarının da dengeli olarak kullanımını gerektiren bir enerji politikasını tercih etmektedir. Aynı zamanda fosil yakıt kullanımında da uzun vadede değişiklik yapmayı planlamaktadır. Buna göre, 1990 yılında fosil yakıt kullanımında en büyük paya (%54,4) sahip olan kömür, 2020 yılında %37,5’e, %23,5 olan sıvı yakıtların payı da %15,7’ye düşürülmüş olacaktır. Bunların yerini daha çok gaz yakıtlar alacaktır. Yapılan tahminler 1990 yılında sadece %17,2 olan gaz halindeki yakıtların payının 2020 yılında iki katından daha fazla artmış olacağı yönündedir (DPT, 2001a: 4–12). Sonuç olarak Türkiye yakın gelecekte, birincil enerji kaynaklarının kullanımı da dâhil, enerji politikalarını yeniden belirlemek zorunda kalacaktır.

TÜRKİYE’DE TERMİK SANTRALLER-DE KULLANILAN BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI VE GENEL ÖZELLİKLERİ:

Türkiye’de termik santrallerde elektrik üretimi için maden kömürü, linyit, fuel-oil, motorin, doğal gaz, sıvılaştırılmış gaz (LPG), nafta gibi fosil yakıtlar ve türevleri ile jeotermal kaynaklar ve atıklar kullanılmaktadır. Bir tesis veya tesisler topluluğuna ısı ve elektrik enerjisi üreten termik santraller haricinde, üretimini genel elektrik iletim sistemine veren 30’un üzerinde tesis bulunmaktadır. Bu tesislerden bazıları tek bir enerji kaynağıyla, bir kısmı ise birden fazla enerji kaynağı ile çalışmaktadır. 2000 yılında Türkiye’deki tüm termik santrallerin kurulu gücü 16.204 MW’tır. Bu santraller içinde doğalgaz ve linyit ile çalışan termik santraller çoğunluktadır. Termik santrallerde yaklaşık 93.000 GWh üretim gerçekleştirilmektedir. Termik santrallerden maden kömürü, linyit ve jeotermal enerji ile çalışanları hammaddenin kaynağına yakın, doğal gaz, fuel-oil gibi yakıtlarla çalışanları da tüketim sahalarına yakın kurulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3- Termik santrallerin dağılışı.

Türkiye’de kömür ile çalışan termik santrallerden Çatalağzı termik santralinde maden kömürü, diğerlerinde ise linyit kullanılmaktadır. Doğal kaynakların ve/veya sağlanan enerjinin yetersiz olduğu yerlerde (Gökçeada, Aliağa, Marmara adası, Kangal, Erciş, Engil gibi), yerel ihtiyaçların karşılanması için motorin veya fuel-oil ile çalışan daha küçük kapasiteli termik santraller kurulmuştur. Jeotermal kaynaklardan Kızıldere (Denizli)’de kurulan termik santralin dışında enerji üretiminde yararlanılmamaktadır¹⁰. Son 20 yıldır Türkiye’de doğal gazdan elektrik üretimi yaygınlaşmaktadır. Elektrik üretiminde Hamitabad ile başlayan doğal gaz kullanımı¹¹, Marmara bölgesinde İstanbul ve çevresi ile Bursa’ya da yayılmıştır. Bu termik santrallerden bir kısmı ısı ve elektriği birlikte üretmektedir. Adapazarı, Ankara ve İzmir, doğal gaz kombine çevrim santrallerinin kurulmasının düşünüldüğü diğer bazı büyük merkezlerdir (DPT, 2001a: 13–13, 13–20).

¹⁰ Aydın’da Germencik ve Salavatlı’da, ve Çanakkale Tuzla’da elektrik üretmeye elverişli jeotermal kaynaklar bulunmaktadır. Bunun yanında beş farklı merkezde daha teknolojik gelişmeye bağlı olarak elektrik üretiminin mümkün olabileceği belirtilmektedir (DPT, 2001d: 30–31).

¹¹ Doğal gazın temininde sıkıntı yaşandığı dönemlerde santralde fuel-oil de yakılmıştır.

Taşkömürü kullanılan termik santrallerin genel özellikleri:

Türkiye’de ekonomik anlamda maden kömürü üretimi; Zonguldak çevresindeki Armutçuk, Kozlu, Üzülmüş ve Karadon ocakları ile Amasra’daki ocaklardan yapılmaktadır. Antalya Merkez ilçede Pamucak yaylasında, Akseki ilçesinde Güzelsu ve Çukurköy mevkiinde; Diyarbakır’ın Hazro ilçesinde rezerv bakımından önemli olmayan maden kömürü yatakları bulunmaktadır. Zonguldak çevresindeki ocaklardan çıkartılan maden kömürünün özellikleri Amasra’dan çıkartılandan daha iyidir. Zonguldak çevresinde %5–6 arasında su, %9–12,5 kül ve %0,8–0,9 oranında kükürt barındıran ocaklardaki kömürün alt ısıl değeri 6710–6740 Kcal/kg arasında değişmekte, buna karşılık, Amasra’dan çıkartılan maden kömüründe %7 nem, %12,5 kül ve %1,5 kül bulunmaktadır. Amasra’da üretilen kömürün alt ısıl değeri diğer maden kömürlerine nazaran daha düşüktür (5840 Kcal/kg). Türkiye’nin maden kömürü rezervi 1,1 milyar ton dolayındadır (İTO, 1997: 320, 307; DPT, 2001b: 41–42).

Ulusal ve uluslararası elektrik sistemine bağlı olarak elektrik üretimi yapan ve maden kömürüyle çalışan tek santral Çatalağzı Termik Santralidir. Santralin

temeli 1946 yılında atılmış ilk üniteler 1948 yılında deneme üretiminde başlamıştır. 1956 yılında ilave üniteler faaliyete geçmiştir. Kullanılan teknolojinin geri kalması ve kapasite artırımına ihtiyaç duyulması nedeniyle, ÇATES-B olarak bilinen ikinci santralin temeli 1977 yılında atılmış, 1989 yılında deneme üretimine, 1990 yılında da ticari üretime başlamıştır. Yeni yapılan santralin 1987 yılında inşaatına başlanan ek üniteleri 1991 yılının ilk aylarında deneme üretimi yapmış, yılın sonuna doğru da ticari üretime geçmiştir. Ekonomik olmaktan çıkan ilk santral (ÇATES-B'nin yapılmasından sonra ÇATES-A olarak nitelendirilecek olan Çatalağzı Termik Santrali) 1991 yılında kapatılmıştır. Halen kullanımda olan ÇATES-B santrali maden kömürünün yıkanmasından sonra lavvar atığı olarak çıkan milimetrik boyutta ve nispeten düşük kalorili mikst adı verilen kömür tozlarını yakmaktadır. Yardımcı yakıt olarak fuel-oil ve mazot kullanmaktadır.

Çatalağzı termik santralinin çevresel etkileri, diğer kömür ile çalışan termik santrallere göre oldukça azdır. ÇATES-A'da ilk kurulduğunda %14 külle sahip kömür yakılmıştı. Daha sonraki yıllarda %50 kül oranına sahip olan düşük kaliteli kömür de kullanılmıştır. Bu kabuledilebilir değerlerin 4,5-5 katı kadar fazla oranlarda partikülün atmosfere bırakılmasına neden olmuştur. ÇATES-B'de ise kullanılan elektro filtrelerin de yardımıyla, atmosfere salınan partikül miktarı kabuledilebilir düzeylere inmiştir. Daha önce lavvarlardan denize dökülerek yok edilme-ye çalışılan miksti yakarak çevreye katkıda bulunan Çatalağzı termik santrali, uçucu kül ve cürufunu denize boşaltarak bir başka kirlenmeye yol açmaktadır (Zonguldak Çevre, 1994: 62, 75).

Linyit kullanılan termik santrallerin genel özellikleri:

Türkiye'nin farklı yerlerine dağılmış, yaklaşık 150 lokasyonda linyit bulunmaktadır (Şekil 4). Toplam linyit rezervi 8,2 milyar ton dolayındadır. Ancak bunun yarısından daha azı işletilebilir olma

