

## ENERJİ VE ÇEVRE İLİŞKİLERİ

Prof. Dr. Ahmet DEMİR\*

### GİRİŞ

Yaşadığımız yüzyılın ilk üç çeyreğinde, dünya ölçüsünde gözönüne alındığında, enerji talep ve dolayısı ile tüketiminde giderek hızlanan bir trend gözlenmiştir. Bu trendin oluşmasında en büyük faktörler olarak nüfus artışı ve onunla ilgili şehirleşme, teknolojik gelişme ve refah düzeyinin yükselmesi olguları etken olmuştur.

Enerjinin, insan ve toplum hayatının vazgeçilmez bir ihtiyaç maddesi olması yanısıra özellikle toplumsal gelişme ve endüstrileşme için nisbeten büyük boyutlarda talep edilmesi enerji ve kalkınma arasında bir bağın bulunduğu düşüncesini gündeme getirmiştir. Şöyle ki; İkinci Dünya Savaşının bitimini izleyen yıllardan başlayarak, yaklaşık olarak 30 yıllık sürede, bir ülkenin kalkınmışlığının düzeyi o ülkede kişi başına, ortalama olarak, tüketilen enerji miktarı ile ölçülür olmuştur.

Bir ülkede kalkınmışlığın (ve gelişmişliğin) göstergesi olarak kişi başına tüketilen enerjiyle milli gelir arasındaki bağıntının bir paralellik gösterdiği iddiası sözü edilen dönemde olgularla da kanıtlanmış gibiydi. Özellikle gelişmiş endüstri ülkelerinde bu durum belirgin bir şekilde kendini gösteriyordu. Şöyle ki, sanayi ürünleri başta olmak üzere, ekonominin tüm sektörlerinde sürekli sayılabilecek bir ürün artışı yanısıra sosyal alanda da sağlıktan eğitime, turizm harcamalarından boş zamanları değerlendirme faaliyetlerine kadar uzanan geniş bir yelpazede sürekli artan harcamalar yapılmaktaydı. Tesadüf sözü edilen dönemde en büyük talep ve üretim artışı petrole (petrol ürünlerine) karşı olmaktadır. Örneğin, 1946 yılında dünya petrol üretimi 375 milyon ton iken bu miktar 1974 yılında 2.793 milyon tona çıkmıştır.<sup>1</sup> Bundan çıkan basit bir sonuç vardır. 28 yıllık bir dönemde üretimde yaklaşık olarak, % 745 lik bir artış olmuştur.

Halbuki 1970'lerin başında (1972-1973) Petrol fiyatlarında görülen ani yükselmeler sonucu, 1974'ten 1990 yılına kadar geçen 16 yıllık dönem de üretim 315 milyon ton

---

\* A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Öğretim Üyesi

<sup>1</sup>J. Beaujeu-Garnier; A. Gamblin; A. Delobez; IMAGES ECONOMIQUE DU MONDE 1983, Paris, 1983, s. 53.

artışla 2.109 milyon tona erişmiştir.<sup>2</sup> Bundan çıkan sonuç ise 16 yıllık dönemdeki artışın % 11 dolayında olduğudur.

İki döneme ayrılarak incelenen 1946-1990 süresinde dünya taş kömürü üretimindeki artış ise 1946'dan 1974'e 1.068 milyon tondan 2.247 milyon tona, 1974-1990 döneminde 3.562 milyon tona yükselmiştir. Bu değişimler birinci dönem için % 210, ikinci dönem için % 159 oranları dolayındadır. Bu son oranlardan çıkan sonuç 1946-1990 döneminde enerji üretiminde, talebe bağlı olarak, en büyük üretime sahip iki kaynaktan petrolde çok hızlı bir üretim trendinin görüldüğüdür.