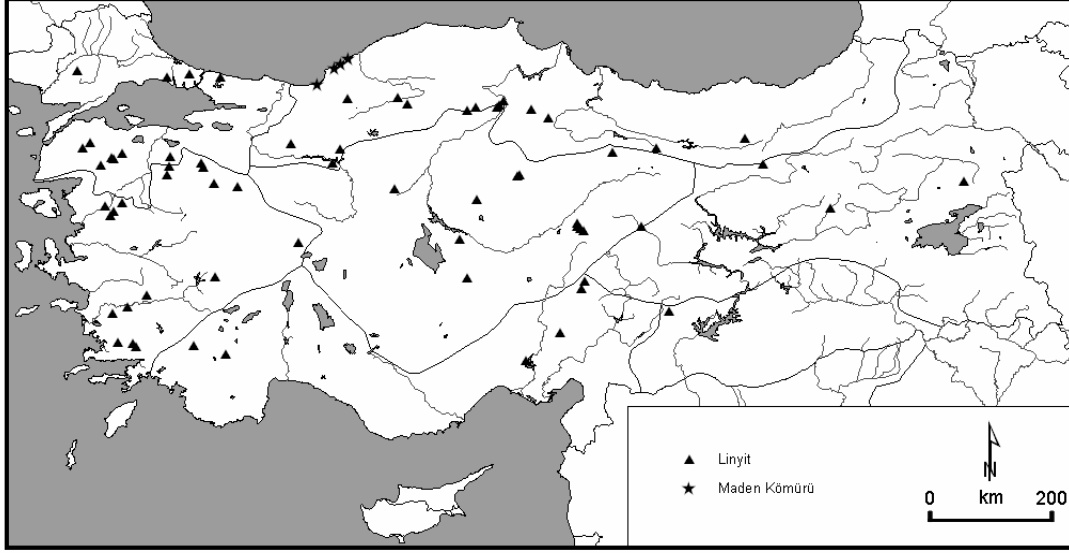
özelliğine sahiptir. Türkiye'nin en büyük linyit rezervine Afşin-Elbistan havzası sahiptir (Özdoğan ve Ünver, 1998: 11). Kalitesi düşük de olsa farklı yerlerde linyitin varlığı, linyit ile çalışan termik santrallerin kurulmasına zemin hazırlamıştır. Kurulan termik santrallerin çevre için büyük olumsuz etkileri olduğu, yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur¹². Türkiye linyitleri ortalama olarak %36,5 nem, %21 kül ve %2,1 kadar kükürt oranına sahiptir (DPT, 2001b: 42). Ayrıca oranı değişmekle beraber yer yer radyoaktif maddelerin de var olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye linyitlerinin kalitesi son derece değişkendir. Termik santrallerde işlenen linyitler, çıkarıldıkları yataklara göre farklı özellikler göstermektedir. Sadece farklı linyit havzalarının değil, aynı havzada dahi farklı kalitede linyit bulunmaktadır. Bu linyitlerin çoğu, termik santrallerin planlanan linyit kalite değerinin altındadır ve yaklaşık yılda 3 milyar kWh'lik enerji kaybına yol açmaktadır. Bu olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için Orhaneli, Soma-B ve Çayırhan termik santralleri için kömürlerin yıkanması gerekirken, Muğla çevresinde yer alan Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy (Gökova) termik santrallerinde ise harmanlama ve homojenizasyonu sağlayacak çalışmalar yapılmamıştır. Bunun için üretimde seçici madencilik yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (DPT, 2001a: 8-2, 8-3). Türkiye'de termik santrallerde işlenen linyitlerin nem oranları %10 (Tunçbilek)-%50 (Afşin) arasında; kül oranları %14 (Orhaneli)- %49 (Tunçbilek); kükürt oranları %1,21 (Seyitömer) - %4,39

¹² Bu konuda son yıllarda yapılan çalışmalardan bazıları için bakınız: Atımtay, 2003; Avcı, 2004; Aytuğ ve Guven, 1996; Baba, 2000; Baba, 2002; Baba, 2003; Baba ve Kaya, 2004; Baba vd, 2003; Baba ve Turkman, 2001; Büke, 2003; Cicek ve Koparal, 2004; Im ve Yenigun, 2004; Kantarcı, 2000; Kantarcı, 2003; Kantarcı ve Karaöz, 1998; Karaoz, 2003; Karaöz, 1994; Karaöz ve Tolunay, 1997a; Karaöz ve Tolunay, 1997b; Karavuş vd., 2002; Keskin ve Mert, 2002; Makineci ve Sevgi, 2005; Oruç, 1999; Öztürk ve Özdoğan, 2004; Sarı ve Bayat, 2002; Sevim vd., 1998; Tolunay, 2001; Tolunay, 2003; Tolunay ve Makineci, 2001; Uğur vd., 2004.

(Yatağan); alt ısı değerleri ise 1050 Kcal/kg (Afşin) – 3678 Kcal/kg (Çan) arasında değişmektedir. Linyitle çalışan termik santrallerde kullanılan linyitlerin genel özelliklerine ait en az ve en yüksek

değerler Tablo 3’de yer almaktadır. Termik santrallerde tüketilen linyitlere ait ortalamalar, farklı kaynaklardan gelen linyitlerin karışım oranlarına göre değişmektedir.



Şekil 4- Türkiye'nin kömür üretim sahaları.

Tablo 3- Termik santrallerde kullanılan linyitlerin bazı özellikleri.

		Çayırhan	Orhaneli	Çan	Tunçbilek	Seyitömer	Soma	Afşin	Yatağan	Kangal
Nem (%)	Minimum	21,71	21,29	18,21	10,65		12,62		14,81	49,83
	Maksimum	26,44	31,71	26,00	14,82		27,00		37,75	52,06
	Ortalama	24,08	24,69	19,43	13,26	32,98	17,70	50,00	30,25	50,63
Kül (%)	Minimum	25,36	14,46	16,00	39,08		30,00		18,54	19,04
	Maksimum	34,35	37,88	45,32	48,85		45,47		31,15	21,00
	Ortalama	29,86	27,55	31,50	45,27	31,18	36,17	20,00	27,66	20,15
Kükürt (%)	Minimum	2,79		0,50	1,46		0,93		1,90	2,69
	Maksimum	4,04		4,20	2,29		2,69		4,39	3,57
	Ortalama	3,42	2,04	2,39	2,00	1,21	1,37	1,46	3,32	3,13
Alt Isı Değeri (Kcal/kg)	Minimum	2557	2134	2406	2021		1486		1434	1207
	Maksimum	2839	3412	3678	2657		3147		2890	1494
	Ortalama	2698	2719	2965	2265	1900	2383	1050	2105	1334

Kaynak: İTO,1997

Kömürlerin tüm mekanik ve fiziksel özellikleri içerdikleri nem miktarına ve bu nemin kömüre nasıl bağlı olduğuna göre değişir. Kömürün nem oranının yüksek olması, santralin veriminin düşmesine yol açmaktadır. Bunun nedeni, yanma esnasında elde edilen enerjinin bir kısmının, linyitteki nemin buharlaştırılmasına harcanmasıdır. Özellikle genç kömürlerde nem oranı yüksektir (Meriçboyu vd., 1998a: 155). Kömürlerde yaklaşık %1 ora-

nında nem artışının, %1 oranında kül artışına eşdeğer miktarda ısı verimi düşüreceği bilinmektedir (Özdoğan vd., 1998: 297).

Diğer birincil kaynakları kullanan termik santrallerin genel özellikleri:

Termik santrallerde kömür dışında kullanılan diğer birincil enerji kaynaklarının başında, fuel-oil ve mazot gibi petrol ürünleri gelmektedir. Kömürle çalışan

termik santraller kadar olmasa da, fuel oil veya mazot ile çalışan tesislerin de çevre üzerine olumsuz etkileri vardır. Türkiye'nin bilinen petrol yatakları oldukça sınırlıdır. Bu açıdan ele alındığında Türkiye petrol ve petrol türevleri bakımından dışa bağımlı bir ülke durumundadır. Buna karşılık yapım maliyetinin düşük; inşa süresinin ise kısa olması nedeniyle özellikle büyük miktarlarda elektrik enerjisine gereksinim duyulmayan yerlerde, yerel ihtiyacı karşılamak üzere fuel-oil ve mazot ile çalışan termik santraller kurulmuştur.

Gerek fuel-oil, gerekse mazot aynı zamanda kömür kullanılan termik santrallerde yanmayı kolaylaştırıcı yardımcı yakıt olarak da kullanılmaktadır. Sıvı yakıtlar, taşınma ve depolama sırasında bazı problemlere neden olmaktadır. Bu esnada meydana gelen kazalar (petrol veya ürünlerini taşıyan tankerlerin batması veya tesislerin yakıt tanklarında meydana gelebilecek sızıntı nedeniyle su kaynaklarını kirletmesi vb), doğa üzerinde etkilerini uzun yıllar sürdürmekte ve bu etkinin azaltılması için büyük masrafların yapılması gerekmektedir. Sözü edilen problemler dışında, fuel-oil ve motorin hava kirliliğine yol açan bazı maddeler içermektedir. Kullanılan petrol türevinin kalitesine ve kimyasal özelliğine göre bünyesinde özellikle kükürt bulunabilmekte, yanma sonrasında buradan kükürt dioksit olarak dışarı atılmaktadır.

1980'li yılların ikinci yarısından itibaren doğal gaz ile çalışan termik santraller gündeme gelmiştir. Doğal gaz kombine çevrim santralleri, fosil enerji kaynaklarını kullanan termik santraller arasında en az çevre sorunlarına yol açanlarını oluşturmaktadır. Trakya'da Hamitabad'ta bulunan doğal gaz, 1985 yılında burada kurulan kombine çevrim santrali ile değerlendirilmiştir. Türkiye ağırlıklı olarak petrole dayanan enerji kaynaklarını çeşitlendirmek amacıyla, yine bir fosil yakıt olan doğal gazı tercih etmiştir. Ancak Türkiye açısından bilinen doğal gaz kaynakları yeterli değildir ve ihtiyaç duyulan doğal gazın önemli bir kısmı ithalat ile karşılanmaktadır. Fiyatının da uygun olması ne-

deniyle, özellikle ilk yıllarda hava kirliliğinin yoğun olduğu büyük şehirlerdeki sanayi tesisleri ile konutlarda doğal gaz kullanımını teşvik edilmiştir. Türkiye günümüzde doğal gaz ihtiyacını, Rusya Federasyonu ve İran'dan boru hattı ile, Cezayir ve Nijerya'dan ise sıvılaştırılmış doğal gazın deniz yoluyla taşınmasıyla karşılamaktadır¹³. Bu ülkelerin dışında, doğal gaz sıkıntısı doğduğu zaman Avustralya ve Katar'dan sıvılaştırılmış doğal gaz alımı yapılmıştır (DPT, 2001c: 19). Doğal gaz ile çalışan termik santrallerde yanma sırasında yüksek ısılar elde edilmektedir. Yanma işlemi aynı zamanda büyük miktarlarda hava kullanımını da gerektirmektedir. Bunun sonucunda azot oksitleri meydana gelmekte ve bunlar baca gazı olarak atmosfere atılmaktadır (DPT, 2001d: 43).