Kömür ve petrol yanısıra doğalgaz, linyit, hidrolik enerji (genelde hidroelektrik) ve ticari olmayan (odun, tezek, tarım artıkları v.b.) enerji üretiminde de, yine aynı dönemde, nisbi olarak önemli artışlar görülmüştür. Örneğin 1954 yılında (a) 300 milyar metreküp olan doğalgaz üretimi 1974'te 1.326 milyar, 1990'da ise 2.050 milyar metreküpe erişmiştir. Linyit üretimi miktarları ise 1946 da 276 milyon tondan 1974'te 840 ve 1990'da 1.176 milyon tona erişmiştir.<sup>3</sup> Savaş sonrasında 1990'a kadar geçen süre içerisinde ikincil bir enerji kaynağı olarak elektrik üretiminde de önemli artışlar olmuştur. Global olarak göz önüne alındığında, 1946'dan 1990'a kadar dönemde üretilen, elektrik enerjisi, seçilmiş bazı yıllarda şöyledir:<sup>4</sup>

1948'de 809 milyar kilovat saat; 1955'te 1970 te ve 1990'da sırası ile 1,5; 4,9 ve 11,2 trilyon kilovat saat.

Dünya elektrik üretiminde önceleri ve uzun bir süre yararlanılan başlıca kaynaklar kömür, linyit ve petrol ürünleri yanısıra hidrolik enerjiden oluşuyordu. Buna karşın 1942 yılında tesis edilen ilk atom reaktöründe elektrik üretilmeye başlanmış, sonuçta nükleer orijinli elektrik üretimi zamanla hızlı bir gelişme trendine sahip olmuştur. Örneğin 1990 yılında dünya ölçüsünde üretilen 11,2 trilyon kw/s. enerjinin 2 trilyonluk bölümü nükleer santrallerden sağlanmıştır.<sup>5</sup>

Buraya kadar yapılan açıklamalardan görüleceği gibi enerji üretimi son yarım yüzyıla yakın bir sürede nisbeten hızlı bir artış göstermiştir. Doğaldır ki bu artıştan beklenen sonuçlar da elde edilebilmiştir. Ancak, bu araştırmanın kapsamına girmemekle birlikte, görülmüştür ki ekonomik gelişme veya büyüme ile enerji talebi arasında tam bir paralellik, bir korrelasyon durumu mevcut değildir. Elbette yatırımlar enerji talep edecektir. Ekonomideki gelişmeler sosyal gelişmeyi de peşisıra sürükleyeceği için sonuçta yine enerji talebi doğacaktır... Bunlar doğrudur.

Ancak görülmüş ve hesaplanmıştır ki, özellikle gelişmiş ülkelerde ekonomik ve sosyal alanda kullanılan enerjinin büyükçe bir bölümü gereksiz yere harcanmakta, bir bakıma bu alanda bir savurganlık olgusu yaşanmaktadır. Nitekim bir çok ülkede enerji tasarrufu konusunda alınan önlemler uygulamaya konulduğunda, ülke çapında olmak

<sup>2</sup> Aynı eser, (1991 yıllığı), s. 34.

<sup>a</sup> Araştırmada başlangıç yılı olarak alınan 1946 için kesin miktar tespit edilememiştir.

<sup>3</sup> Rakamlar Images. 1983 ve 1991 yıllarından derlenmiştir.

<sup>4</sup> Rakamlar yukarıda da geçen yıllıklardan derlenmiştir.

<sup>5</sup> Images ... 1991, s. 47.

üzere (global olarak), belli bir sürede enerji talebinde ciddi bir artış görülmemiş, bundan büyüme olgusu etkilenmemiş, hatta bazı yıllarda enerji tüketiminde azalma görülmüştür. Bunda etkili olan faktörlerin başında 1973 yılında görülen ve 1983'lere doğru tekrar eden petrol fiyatlarındaki yükselme gelmektedir. Ayrıca enerji ve çevre ilişkileri konusunda dünya ölçüsünde kamuoyundaki giderek gelişen bilinçlenme de bunda bir miktar etkili olmuştur.

### ÇEVRE ETKİLENMESİ

Bireysel veya toplumsal açıdan gözönüne alındığında çevre bilinci ve çevre koruma çabalarının, bir bakıma, asırlarca öncesine kadar uzanan bir geçmişi olduğu anlaşılabilir. Ancak bu alanda yaygın yoğun ve kapsamlı araştırmaların ortaya çıkışı ve etkili politikalar oluşturma çabaları Yirminci Yüzyılın ikinci yarısında görülmeye başlanmıştır. Özellikle son 15-20 yıllık dönemde bir çok ülkede ve ülkelerarası düzeyde çevreci kuruluşlar, çevre koruma örgütleri, uluslararası çevre koruma toplantı ve antlaşmaları gibi hareket ve olgular sık sık gözlenir olmuştur.

Dikkat edilecek olursa çevre koruma ile ilgili bu hareketlerde konu giderek dünya ölçüsünde ve sistematik bir şekilde gözönüne alınmaktadır. Çevre koruma çabalarında ise ağırlık insan ve doğal çevresi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bilindiği gibi doğal ortam toprak, su ve havadan oluşmaktadır. Bu kaynakların kirlenmeleri ise oldukça çeşitlidir. Örneğin toprağın kirlenmesinde endüstriyel ve evsel atıklar, zehirli maddeler, tarımsal suni gübre ve ilaçlar, inşaat, madencilik ve taşocaklığı gibi faaliyetler sonucu ortaya çıkan toprak, kaya ve molozlar önemli ölçüde rol oynarlar.

Su kirlenmesinde ise yukarıdakilerin çoğunluğu yanısıra akarsu, göl ve denizlere boşaltılan sıvı atıklar etkili olmaktadır. Atmosferin kirlenmesinde ise başta termik santraller olmak üzere, fabrika ve konutların savurdıkları bir bölümü zehirli baca gazları, kül ve is partikülleridir. Atmosferin üst tabakalarında nisbeten yoğun bir şekilde oluşmuş bulunan ozon tabakası da, en başta kloroflorokarbon içeren spreyletler olmak üzere, bir ölçüde baca gazları ve diğer gazlardan etkilenebilmektedir.

Çevre kirlenmelerine genel bir açıdan bakıldığında enerji kaynaklarından yararlanma olgusunun bunda son derece önemli bir yere ve role sahip olduğu kolaylıkla görülebilir. Enerji kaynaklarının kullanımı sonucu çevre kirlenmesi olgusu ise aslında enerji-çevre ilişkilerinin en önemli bir bölümünü oluşturur. Ancak konunun tüm boyutlarıyla incelenmesi, irdelenmesi gerektiğinde enerji kullanımı yanısıra, üretim, iletim ve atıklar-çevre ilişkilerinin de hesaba katılması gerekir. Bu denli geniş perspektifli bir incelemenin yapılması ise konunun iyice anlaşılması açısından belli enerji kaynak guruplarının ayrı ayrı ele alınıp incelenmesini zorunlu kılar. Bu nedenle az sonraki açıklamalarda enerji çevre ilişkileri, enerji ekonomisi ve teknolojisi ile uğraşanların fazlaca rağbet ettikleri iki gurup altında incelenecektir.

#### 1) Ticari Olmayan Enerji Kaynakları (Gayri Ticari Enerji Kaynakları)

İnsanın çevresinde bulunan enerji kaynaklarından yararlanması bir bakıma insanlık tarihi kadar eskidir. Güneş ve rüzgâr enerjisi bir yana bırakılırsa, çok eski tarihlerden başlayarak insanın hayvan gücünden yararlanma, odun tezek ve birtakım tarımsal artıkları

kullanma olgusu günümüze değin hükümünü icra edegelmiştir. (Bundan sonra da sözü edilen kaynaklardan nisbeten sınırlı bir şekilde yararlanılacağı anlaşılmaktadır.)

Ancak, takriben ikiyüz yıl önce başlayan endüstri devrimi ile makina faktörünün gündeme gelmesi ekonomik ve sosyal hayatı sürekli ve derinlemesine etkilemiştir. Makinalardan yararlanmanın endüstriden ulaşım, tarımdan ticarete değin yaygınlaşması sonucu enerji talebindeki büyük patlama zamanına göre klâsik enerji kaynakları kabul edilen odun, tezek ve tarım artıkları'nın yerine yeni enerji kaynaklarının konulması zorunluluğunu getirmiştir. Yeni enerji kaynakları genelde fosil yakıtlar da denilebilen kömür, linyit, petrol ve doğal gazdır.