Jeotermal kaynaklardan da elektrik üretiminde faydalanılmaktadır. Türkiye'de yaklaşık 170 lokasyonda jeotermal kaynak bulunmaktadır. Ancak bu jeotermal kaynaklardan sadece Denizli-Sarayköy'de elektrik üretimi yapılmaktadır. İlk deneme 1974 yılında yapılarak çevredeki üç köye elektrik verilmiştir (Doğanay, 1998: 550). Daha sonra 1984 yılında kurulan termik santralde elektrik üretilmeye başlanmıştır. Üretim ilk yıl 22 GWh kadar gerçekleşmiş, 1986-1990 yılları arasında nispeten hızlı artmasına karşılık, genelde üretim 80-90 GWh düzeyinde olmuştur. Bu santrallerden sadece 2002 yılında 100 GWh'in üzerinde elektrik üretilenmiştir (ETKB, 2005). Enerji üretiminden sonra mineral madde bakımından oldukça zengin olan su buharının doğal ortama geri verilmesi, jeotermal kaynaklar ile çalışan santrallerin en önemli sorunudur. Jeotermal kaynaklardan elde edilen su, termik santralin donanımına zarar vermemesi için bazı işlemlerden geçirildiğinden, belli mineraller bakımından oldukça zengin hale gelmektedir. Söz konusu atık suların

¹³ Türkiye yakın gelecekteki doğal gaz ihtiyacını karşılamak üzere başka anlaşmalar da yapmıştır. Bunlardan biri Rusya Federasyonu ile yapılan Mavi Akım Projesidir. Azerbaycan, Türkmenistan, Irak ve Mısır'dan doğalgaz alımı ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

toprak ve diğer su kaynakları üzerinde bu mineral maddelerin birikmesine yol açtığı için olumsuz etkileri vardır (DPT, 2001a: 9-2).

TERMİK SANTRALLERDE KULLANILAN BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARININ YARATTIĞI ÇEVRESEL ETKİLER:

Termik santrallerin işletilmesi sonucunda çeşitli çevre sorunları meydana gelmektedir. Bunun yanında termik santraller, hidroelektrik santraller kadar geniş bir alanda olmasa da arazi kullanımı açısından bazı değişikliklere yol açabilmektedir.

Termik Santrallerin Neden Olduğu Hava Kirliliği:

Termik santrallerin çevre üzerindeki etkilerinden bir kısmı baca gazları ile oluş-

Tablo 4- Termik santrallerle ilgili hava kalitesi sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (HKKY, 1986).

		Uzun Vadeli (Yıllık)	Kısa Vadeli (Yıllık)	Saatlik
Kükürt Dioksit (SO ₂)	Genel	150	400	900
	Endüstriyel Bölgeler	250	400	900
Partikül Madde (10 mikron veya daha küçük)	Genel	150	300	
	Endüstriyel Bölgeler	200	400	
Azot Oksitler	NO _x	100	300	
	NO	200	600	
Karbon Monoksit (CO)		10000	30000	
Karbonik Asit (HC)		-	140	280
Klor (Cl)		100	300	
Flor (F)		-	10	30

Termik santrallerden çıkan ve çevreye zarar veren baca gazlarından birisi de kükürttür. Termik santrallerin bacalarına konulan "Baca Gazı Desülfürizasyon" tesisleri bacalardan çıkan kükürt ve küçük kül parçacıklarını %99'a kadar tutabilmektedir. Farklı bir enerji üretim teknolojisiyle çalışacak olan Çan termik santrali dışında Türkiye'deki tüm termik santrallerde bu tesisin kurulmasına ihtiyaç vardır¹⁴. Ancak bu tesisler azot oksit-

maktadır. Türkiye linyitleri genel olarak kükürt ve radyoaktif madde bakımından zengindir. Bu, çeşitli baca gazları ile partiküllerin doğal ortama istenmeyen maddeler olarak karışması sorunu yaratmaktadır. Hava kirliliğinin önüne geçilemek için hava kalitesi sınır değerleri ile atmosfere bırakılan atıkların emisyon sınır değerleri belirlenmiştir (Tablo 4 ve Tablo 5). 1986 yılında yayınlanan "Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği", eskiden yapılmış veya yapımı devam eden termik santraller ile yeni yapılacak termik santralleri, büyüklüklerine göre ayrı ayrı değerlendiren hükümlere sahiptir. Bu değerlerin aşılması, çevre için son derece önemlidir. Bunun için mevcut termik santrallerde bir dizi önlem alınması gerekmektedir.

leri, karbon monoksit ve karbondioksiti, kömür ve küldeki radyoaktif maddeleri filtre etmez. Bu nedenle söz konusu maddelerin yoğunluklarını azaltacak yıkama veya harmanlama gibi işlemlerin, yanma işleminden önce yapılması gerekir. Çan termik santrali ise, akışkan yatak teknolojisi kullanılmak üzere planlanmıştır. Bu teknolojide uygun koşullarda yanma işlemi gerçekleştirildiğinden, yapı-

yüksek olması nedeniyle tesisler çalıştırılmamaktadır (EÜAŞ, 2005b). Yapımına "Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği"nin yürürlüğe girmesinden sonra karar verilen tesislerde ise, baca gazı desülfürizasyon tesisleri proje içinde yer almaktadır. Bu nedenle Çayırhan termik santraline ilave edilen 3. ve 4. ünitelerde, Kangal termik santralinin 3. ünitesinde, Afşin-Elbistan B termik santralinde baca gazı desülfürizasyon tesislerinin yapımı, planlamanın ilk aşamasından beri yer almaktadır (DPT, 2001a: 9-1, 9-2). Tesisler tamamlandıktan işletmeye alındığında kükürt dioksit ve partiküller açısından bir çevre sorunu yaratmaması beklenmektedir.

¹⁴ Çayırhan termik santralinde 1991 yılında, Orhaneli termik santralinde 1999 yılında çalışmaya başlayan Baca Gazı Desülfürizasyon tesisleri, Yatağan, Kemerköy ve Yeniköy termik santrallerinde tam olarak faaliyete geçememiştir. Yatağan Termik Santrali'nde III. Ünitenin 2002 yılında, I. ve II. Ünitelerinin ise 2003 yılında deneme işletmeleri tamamlanmış olmasına karşılık, çıkan sorunlar nedeniyle tesislerin kabulü yapılamamaktadır (EÜAŞ, 2005a). Benzer şekilde Yeniköy Termik Santrali'nde de baca gazı tesisleri yapılmıştır. Fakat baca gazı sıcaklığının bu tesislere girişi esnasında

TÜRKİYE'DE TERMİK SANTRALLER VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

sal emisyon filtreleme özelliği nedeniyle baca gazında kükürt dioksit ve azot oksitlerin miktarları, yönetmeliklerde ön-görülen sınır değerlerin altındadır (Durmaz, 1998: 376-377).

Türkiye'deki termik santrallerde kullanılan linyitlerin kül ergime sıcaklıkları düşüktür. Bu durum, kömürün daha düşük sıcaklıklarda yakılmasına imkân tanımakta ve böylece azot oksitleri oluşmamaktadır. Ancak doğal gaz ile çalışan termik santrallerde uygun yanma koşulları sağlanmadığında yüksek sıcaklık

nedeniyle azot oksitleri oluşmaktadır. İnsanlar için zararlı gazlar arasında yer alan azot oksitleri ozon oluşumuna neden olarak olumsuzluk yaratmaktadır. Özellikle yeryüzüne yakın seviyelerde oluşan ozon, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (DPT, 2001a: 9-2). Azot oksitlerinin bulunduğu ortamda kısa süreli bulunma solunum şikâyetlerine, uzun süreli bulunma ise akciğerlerde kalıcı hasarlara kadar varabilen etkilere neden olmaktadır (TTB, 2000).

Tablo 5- Termik santrallerle ilgili emisyon değerleri (mg/m³) (HKKY, 1986).

Yakma Sistemleri		Katı Yakıtlı	Sıvı Yakıtlı	Gaz Yakıtlı****	
Toz Emisyonları	Eski Santraller	250*	110	10	
	Yeni Santraller	150*	110	10	
NO _x Emisyonları	Eski Santraller	1000	1000	500	
	Yeni Santraller	800	800	500	
CO Emisyonları		250	175	100	
Flor Bileşikleri Emisyonları		15			
Klor Bileşikleri Emisyonları		100			
Kükürtdioksit Emisyonları	<300 MWt	20.000 saat ve daha az ömrü kalmış olan santrallerde		60***	
		20.000 saatten fazla ömrü kalmış olan santrallerde	3200**	3200**	600***
		Yeni santrallerde	2000**	1700**	6***
	>300 MWt	20.000 saat ve daha az ömrü kalmış olan santrallerde			60
		Ömrü 20.000-50.000 saat arasında olan santrallerde	3200**	1700**	60
		50.000 saatten fazla ömrü kalmış olan santraller ve yeni santrallerde	1000**	800**	60

*Orijinal kömürdeki kül miktarı %18'in üzerinde olan linyit santrallerinde, bu sınır değerleri Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından %200 oranında arttırılabilir.

**Eğer verilen sınır değerleri aşıyorsa; yakıt ısı gücü 3200 MWt'e kadar olan tesislerde kükürt emisyon değerini %10'a, 300 MWt'in üzerindeki tesislerde ise %5'e düşürecek bir kükürt arıtma tesisi kurulacaktır.

***Yakıt ısı gücü 100 MWt'in altındaki tesisler için bu değer 100 mg/m³tür.

****Yönetmelikte doğal gaz kombine çevrim santralleri için değer verilmemiştir. Ancak baca gazındaki oksijen oranının %3 yerine %15 olarak alınması halinde gaz yakıtlı yakma tesisleri için verilen değerlerin gaz tribünleri içinde kullanılabilceği, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından kabul edilmiştir (DPT, 2001a: 9-8).

Baca gazları ve çıkan partiküller çevreye büyük zarar vermektedir. Partiküller genel olarak boyutları tek bir küçük molekülden (çapı 2x10⁻⁴ µm) büyük, 500 µm'dan küçük olan katı ve sıvı maddeler olarak tanımlanmaktadır. Bu boyuttaki tanecikler, birkaç saniyeden birkaç aya kadar değişen sürelerde askıda kalarak, atmosferdeki konumlarını

koruyabilmektedirler. Tanecikler bronşite, anfizeme ve damar hastalıklarına bağlı olarak ölümlere neden olabilen kirleticilerdir (Karatepe vd., 1998: 629-930). Seyitömer Termik Santralinin çevre köylerde yaşayanlar üzerindeki etkilerin araştırıldığı bir çalışmada; akut ve kronik akciğer hastalıklarının görülme sıklığı değerlendirilmiştir. Çalışmalardaki bulgu-

lar sigara içmeyenlerde de baca gazları nedeniyle akut ve kronik akciğer hastalıklarının yaygınlaştığını ortaya koymuştur (Karavuş, vd., 2001: 219). Bir başka çalışmada baca gazlarıyla çıkan partiküllerin alfa-radyoaktivitesi ölçülmüştür. Burada da rüzgâr yönlerine göre bacadan çıkan küllerin etkili olduğu alanlar ortaya konulmaya çalışılmış, radyasyon tehlikesinden halkın korunması için tedbir alınması gerektiğine dikkat çekilmiştir (Büke, 2003: 327).

Yanma sonucunda oluşan baca gazları içinde ayrıca radyoaktif maddeler de bulunmaktadır. Havadaki radyasyon oranının yükselmesi nedeniyle, Yatağan Termik Santralinde olduğu gibi, radyasyon alarmı verilmekte ve tesisin çalışması durdurulmaktadır¹⁵. Bacalardan çıkan karbondioksit, sera gazı etkisi yaratan gazlar arasında yer almaktadır. Kömür ile çalışan her yeni termik santral inşaatı, karbondioksit çıkışının artması anlamına gelmektedir. 1995 yılında yıllık 63 milyon ton dolayında olan gaz çıkışı, 1999 yılında yeni termik santrallerin eklenmesi ile %5,6 dolayında artış göstermiştir. 2020 yılında Türkiye'deki termik santrallerden yıllık 245 milyon ton gaz çıkışı olacağı tahmin edilmektedir. Bu yaklaşık 66,8 milyon ton karbona eşittir (Atımtay, 2003: 333-334).

Termik santrallerin bacalarında tutulan uçucu külün değerlendirilmesi ile çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Sarı ve Bayat tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada (2002), uçucu külün yüksek oranda pıhtılaştırma ve emme özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Söz konusu küller, evsel atıkların arıtılmasında kullanılabilir. Arıtmada kullanılan diğer maddeler ile karşılaştırıldığında, birim maliyetinin düşük olduğu ve daha iyi arıtmanın gerçekleştiği bu çalışmada ortaya çıkmıştır. Arıtma sonrasında meydana gelen çamur, organik ve inorganik madde içeriğinden dolayı toprak

kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılabilir. Ayrıca beton veya tuğla yapımında katkı maddesi olarak da kullanılabilir (Sarı ve Bayat, 2002: 73). Bütün bunlara karşılık küllerin ağır metal ve radyoaktif maddeler tarafından kirletilmiş olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Termik Santrallerin Yarattığı Su Kirliliği:

Sanayi-çevre ilişkisi açısından su kaynaklarının temizliği veya sanayi faaliyetleriyle kirlenmemesi çok önemlidir. Termik santrallerde buhar üretme, soğutma ve temizleme işlemleri için önemli miktarlarda su kullanılmaktadır. Termik santrallerde tüketilen soğutma suları kullanılmadan önce çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilmekte ve santralin makinelerine zarar vermemesi sağlanmaktadır. Fakat bu işlem atık suların demir 2 sülfat bakımından zenginleşmesine neden olmaktadır. Yatağan Termik Santrali örneğinde olduğu gibi, bu suların tekrar alındıkları kaynağa geri verilmelerinin, bu kaynakta kirliliğin artmasına neden olduğu belirtilmektedir (Keskin ve Mert, 2002).

Bu etkilerden bir diğeri, atık suyun sıcaklığı ile ilgilidir. Termik santrallerde yakma işlemi sonucunda önemli miktarda yüksek basınç ve sıcaklığa sahip buhar üretilmekte ve elektrik üretiminde bu buhar kullanılmaktadır. Buharın tribünleri çevirmesinden sonraki sıcaklığı da yine oldukça yüksektir. Termik santrallerde atık olarak çıkan ısının yaklaşık %15'i baca gazı içinde, %85'i ise su ile dış ortama bırakılmaktadır. Yapılan iyileştirmelerde, alıcı ortam koşulları dikkate alınarak atık suların mümkün olduğunca çok, yeniden kullanılmasına çalışılmaktadır (DPT, 2001a). Tunçbilek Termik Santralinde olduğu gibi bazı termik santrallerde, üretim sonrasında artan buhar ve yüksek sıcaklıktaki su, termik santralin ısıtma gereken diğer bölümlerinin (fuel-oil tankı, yağ tankı, yağ istasyonu veya atölye vb) ısıtılmasında kullanılmaktadır. Böylece önemli miktarlarda enerji tasarrufu da gerçekleş-

¹⁵ Yatağan Termik Santralinin yapımından itibaren sürekli olarak çıkan baca gazları sorun olmaktadır. 1993 yılında değerlerin yüksek çıkması nedeniyle Muğla'da radyasyon alarmı verilmişti (Radikal, 2000).

mektedir. Ancak çoğunlukla termik santralden çıkan atık suyun sıcaklığı, ortamın sıcaklığının üzerindedir. Örnek olarak Soma-B termik santralının her ünitesi ayrı ayrı saatte 90 ton dolayında, 90-95 °C sıcaklıkta su çıkartmakta ve bu su kanallara verilmektedir (EÜAŞ, 2004). Sıcak suyun su kaynaklarına verilmesi sonucunda, kaynağının da sıcaklığı artmakta, suyun yoğunluğu, viskozitesi, yüzey gerilimi ve oksijen çözebilme kapasitesi azalmaktadır. Bütün bunlar su kaynaklarında yer alan canlıları olumsuz yönde etkilemektedir (Meriçboyu vd., 1998b: 581). Jeotermal kaynakların termik santrallerde kullanımından sonra oluşan atık suyun da aynı olumsuz etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle atık suyun yeniden kaynağa döndürülmesinin hem çevresel etkilerinin azaltılması bakımından önemli olduğu, hem de kaynağın daha uzun süre kullanılmasının mümkün olacağı düşünülmektedir (Mertoglu vd., 2001).

Termik santrallerin doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden bir diğeri de yakma sonucunda veya baca gazı desulfürizasyon tesislerinden çıkan küllerin su kaynakları üzerinde yarattığı kirlenmedir. Termik santrallerde baca gazı içinde bir miktar kül atmosfere karışmaktadır. Özellikle deniz kıyısında veya denize yakın yerlerde kurulmuş olan santrallerin bacalarından çıkan bu küller, hâkim rüzgâr yönüne de bağlı olarak deniz üzerinde birikmektedir. Bunun bir örneğini Çatalağzı termik santralinde görmek mümkündür (Avcı, 2004: 20). Bu termik santralde sadece baca gazı içindeki partikül maddeler değil, aynı zamanda deşarj edilen atık su içinde de kül bulunmaktadır. Söz konusu kül birikintileri deniz üzerinde bir tabaka halinde kalmakta ve kirliliğe neden olmaktadır.