Endüstri devriminin gelişmesi ve dünya ölçüsünde yaygınlaşan bir sanayi sürecine girilmesi ve sanayileşmenin diğer alanları etkilemesi sonucu ortaya çıkan büyük enerji talep ve tüketiminde fosil yakıtlar hızla birinci plâna çıkarken zamanın klasik enerji kaynaklarını ikinci plâna itmiştir.

Modern makina devriminin veya başka bir deyimle, makina medeniyetinin genelde fosil yakıtlarla işlevini görebilmesi sonuçta bu tür yakıtlara ticarî enerji kaynakları denilmesine neden olmuştur. Öncekiler ise toplam enerji talebindeki paylarının giderek azalması yanısıra, enerji kaynağı olabilme dışında daha rasyonel ve yerinde kullanma imkânlarına (örneğin, odunun endüstride hammadde olarak kullanımı) sahip oldukları için gayri ticarî enerji kaynakları olarak vasıflandırılmışlardır.

Adlarından da anlaşılacağı gibi genelde yöresel ve mevzii ticarete bile sınırlı ölçüde karışan bu kaynaklar aslında kullanılmaları sonucu çevreye nisbeten sınırlı ölçüde olumsuz etkiler yapan maddelerdir. Bunlardan odun ve bir ölçüde odun kömürünün kesim, taşıma ve tüketicilere dağıtım işlemi (odun kömürünün hazırlanma aşaması da dahil) rasyonel bir şekilde yapıp uygun ocaklarda yakıldıklarında çevresel zararları hemen hemen yok gibidir. Ağaç türlerine göre değişmekle birlikte, odun veya odun kömürü yanma sonucu genelde nisbeten az bir atık bırakırlar. Kaldı ki kül olarak isimlendirilen atık da gübre olarak toprağa verilebilecek niteliktedir. Makro ölçülerle gözönüne alındığında odun veya odun kömürü kullanımının atmosferdeki sera etkisine katkısından başka ciddi bir çevresel olumsuz etkisi yoktur. Bölgesel veya ülke ölçüsünde rasyonel bir ağaçlandırma ve ormancılık politikası oluşturulduğunda ve kesimlerinin de ağaç ve orman varlığının artımını engellememesi şartı ile odun ve diğer orman ürünlerinden enerji kaynağı olarak yararlanması fazla bir eleştiri konusu olamaz<sup>5-a</sup>.

Ancak şurası da kesindir ki orman varlığı, yaşadığımız modern çağda, enerji kaynağı olmanın ötesinde endüstriyel bir hammadde niteliğine de sahiptir. Bu nedenle gelişmiş sanayi ülkelerinde orman ürünlerinden yararlanmada hammadde sağlanması birinci plânda gözönüne alınmakta bunun dışında kalan kısımlar enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Tarımsal bir hammadde olarak hayvan gübresinin de genelde tezek olarak ocaklarda yakıldığı bilinmektedir. Gübrenin tezek olarak yakılmasının, tarım alanları için bir kayıp olması hesaba katılmazsa, odun ve diğer tarımsal atıklar gibi çevreyi fazlaca kirletmediği görülür. Tezeğin en büyük dezavantajı yakıldığında çevreye kendine özgü bir kokunun

<sup>5-a</sup> Mark, D. Uehling; "Making Electricity From Trees", POPULAR SCIENCES, September 1993, s. 36

yayılmasıdır. Ancak bilinen ve uygulanan odur ki hayvan gübresinden tezек olarak yakılmak yerine bazı basit tesisler kurarak gaz elde edilmesi ve elde edilen gazın tarımsal yapı ve çiftliklerde kullanılması da mümkündür. Özellikle Çinde yaygın bir uygulama alanı bulan, gübreden gaz elde etme tekniğı ile bir yandan enerji elde edilirken diğеr yandan da işlem sonucu geriye kalan gazı alınmış gübre toprak ve bitkilere yararlı niteliğıyle tarlaya verilmektedir.