Termik Santrallerin Yarattığı Toprak Kirliliği:

Türkiye'deki linyitlerde önemli miktarda radyoaktif madde ile zehir etkisi yaratan elementler bulunmaktadır. Bu elementler ve radyoaktif maddeler

yıkama ile kömürün birleşiminden uzaklaştırılmaz (Baba, 2002: 920). Bu linyitlerin yakılmasıyla söz konusu radyoaktif maddeler baca gazları arasında partikül halinde veya kazandan çıkan diğer küllerle birlikte atılmaktadır. Afşin-Elbistan, Çan, Çayırhan, Erzurum, Göynük, Kangal, Orhaneli, Saray, Seyitömer, Soma, Tunçbilek, Yatağan ve Yeniköy linyitleri üzerinde yapılan araştırmada Uranyum (²³⁸U), Potasyum (²³²K), Radyum (²²⁶Ra) ve Toryum (²³²Th) gibi seçilmiş radyonükloidlerin belirlenen yoğunlukları, literatürde yer alan kömürlerin ve dünya kabuğunun ortalama değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Öztürk ve Özdoğan, 2004). Düşük kaliteli linyitlerin yakılması sonucunda kurşun, çinko, kadmiyum, nikel ve kobalt gibi zararlı elementler açığa çıkmaktadır. Yatağan, Kemerköy ve Yeniköy termik santrallerinde kullanılan linyitlerin gerek baca gazında yer alan partiküllerde, gerekse yakma işlemi sonunda çıkan külünde bu elementler yer almaktadır. Söz konusu elementler sadece yüzey ve yeraltı sularını kirletmemekte, aynı zamanda toprağın kirlenmesine de neden olmaktadır (Baba, 2000: 56; Baba, 2003: 16-17; Baba vd., 2003: 110; Baba ve Kaya, 2004: 199; Baba ve Türkman, 2001: 326-327; Oruç, 1999; Uğur vd., 2004). Yapılan çalışmalar Yatağan çevresindeki köyler ile küllerin atıldığı yerlerde, radyasyon oranının yüksek olduğunu göstermektedir. Yatağan'ın 50 köyünden 34'ünde radyasyon miktarının insan sağlığının kabul edebileceği sınırların çok üzerinde olduğu, küllerin atıldığı bölgelerde ise, radyasyon oranının 19 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Küllerin ıslatılarak radyasyonun azaltılması kısmen mümkündür. Ancak ıslatma için kullanılan bu sular, toprağın ve yeraltı suyunun radyasyon seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır (Keskin ve Mert, 2002).

Termik Santrallerin Canlılar Üzerinde Yarattığı Etkiler:

Muğla çevresinde yer alan 3 termik santralde olduğu gibi, termik santrallerde kullanılan linyitler yüksek oranlarda kü-

kürt barındırabilirler. Özellikle baca gazı desülfürizasyon tesisi olmayan veya arızalanarak devre dışı kalmış olan tesislerden, büyük oranlarda kükürt dioksit çıkışı olmaktadır¹⁶. Söz konusu gazın canlılar üzerinde birçok olumsuz etkisi vardır. Bunlardan birisi bitkiler üzerindeki etkisidir. Türkiye’de linyit ile çalışan termik santrallerin bitki örtüsü üzerindeki etkilerini koymayı amaçlayan çok sayıda çalışma yapılmıştır (Aytuğ ve Guven, 1996; Cicek ve Koparal, 2004; Karaöz ve Tolunay, 1997a; Karaöz ve Tolunay, 1997b; Kantarcı, 2000; Makineci ve Sevgi, 2005; Tolunay, 2003; Tolunay ve Makineci, 2001; Uğur vd., 2004). Bu çalışmalardan elde edilen ortak sonuç; linyitle çalışan termik santrallerin aktif hale geçmesiyle, ormanlarda kirleticilerin birikimli etkisi söz konusu olmuştur. Bu etki çam gibi iğne yapraklı ağaçların iğne yapraklarında kükürt birikimi ve ağaçların yıllık büyüme halkalarında da daralma olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuçta zararlı gaz etkisi hem bitki örtüsünün gelişimini yavaşlatarak kesintiye uğratmakta, hem de odun üretiminde verim ve hâsılat kaybına yol açmaktadır (Kantarcı, 2003: 210–211). Liken ve karayosunlarında ise zehirlenme verilerinin anlamlı olarak değişme gösterdiği ve zehirlenmenin göstergesi olarak kullanılabilceği belirlenmiştir (Uğur vd., 2004).

Türkiye’nin taşkömürü ile çalışan tek termik santrali olan Çatalağzı termik

santralinde kullanılan kömürün kalitesi, linyite göre nispeten daha iyidir. Ayrıca Çatalağzı’ndaki hâkim rüzgâr yönleri bu etkiyi kısmen azaltacak niteliklere sahiptir. Ancak yine de Çatalağzı Termik Santralinin orman ağaçlarının gelişimi üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu düşünülmektedir (Avcı, 2004).

Atmosfere bırakılan veya termik santrallerden çıkan atıkların çevre üzerinde etkileri olduğu gibi, aynı zamanda insanların üzerinde de önemli etkileri vardır. Türkiye ile ilgili yapılmış genel çalışmaların dışında, özellikle hava kirliliğinin üst boyutlara ulaştığı Yatağan Termik Santrali gibi termik santrallerin çevresinde halk sağlığı ile ilgili çalışmalar yürütülmüştür. Türk Tabipler Birliği sağlık sorunlarının artması üzerine Yatağan çevresinde kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir (TTB, 2000). Bu çalışmada daha önce ABD ile çeşitli Avrupa ülkelerinde yapılan, daha sonra birçok ülkede tekrarlanan çalışmaların bir benzeri olarak ölümler, hastaneye başvurular gibi sağlık göstergelerinin hava kirleticilerinin daha yoğun olduğu dönemler ile ilişkisi aranmıştır. Elde edilen bulgular, her iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu yönündedir. Buna göre hava kirliliği arttıkça daha fazla ölüm veya hastaneye başvuru gerçekleşmektedir. Hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde yaşamın 1–2 yıl kadar daha kısa olduğu literatürde yer almaktadır. Birbirine yakın iki yerleşmede, Muğla ve Yatağan’da solunum sistemi hastalıkları nedeniyle hastaneye yatan hastaların toplam hasta sayısına oranları belirlenmiştir. Hastanelerin yeterliliklerinde bazı farklılıklar bulunmakla beraber¹⁷, Yatağan Devlet Hastanesine solunum sistemi hastalıkları nedeniyle yatan hastaların oranı %28,2 iken, Muğla Devlet hastanesinde bu oran %13,2

¹⁶ Yatağan Termik Santrali yarattığı hava kirliliğinin insanlar ve diğer canlılar üzerindeki etkisinin detaylı olarak incelendiği bir termik santraldir. Birçok kez kükürddioksit değerlerinin insan sağlığı için kabul edilebilir değerlerin üstüne çıkması nedeniyle üretime ara verilmiştir. Bunun nedeni hava kütlelerinin hareketsiz kalmasına bağlı olarak zehirli gazların dağılamaması olabileceği gibi, idari sorunlar da olabilmektedir. Doğal nedenlerle yılda santral 2–3 kez kapatılabilmektedir. Buna karşılık 2004 yılında baca gazı arıtma tesisini yapan firma ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı arasında yaşanan sorun sonucunda sistem devre dışı bırakılmış, kısa sürede gazların olumsuz etkisi hissedilmeye başladığından 28.04.2004 tarihinde santralin çalışmasına ara verilmişti. Santral ancak kükürtdioksit oranının sınır değerlerin altına inmesinden sonra çalıştırılabildiği (CNNTÜRK, 2004).

¹⁷ İl merkezinde yer alan bir hastane ile, bir ilçe merkezinde yer alan hastane, gerek yatak kapasitesi, gerekse sağlık personeli açısından farklar göstermektedir. Ancak bu çalışmada elde edilen sonuç, söz konusu farklarla açıklanamayacak kadar belirgindir. Bu nedenle söz konusu çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

düzeyindedir. Hava kirliliğine bağlı olarak ortaya çıktığı kabul edilen bronşit, amfizem ve astma gibi hastalıklar nedeniyle yatan hastaların oranı ise Yatağan'da %12,7, Muğla'da ise %5,0'dir. Bu veriler, termik santrallerin gerekli tedbirler alınmadan çalıştırılması halinde, insan sağlığına bir takım olumsuz etkiler yapacağını da göstermektedir.

Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy termik santrallerinden baca gazları dışında, günde yaklaşık 150 ton uçucu kül ortama bırakılmaktadır. Bunun canlılar üzerine etkileri sonucunda Yatağan çevresinde 35.000 hektar çam ormanının kurduğu belirlenmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bu nedenle, bir süre Orman Bakanlığına tazminat ödemiştir. Ayrıca hava kirlenmesinden etkilenen çevre çiftçilerine meyve, zeytin ağaçları ve diğer tarım ürünlerindeki kayıpları nedeniyle bir bedel ödenmesi söz konusu olmuştur (Greenpeace, 2000).