Başak sapları, ceviz fındık gibi sert kabukluların kabukları, çam kozalağı, dökülmüş ağaç yaprakları gibi tarımsal nitelikli atıklar da yine enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Oldukları gibi veya paketlemeye tabi tutulan, briket haline getirilebilen bu tür enerji maddelerinin de çevreye olumsuz etkileri oldukça sınırlıdır.

Az ileride de belirtileceğı gibi, fosil yakıtların veya nükleer yakıtların üretiminden kullanımına kadar geçen işlemler zincirinde ortaya çıkan çevre kirlетici etkiler gözönüne alındığında, odun-tezek ve tarımsal atıkların rasyonel bir değerlendirme ve kullanılması yoluna gidildiğinde çevre korunmasına katkıda bulunulmuş olacaktır.

## 2) Ticari Enerji Kaynakları :

Günümüzde en büyük ölçüde yararlanılan enerji kaynaklarını oluşturan kömür, linyit, petrol ve doğal gaz, az önce de belirtildiğı gibi ticari enerji kaynakları gurubuna girmektedir.

Ticari enerji kaynaklarının bu şekilde başlıca dört çeşit olarak sınıflandırılması bir bakıma bunlar hakkında kesin bir fikir vermeyebilir. Şöyle ki, enerji ile ilgili literatürde kömür deyiminin kapsamına, bünyesinde nisbeten en yüksek karbon bulunan antrasitten düşük karbon oranına sahip linyit kömürlerine kadar uzanan tüm bitkisel orjinli fosil yakıtlar girmektedir. Bu açıdan ele alındığında kömürleri antrasit, bitümlü kömür ve linyit olarak üç sınıfa ayırmak mümkündür. (Bunlara daha oluşum halinde bulunan ve zengin hüme sahip, ancak buna karşın bünyesinde çok yüksek oranda su içeren ve turb olarak nitelendirilen en alt düzeydeki kömürleri de katmak bir ölçüde mümkün görünmektedir.)

Yukarıda sözü edilen enerji kaynaklarının çevre üzerine yaptıkları etkiler az çok birbirine benzer görülmekle birlikte yine de kaynağına bağılı olarak bazı farklılıklar mevcut bulunmaktadır. Bu nedenle herbirinin kendine özgü nitelikleriyle gözönüne alınmasında yarar vardır.

Bu kısa açıklamalardan sonra yukarıda değinilen enerji kaynaklarını çevre etkileriyle görelim.

## KÖMÜRLER

**Antrasit :** Antrasitin bünyesel olarak tamamına yakın kısmı (%90-95) karbondan oluşmaktadır. Bunun yanısıra çok az rutubet ve kül içerir. Genelde tüm kömürlerde bulunan kükürt oranı ise hemen hemen sıfırdır.

Kuvvetli hava akımına sahip ocaklarda yanabilen antrasitten yanma sonucu atmosfere sadece karbon dioksit ve azot oksitleri şeklinde gazlar atılmaktadır. Antrasit

oldukça nadir bulunan bir kömürdür. Çevreye olumsuz etkileri çok az olduğu için ideal bir konut ve endüstri yakıtıdır.

**Bitümlü Kömürler** : Bu kömürler yeryüzünde en yaygın olarak bulunan fosil yakıtlardandır. Bu kömürler yüksek oranda karbon yanısıra uçucu maddeler içermeleri (çoğunlukla yanıcı gaz ve sıvılar) nedeniyle kolaylıkla ve genelde ıslı bir alevle yanarlar. Bitümlü kömürlerin bazı türleri genelde ısısından yararlanılmak için kullanıldığı gibi (endüstride, termik santrallerde, yakın yıllara kadar özellikle lokomotif ve gemilerde) bazı türlerinden de ev koku veya metalürjik kok elde edilmesinde yararlanılır. Bitümlü kömürlerin karbon ve uçucu maddeler yanısıra, genelde bünyelerinde kükürt mineralinin de nisbeten yüksek oranlarda bulunduğu görülmektedir. Bunun sonucu olarak kömürle çalışan termik santrallerin baca gazlarında karbon dioksit, azot oksitleri ve kükürt dioksit bulunmaktadır. Etkin bir filtre sistemi takılmamış bulunan kömür santrallerinin çevresel etkisi özellikle havadaki su buharı ile birleşerek sülfirik asite dönüşen ve asit yağmuru şeklinde yeryüzüne düşen kükürt dioksit yanısıra, ocaktaki yanma etkisiyle oluşan azot oksitlerin çevreye yayılması şeklinde görülmektedir.