Termik Santrallerin Arazi Kullanımı Üzerindeki Etkileri:

Elektrik santralleri arazi kullanımı üzerinde de bazı etkilere sahiptir. Özellikle yüksek kapasiteli enerji üreten hidroelektrik santrallerinde bir baraja da ihtiyaç duyulur ve baraj gerisinde bir göl oluşur. Bu birçok köyün ve tarım arazisinin su tarafından işgal edilmesi ve baraj gölünün altında kalmasına yol açar. Hidroelektrik santralleri kadar olmasa da termik santraller de arazi kullanımı üzerinde etkili olmaktadır. Termik santrallerde soğutma suyunun temini için fazla büyük olmayan bir gölet yapılması yeterli olmaktadır. Buna karşılık bu santralde kullanılacak birincil enerji kaynağı ile çıkan atıkların depolanması için, ayrıca bir alana daha ihtiyaç duyulmaktadır. Bütün bunların yanında tesislerin çalışmasına bağlı olarak oluşan kirlenme, birçok tarımsal üretim sahasını artık üretim yapılamaz hale getirdiğinden, arazi kullanımının şekli değiştirmektedir.

Termik santrallerde kullanılan birincil enerji kaynağının depolanması, bir sorun olarak belirlemektedir. Kömürle çalışan termik santrallerin kömür üretim ve

depolama alanlarına gereksinimi vardır. Maden kömürü veya linyit ile çalışmalarına göre, bu alanın büyüklüğü değişmektedir. Çatalağzı Termik Santralinde birincil enerji kaynağını oluşturan mikst, maden kömürünün başka yerlerde kullanılmayacak kadar küçük parçacıklarından oluşmakta ve santral sahasında büyük miktarlarda depolanmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Linyitle çalışan termik santrallerde ise özellikle düşük kaliteli linyitin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Linyit üretimi yatağın özelliğine göre açık veya kapalı işletme şeklinde yapılabilmektedir. Özellikle açık linyit işletmelerinin çevrede daha fazla olumsuzluğa neden olduğu bilinmektedir (Kahriman, 2002; Karadağ, 2003a; Karadağ, 2003b; Karadağ, 2005). Fuel-oil ve motorin yakan termik santrallerde ise, kullanılan yakıtın çok iyi koşullarda depolanması gerekmektedir. Meydana gelen sızıntılar, toprak ve su kaynakları üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle nispeten küçük alana ihtiyaç göstermelerine karşılık, depolama sahasının özenle seçilmesi ve sızdırmazlık gibi bazı özelliklerin kazandırılması gerekmektedir.

Birincil enerji kaynağının depolanması dışında, termik santrallerde çıkan büyük miktarlardaki küllerin imhası da, yukarıda belirtildiği gibi her zaman sorun olmaktadır. Bu amaçla küllerin örtülerek imhası yerine, değerlendirilmesi yönünde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Fakat günlük olarak çıkan kül miktarının fazla olması, geniş alanların kül depolama alanı olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Küllerin ağır metal ve radyoaktif elementlerce kirlenmiş olma olasılığı da vardır. Bu durum, kül depolama alanlarının özenle seçilmesini ve toprakta ve/veya su kaynaklarında kirlenmeye yol açmayacak tedbirlerin alınmasını zorunlu hale getirmektedir. Gerek küller, gerekse kullanılmayan kömürlerin imhası için "kül barajı" adı verilen depolama alanlarının yapımı gerekmektedir. Söz konusu barajın çökme veya heyelana neden olma gibi riskler dışında, yerüstü ve yeraltı sularının asitliliğini arttırabileceği

veya toz şeklinde havaya yeniden partikül karışmasına neden olabileceği gibi sorunlar da görülebilmektedir (Sevim vd., 1998: 617; Oruç, 1999).

Termik santrallerin tükettiği bir diğer kaynak sudur. Bazı termik santrallerde yeraltı suyu soğutma işlemlerinde kullanılırken, bazılarında ihtiyaç duyulan suyun depolanması gerekmektedir. Depolama amacıyla yapılan göletler, hidroelektrik santrali barajlarının yarattığı etkiye benzer niteliklere sahiptir. Gerek depolama alanları, gerekse termik santrallerde kullanılan suyun sağlandığı barajların yapımı, arazi kullanımında bazı değişikliklere yol açar. Yerleşmelerin kaldırılması ve tarımsal alanların gölet altında kalması bu değişikliklerin en önemlileri arasındadır. Bunun bir örneği Çatalağzı Termik Santralinde görülmektedir. Termik santralin tatlı su ihtiyacını karşılamak üzere bir gölet oluşturulmuş, su altında kalacak olması nedeniyle, burada yer alan yerleşmenin başka yere taşınması gerekmiştir (Avcı, 2004: 20).

Yanma sonucunda oluşan külün saklanması ve ortamdan uzaklaştırılması ekonomik açıdan önemli bir sorundur (Durmaz, 1998: 376-377). Özellikle atmosfere baca gazı olarak atılan kükürt dioksit ve partikülleri azalttığı için tercih edilen akışkan yatak teknolojisinin kullanıldığı tesislerde, büyük miktarlarda külün oluşması önemli bir sorundur. Günümüzde termik santrallerin yapımı öncesinden başlayan ve santral faaliyete geçtikten sonra da devam eden, çevresel etkinin belirlenmesi çalışmaları büyük önem kazanmıştır. Akışkan yatak teknolojisinin kullanıldığı tek santral olan Çan Termik Santrali'nin çevre üzerindeki etkilerinin ölçülmesi için proje aşamasından itibaren, çeşitli araştırmalara başlanılarak çevresel etkileri değerlendirmeye alınmıştır. Bu çalışmalardan birisi hava kalitesi ölçümleri ve su analizleri projesidir. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından yürütülen bu çalışmada, belirlenen yerlerde kükürt, azot oksitleri, toz, ozon, flor ve klor bileşikleri ile yüzey ve yeraltı sularının analizi yapılmakta, santral öncesi ilksel

durum ile santralin çalışması sonrasında oluşabilecek muhtemel etki ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Ölçümlere tesis faaliyete geçmeden (2004 yılından itibaren) başlanmış ve 6 yıl sürmesi planlanmıştır (EÜAŞ, 2005c). Diğer çalışma, toprak ve bitki örtüsü üzerindeki etkilerin belirlenmesi ile ilgilidir. Orman Bakanlığı Ege Ormanlık Araştırma Müdürlüğü ile yürütülen bu çalışma ile 2001 yılından beri işletme öncesi döneme ait veriler toplanmıştır. Santralin üretime geçmesinden itibaren meydana gelen değişimlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar 4 yıldır devam etmektedir (EÜAŞ, 2005d). Bu çalışmalar termik santrallerin çevresel etkileri üzerinde bilimsel sonuçlara varmayı ve önlemler almayı kolaylaştıracaktır.

SONUÇ:

Türkiye gelecekte daha fazla elektriğe ihtiyaç duyacaktır. Elektrik üretiminde fosil yakıtların kullanımının, sadece bu yakıtların tükenmesi açısından değil, aynı zamanda olumsuz yöndeki çevresel etkileri nedeniyle de, zaman içinde azaltılması gerekmektedir. İhtiyaç duyulan elektriğin yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması için planlama çalışmalarının yürütülmesi ve yatırımların yönlendirilmesi, öncelikler arasında yer almaktadır. Buna karşılık, uygulanmada bazı aksamalar söz konusudur.

Atmosfere bırakılan zararlı gazların düzenlenmesini sağlayan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü, ülkelere yeni sorumluluklar getirmektedir. Özellikle Kyoto protokolünde karbondioksit gibi atmosfere salınan gaz miktarının azaltılması için, somut hedefler belirlenmiştir. Türkiye her ne kadar bu antlaşmaları imzalamamış olsa da, temel olarak bu antlaşmaların hedeflerine uyacağını belirtmiştir. Bunun bir göstergesi olarak, enerji üretimi ve tüketimi ilgili plan ve programlarını buna göre yapmaktadır. Bu iki anlaşma dışında Türkiye'nin taraf olduğu Avrupa Birliği ile ilgili antlaşmalar gibi bazı antlaşmalar da vardır. Dolayısı ile Türkiye yakın gelecekte bu konuda sadece kendi kararlarını değil, aynı zamanda üye-

si olduğu kuruluşların da enerji politikalarına uygun kararlar almak ve uygulamak zorundadır. Bu kararların tümü fosil yakıtların kullanım oranlarının azaltılması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılmasına dayanmaktadır. Türkiye için uygulama açısından önemli bir strateji değişikliği söz konusu olacaktır.

Termik santrallerin çevreye daha az kirletici çıkışı sağlayacak tekniklerle donatılması bir zorunluluktur. Bu tür tekniklerin yapım ve işletme maliyetlerini arttırdığı da bir gerçektir. Bu nedenle daha farklı birincil enerji kaynaklarının kullanımının araştırılması ve planlama ve uygulamalarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Son 30-35 yıllık dönemde gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan güvenlik ve atık sorunları nedeniyle yeni nükleer santrallerin yapımından kaçınılmakta, mevcutlarının da kapatılması yolunda girişimlerde bulunmaktadır. Türkiye'nin bilinen radyoaktif madde kaynakları, nükleer santrale yeterli hammadde sağlayabilecek düzeydedir. Ancak Türkiye'nin bir deprem ülkesi olma gerçeği, nükleer atıkların yok edilmesi sorunu, yapım ve işletim maliyetlerinin yüksek olması gibi nedenlerle nükleer santral yapımı, en azından çok daha güvenilir teknolojilerin ve atıkların

ortadan kaldırılmasını sağlayacak metotların bulunmasına kadar gözardı edilmelidir.

Bütün bunlar;

1. Türkiye'nin ihtiyacı olan elektrik enerjisini daha çok yeni ve yenilenebilir kaynaklardan sağlamak zorunda olduğunu,
2. Ülke koşullarına uygun enerji kaynaklarının belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılmasına hız verilmesi gerektiğini,
3. Türkiye'nin enerji politikaları belirlerken ağırlıklı olarak rüzgâr, jeotermal enerji gibi yeni enerji kaynaklarının kullanımını geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılması zorunluluğunda olduğunu,
4. Hidroelektrik enerjisi üretiminin, su kaynaklarının daha rasyonel kullanımı ile artırılması gerektiğini,
5. Uzun vadede güneş enerjisi kullanımına öncelik verecek şekilde planlama yapılmasının gerektiğini göstermektedir.

Yapılacak bu yöndeki tüm yatırımlar, fosil enerji kaynakları kullanımının azaltılmasını sağlayacaktır. Böylece hem hedeflere daha kolay ulaşılması sağlanacak, hem de termik santrallerin neden olduğu olumsuz etkiler azaltılabilecektir.

KAYNAKÇA

ATIMTAY, A.T. 2003, "A global outlook to the carbon dioxide emissions in the world and emission factors of the thermal power plants in Turkey", *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 3: 325-335.

AVCI, M. 2004, Çatalağzı Termik Santralinin Yarattığı Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerine Etkileri, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği, Proje No: 1780/21122001, İstanbul.

AVCI, S. 2000, "Türkiye'nin ekonomi politikaları ve coğrafi sonuçları", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* 8: 29-70.

AYBAR, E. 1993, "Dünya enerji sektöründe gelişmeler, enerji yoğunluğunun azaltılması çabaları ve Türkiye'nin konumu", 3. İzmir İktisat Kongresi 4-7 Haziran 1992, Cilt 3: *Sektörel Gelişme Stratejileri*: 21-32, Ankara.

AYTUĞ B. ve GUVEN, K. C. 1996, "Chemical, morphological and physiological identification of the influence of air pollution on *Pinus brutia* Ten", *Environmental Technology* 17: 445-447.

BABA, A. 2000, "Leaching characteristics of wastes from Kemerköy (Muğla-Turkey) power plant", *Global Nest: The International Journal* 2 (1): 51-57.

- BABA, A. 2002, "Assessment of radioactive contaminants in by-products from Yatagan (Mugla, Turkey) coal-fired power plant", *Environmental Geology* 41: 916-921.
- BABA, A. 2003, "Geochemical assessment of environmental effects of ash from Yatagan (Mugla-Turkey) thermal power plant", *Water, Air, and Soil Pollution* 144: 3-18.
- BABA, A. ve KAYA, A. 2004, "Leaching characteristics of solid wastes from thermal power plants of western Turkey and comparison of toxicity methodologies", *Journal of Environmental Management* 73: 199-207.
- BABA, A, KAYA, A ve BIRSOY, Y. K. 2003, "The effect of Yatagan thermal power plant (Mugla-Turkey) on the quality of surface and ground waters", *Water, Air, and Soil Pollution* 149: 93-111.
- BABA, A. ve TÜRKMAN, A. 2001, "Investigation of geochemical and leaching characteristics of solid wastes from Yeniköy (Muğla-Turkey) power plant", *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 25: 321-328.
- BEDAŞ, 2005, İstanbul'da Elektrik Tarihçesi, <http://www.bedas.gov.tr/bedas/tarihce.php>, son erişim 03.03.2005.
- BÜKE, T. 2003, "Dose assessment around the Yatagan coal-fired power plant due to gross alpha-radioactivity levels in flying ash", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 256 (2): 323-328.
- CİCEK, A. VE KOPARAL, A. S. 2004, "Accumulation of sulfur and heavy metals in soil and tree leaves sampled from the surroundings of Tunçbilek Thermal Power Plant", *Chemosphere* 57: 1031-1036.
- CNNTÜRK, 2004, "Yatağan termik santrali yeniden devrede" ([http://www.cnnturk.Com/HABER/haber_detay.asp?PID=318&HID=2&haberID\)=39485](http://www.cnnturk.Com/HABER/haber_detay.asp?PID=318&HID=2&haberID)=39485), son erişim 25.12.2004).
- ÇEVRE BAKANLIĞI, 1992, "Çevre Bakanı Doğançan Akyürek'in Çevre ve Kalkınma Konusunda Birleşmiş Milletler Konferansındaki Konuşma Metni", *Çevre ve Kalkınma Konferansı 3-14 Haziran 1992*: 18-28, Ankara.
- DOĞANAY, H. 1998, *Ekonomik Coğrafya 2: Enerji Kaynakları*, Şafak Yayınevi, Erzurum.
- DİE, 1998, *Türkiye İstatistik Yıllığı 1997*, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara
- DİE, 2002, *Türkiye İstatistik Yıllığı 2002*, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- DPT, 2000, *Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005)*, Devlet Planlama Teşkilatı yayını, Ankara.
- DPT, 2001a, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Devlet Planlama Teşkilatı yayını, Ankara.
- DPT, 2001b, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu*, Devlet Planlama Teşkilatı yayını, Ankara.
- DPT, 2001c, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Boru Hattı Ulaştırması Alt Komisyonu Grubu*, Devlet Planlama Teşkilatı yayını, Ankara.
- DPT, 2001d, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu*, Devlet Planlama Teşkilatı yayını, Ankara.
- DURMAZ, A. 1998, "Kömürün yanması", *Kömür-Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri* (Ed. O. Kural): 353-394, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- EIA, 2004, "World Energy and Economic Outlook", *International Energy Outlook 2004*, Energy Information Administration, Washington DC.
- ETKB, 2005, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/>

- enerjiiretimi.htm, son erişim 02.03.2005.
- EÜAŞ, 2004, "Termik santrallerde atık ısının değerlendirilmesini araştırma komisyonu", Elektrik Üretim A.Ş. 06 12 2004 tarihli Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Basılmamıştır).
- EÜAŞ, 2005a, Yatağan Termik Santrali Bacagazı Tesisi, Elektrik Üretim A.Ş., http://www.euas.gov.tr/_Euas/web/gozlem.aspx?sayfaNo=333, son erişim 20.03.2005.
- EÜAŞ, 2005b, Yeniköy Termik Santrali Bacagazı Tesisi, Elektrik Üretim A.Ş., http://www.euas.gov.tr/_Euas/web/gozlem.aspx?sayfaNo=334, son erişim 20.03.2005.
- EÜAŞ, 2005c, Çan Termik Santrali Hava Kalitesi Ölçümleri ve Su Analizleri Projesi, Elektrik Üretim A. Ş., http://www.euas.gov.tr/_Euas/web/gozlem.aspx?sayfaNo=321, son erişim 20.03.2005.
- EÜAŞ, 2005d, Çan Termik Santrali Toprak ve Bitki İzleme Programı, Elektrik Üretim A.Ş., http://www.euas.gov.tr/_Euas/web/gozlem.aspx?sayfaNo=322, son erişim 20.03.2005.
- FLAVIN, C. ve LENNSEN, N. 1994, *Enerjide Arayışlar (Yaklaşan Enerji Devriminin El Kitabı)*, TEMA Vakfı, İstanbul.
- GOLDEMBERG, J. ve JOHANSSON, T. B. 2004, *World Energy Assesment Overview 2004 Update*, http://www.undp.org/energy/docs/W_EAOU_full.pdf, son erişim 28.02.2005.
- GREENPEACE, 2000, "Yatağan skandalının ardından Greenpeace TEAŞ'ı kasıtlı ihmalle suçluyor", <http://arkabahce.ada.net.tr/proje/gpeace/basin/250500.html>, son erişim 03.03.2005).
- HİÇ, M. 1980, "Sanayide kaydedilen gelişmeler", *Cumhuriyet Dönemi Türkiye Ekonomisi 1923-1978* (Ed. M. Yasa): 177-266, Akbank Kültür Yayını, İstanbul.
- HKKY, 1986, "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği", *Resmi Gazete*: 19269, 02.11.1986.
- IEA, 2003, *Energy Policies of IEA Countries 2003 Review*, Organization for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, France.
- İM, U. ve YENİGUN, O., 2004, "Modeling of SO2 emissions from Yatağan power plant-A case study", *9th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*: 293-297 (http://harmo.org/conferences/Proceedings/_Garmisch/publishedSections/4.11.pdf, son erişim 25.11.2005).
- İTO, 1997, *Türkiye'nin Doğal Kaynaklar Rehberi*, İstanbul Ticaret Odası yayını, İstanbul.
- KAHRİMAN, A. 2002, "Analysis of ground vibrations caused by bench blasting at Can open-pit lignite mine in Turkey", *Environmental Geology* 41: 653-661.
- KAHRİMAN, A. ve KURŞUN, İ. 2005, AB'ye Giriş Sürecinde Türkiye Enerji Politikaları, <http://www.istanbul.edu.tr/eng/maden/linkler/kayanyazilar/enerji.htm>, son erişim 24.02.2005.
- KANTARCI, M. D. 2000, "The effect of air pollution on forests in Biga Peninsula", *Journal of Environmental Protection and Ecology* 3: 806-818.
- KANTARCI, M.D. 2003, "The effect of three thermo electric power plants on Yerkesik-Denizova forests in Muğla province (Turkey)", *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 3: 806-818.
- KANTARCI, M. D. ve KARAÖZ, M.Ö. 1998, "Biga yarımadası ve çevresinde hava kirliliğinin orman ağaçları ve biyolojik çeşitliliğe etkisi üzerine araştırmalar", *Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu*: 499-510, İstanbul.
- KARABULUT, Y. 1994, "Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi", *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 3: 53-77.
- KARABULUT, Y. 1999, *Enerji Kaynakları*, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.