Santrallerin diğer çevre etkileri ise atmosfere büyük ölçüde bıraktıkları karbon dioksit nedeniyle sera etkisi olarak adlandırılan olgudur. Termik santrallerin diğer çevresel etkileri ise soğutma suyu aldıkları kaynakların nisbeten ısınması sonucu bu ortamlardaki bitki ve hayvanların yaşama şartlarının değişmesi ve ayrıca santral çevresinde de nisbeten sıcak bir hava katmanının oluşmasıdır. Bu son durum soğutma kuleleri (kullanılmış buharın yoğunlaştırılması) sistemine sahip termik santrallerde görülmektedir.

Termik santrallerin diğer bir çevre etkisi de uygun filtre donanımına sahip olmadıkları takdirde, çevreye savuracakları kül ve is gibi partiküllerdir. Bütün bu belirtilenler yanısıra bazı kömürler, linyit de dahil, genelde çok cüzi oranlarda radyoaktif (uranyum ve diğer radionüklidler) maddeler içerebilmektedir. Bu nitelikli kömür veya linyitlerin yakılmaları sonucu çevreye insan sağlığına zararlı radyoaktivite yayılabilmektedir.<sup>6</sup>

**Linyitler** : Linyitlerin çevre etkileri de bitümlü kömürlerinkiyle benzer durumdadır. Ancak linyitte, genel olarak, kömüre oranla nisbeten daha fazla kükürt bulunabilmektedir. Ayrıca linyitlerde, özellikle düşük kaliteli ve kalorisi de düşük olan, yanma sonucu nisbeten büyük oranlarda kül oluşmaktadır.

Kömürlerle ilgili olarak yukarıdanberi ana hatları ile yapılan bu açıklamalara kullanım öncesi madencilik faaliyetleri ile ilgili önemli bir hususu da katmak gerekir: Şöyle ki; kömür üretimi (istihracı : çıkarımı) tam anlamı ile bir madencilik faaliyetidir. Yüzey, galeri, kuyu madenciliği veya üstteki malzemeyi kaldırarak (strip mining) yapılan türlü kömür üretim işlemlerinde büyük ölçülerde taş, toprak gibi işe yaramayan malzemenin madenden dışarı taşınması gereklidir. Kömür üretiminin büyüklüğüyle bir bakıma orantılı olan bu malzemenin ocaklar çevresinde yığılması görünümü bozma, işe yarar alanların elden çıkması yanısıra, çevredeki ekolojik dengeyi de bir ölçüde etkilemektedir.

<sup>6</sup>NUCLEAR POWER, THE ENVIRONMENT AND MAN, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1984, s. 35.

Kömür üretiminde ortaya çıkan işe yaramaz malzeme ile ilgili kısa bir örnek verelim :

Ülkemizde kömür (taş kömür) üretimi yalnızca Zonguldak yöresinde yapılmaktadır. Verilen istatistiki bilgilere göre ocaklardan çıkan ayıklanmamış- yıkanmamış (tuvönan) kömür miktarı 6-7 milyon ton olmasına karşılık ayıklanmış temizlenmiş (satılabilir) kömür miktarı bunun takriben yarısı kadardır. Ayıklama sonucu ortaya çıkan döküntüler (molozlar) yörede uygun görülen yerlerde toplanmaktadır.

**Petrol :** Enerji kaynağı olarak petrol (petrol türevleri) kullanımının çevresel etkileri kömür veya linyitten pek farklı değildir. Ancak genelde petrole dayalı çalışan sistemlerde yüksek randıman oranlarına erişebilmesi nedeniyle kaynak kullanımında tasarruflar sağlanabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında petrolün kömüre göre bir miktar üstünlüğü olduğu kabul edilebilir.