- KARABULUT, Y. 2000, *Türkiye'nin Enerji Kaynakları*, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- KARADAĞ, A. 2003a, "Kömür çıkarım alanlarının rekreasyonel amaçlı kullanımı: Soma örneği", *Coğrafi Çevre Koruma ve Turizm Sempozyumu 16-18 Nisan 2003*, 83-95, İzmir.
- KARADAĞ, A. 2003b, "Linyit işletmeleri ve termik santralin ardından Soma'nın (Manisa) değişen yüzü", *Sırrı Erinç Sempozyumu 2003-Coğrafya, Genişletilmiş Bildiri Özetleri: 73-79*, İstanbul.
- KARADAĞ, A. 2005, *Coğrafi Değerlendirmelerle Soma'da Değişen Çevre, Kent ve Kimlik*, Ege Üniversitesi yayını, İzmir.
- KARAOZ, M. O. 2003, "Air pollution effects on forests trees in Balıkesir, Turkey", *Water, Air, and Soil Pollution: Focus 3*: 269-279.
- KARAÖZ, M.Ö., 1994, "Yatağan Termik Santrali'nin Çevredeki Henüz Kurumamış Kızılcım Ormanları Üzerine Etkileri" *Gökova Körfezi Çevre Sorunları ve Çevre Yönetimi Sempozyumu 28-30 Haziran 1994* (Editör : A. İYİLİKÇİ PALA): 222-235, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- KARAÖZ, M. Ö. ve TOLUNAY, D. 1997a, "Effects of Yatağan Thermic Power Plant of the Forests in Yatağan-Muğla-TURKEY", *Forest and tree resources, Proceeding of the XI World Forestry Congress 13-22 October 1997. ANTALYA 1 (A)*: 187.
- KARAÖZ, M. Ö. ve TOLUNAY, D. 1997b, "Effects of Yeniköy Thermic Power Plant on Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Forests in Yeniköy-Muğla-TURKEY", *Forest and tree resources, Proceeding of the XI World Forestry Congress 13-22 October 1997. ANTALYA 1 (A)*: 187.
- KARATEPE, N., YAVUZ, R., MERİÇBOYU, A. E. ve ÖZTÜRK, M. 1998, "Kömürün yakılmasından kaynaklanan kirleticiler ve emisyon değerleri", *Kömür-Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri* (Ed. O. Kural): 623-638, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- KARAVUŞ, M., AKER, A., CEBECİ, D., TAŞDEMİR, M., BAYRAM, N. ve ÇALI, Ş. 2002, "Respiratory complaints and spirometric parameters of the villagers living around the Seyitomer coal-fired thermal power plant in Kütahya, Turkey", *Ecotoxicology and Environmental Safety, Environmental Research, B 52*: 214-220.
- KAYGUSUZ, K. 2003, "Energy policy and climate change in Turkey", *Energy Conversion and Management 44*: 1671-1688.
- KESKİN, M. ve MERT, A. 2002, "Türkiye'de enerji ve çevre konusunda yapılan en büyük hataların bir laboratuvarı: Yatağan-Yeniköy-Gökova termik santralleri", *Mühendis ve Makine 509*, http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2002/haziran/makale_enerji_cevre_yatagan.htm, son erişim 20.02.2005.
- MAKİNECİ, E. ve SEVGİ, O. 2005, "Seyitömer termik santralının kuruma alanlarındaki karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) yıllık halkalarına etkisinin araştırılması", *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi A (2)*: 11-22.
- MERİÇBOYU, A.E., BEKER, Ü. G. ve KÜÇÜKBAYRAK, S. 1998a, "Kömürün kullanımını belirleyen önemli özellikler", *Kömür-Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri* (Ed. O. Kural): 149-163, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- MERİÇBOYU, A.E., BEKER, Ü. G. ve KÜÇÜKBAYRAK, S. 1998b, "Kömür ve Çevre İlişkileri", *Kömür-Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri* (Ed. O. Kural): 571-583, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- MERTOGLU, O., SIMSEK, S. ve YESİN, O. 2001, "The importance of the existing geothermal applications and geothermal projection in Turkey", *World Energy Council 18th Congress, Buenos Aires*, http://worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech_papers/18th_Congress/downloads/ds/ds8/ds8_6.pdf, son erişim 20.02.2005.

- MUTLUER, M. 1990, "Gelişimi, yapısı ve sorunlarıyla Türkiye'de enerji sektörü", *Ege Coğrafya Dergisi* 5: 184-214.
- ORHON, M. 2001, "Challenge of Turkey in dam construction and hydroelectric energy potential development in the 21st century", *World Energy Council 18th Congress, Buenos Aires*, http://worldenergy.org/wec_geis/publications/default/tech_papers/18th_Congress/downloads/ds/ds18/ds18_2.pdf, son erişim 20.02.2005.
- ORUÇ, N. 1999, "Seyitömer termik santralinin çevreye etkisi", *1st International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehrami Karaçam 23-24th September 1999-Kütahya/TÜRKİYE*: 604-610, Dumlupınar University, Kütahya.
- ÖZDOĞAN, S. ve ÜNVER, Ö. 1998, "Türkiye'nin taş kömürü ve linyit envanteri ile ilgili ekonomik değerlendirme", *Kömür-Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri* (Ed. O. Kural): 7-16, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- ÖZTÜRK, N. ve ÖZDOĞAN, Z. S. 2004, "Preliminary analyses of natural radionuclides in selected Turkish power plant lignites", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 259 (2): 233-237.
- RADİKAL, 2000, "Yatağan için "geç" neşter" (<http://www.radikal.com.tr/2000/05/25/turkiye/05yat.shtml>), son erişim 25.11.2004.
- SAKARYA TEDAŞ, Cumhuriyetin 75. Yılında Elektrik Enerji Sektörü, Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi, <http://sakarya.tedas.gov.tr/75.yil.htm>, son erişim 28.02.2005.
- SARI, B. ve BAYAT, B. 2002, "Evsel atıksuların fizikokimyasal arıtımında uçucu külün koagulant olarak kullanımı olanakları", *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 26: 65-74.
- SENGULER, I. 2001, "Lignite and thermal power plants for sustainable development in Turkey", *World Energy Council 18th Congress, Buenos Aires*, http://worldenergy.org/wec_geis/publications/default/tech_papers/18th_Congress/downloads/ds/ds1_5.pdf, son erişim 20.02.2005.
- SEVİM, H., NASUF, E. ve KUZU, C. 1998, "Kömür atıklarının depolanması", *Kömür-Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri* (Ed. O. Kural): 603-621, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- TANOĞLU, A. 1971, *İktisadî Coğrafya Enerji Kaynakları*, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü yayını, İstanbul.
- TOLUNAY, D. 2001, "Air pollution effects of thermal power plants on forest trees: a case study on Yatagan thermal power plant in Mugla-Turkey", *Proceedings of the Fifth International Conference on the Development of Wood Science Wood Technology and Forestry: 207-218*, Ljubljana, Slovenija.
- TOLUNAY, D. 2003, "Dendroclimatological investigation of the effects of air pollution caused by Yatagan thermal power plant (Mugla-Turkey) on annual ring widths of *Pinus brutia* trees", *Fresenius Environmental Bulletin* 12 (9): 1006-1014.
- TOLUNAY, D. ve MAKİNECİ, E. 2001, "Air pollution effects on diameter increment of forest trees", *Journal of Environmental Protection and Ecology* 2 (2): 314-321.
- TTB, 2000, Yatağan'da Hava Kirliliğinin Değerlendirmesi Raporu-2000, Türk Tabipler Birliği, <http://ttb.org.tr/yatagan>, son erişim 04.03.2005.
- TTF, 2005, *Energy and Environment For Sustainable Development*, UNDP Thematic Trust Fund, <http://www.undp.org/dpa/publications/TTEEnvironment0105.pdf>, 12.01.2005.
- TUNCER, G. ve ESKİBALCI, M. F. 2003, "Türkiye enerji hammaddeleri potansiyelinin değerlendirilebilirliği", *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi* 16 (1): 81-92.
- TÇSV, 1984, *Türkiye'nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, Ankara.

UĞUR, A., ÖZDEN, B., SAÇ, M. M., YENER, G., ALTINBAŞ, Ü., KURUCU, Y. ve BOLCA, M. 2004, "Lichens and Mosses for Correlation Between Trace Elements and ^{210}Po in the Areas Near Coal-Fired Power Plant at Yatağan, Turkey", *Journal of Radioanalytical and Nuclear - Chemistry* 259 (1): 87-92.

WCI, 2005, *The Coal Resources- A Comprehensive Overview*, World Coal Institute, UK.

ZONGULDAK ÇEVRE, 1994, *Zonguldak İli Çevre Durum Raporu*, İl Çevre Müdürlüğü, Zonguldak.