**Doğal gaz :** Bünyesinde, aralarında bağlantılı olarak, karbon ve hidrojeninden başka element bulunmayan doğal gaz yandığı zaman nisbeten en az çevresel etki oluşturmaktadır. Normal atmosfer şartları altında bir metreküpe 850-900 gram ham petrole eşdeğer enerjiye sahip olan doğal gazın bu denli yüksek kaloriyi içermesi yanısıra çevre üzerine asgari düzeydeki etkisi (sera etkisi dışında) nedeniyle giderek artan bir talebi vardır.

**Nükleer enerji :** Yukarıda incelenen ticari enerji kaynaklarının çevre etkileri genelde yakıt olarak kullanılmaları sonucu olmaktadır. Buna karşın nükleer enerjide madenden çıkarılmadan kullanım sonrasına kadar olan tüm aşamalarda çevreyi etkileme olguları kendini göstermektedir. Şöyle ki; nükleer enerji sağlayabilen elementler yüksek oranda radyoaktiviteye sahiptirler. Günümüzde enerji kaynağı olarak kullanılacak başlıca nükleer yakıt olarak Uranyum ve Toryum gündemdedir. Bunlardan belli şartlar altında atomun ayrışması sonucu enerji verebilen (fissile) element Uranyum 235 tir. Uranyum 235 genelde Uranyum 238'le birlikte elde edilebilir.<sup>7</sup> (Toryumdan enerji elde edilebilmesi halihazır Uranyumdan enerji sağlanmasına göre daha geliştirilmiş ve değişik işlem ve metodları gerektirdiği için bu elementin devreye girmesi muhtemelen önümüzdeki dönemlerde olabilecektir.)

Uranyumun çevre etkisi öncelikle madenden çıkarılması sırasında kendini göstermektedir. Bu konuda verilen bilgilere göre Uranyum içeren cevher madenciliği açık ocak veya yeraltı madenciliği (genelde galeri madenciliği) şeklinde olmaktadır. Günlük üretim, Uranyum içeren cevherlerin fiziki nitelikleri ile uygulanan işletmecilik modeli ve teknolojiye göre 50 ton ile 40.000 ton arasında değişmektedir. Standard ölçülerde bir nükleer reaktörün yıllık ihtiyacı 250 ton tabii uranyumdur. Bunun için de işlenecek cevher miktarı 125.000 tona kadar çıkabilmektedir.<sup>8</sup> Biraz eski tarih (1982) için verilen bilgilere göre dünya uranyum üretimi yıllık olarak 40.000 ton dolayındaydı. Bu miktar uranyumun elde edildiği cevher miktarı ise takriben 15-20 milyon ton dolayındadır.<sup>9</sup> Diğer çevresel etkileri göz önüne alınmasa bile, işlemler sonucu hemen hemen tümü çevreye bırakılan bu denli cevher ağının yerel veya yöresel görünümü bozan bir nitelikte

<sup>7</sup>NUCLEAR POWER,..... s. 15

<sup>8</sup>A.g. kaynak, s. 16

<sup>9</sup>A.g. Kaynak, s. 16

olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bundan daha fazlası işlem sonucu çevreye bırakılan atıklar, radyoaktiviteye sahip olmaları sonucu, çevresel sağlık şartları'nı da olumsuz yönde etkilemektedir.

Cevherden çeşitli işlemlerle çekilip alınan uranyum öncelikle oksit şeklindedir. Buna sarı pasta (yellow cake) denilmektedir. Bu üründen daha sonra çeşitli işlemlerle nükleer yakıt elde edilmektedir. Bu konuda verilen bilgilere göre istenilen nitelikte ve özellikle yüksek oranda U-235 içeren zenginleştirilmiş yakıt işlemleri sırasında çevresel etki normal bir kimya tesisininkinden fazla değildir.

Nükleer enerjiden yararlanma işlemlerinde ikinci büyük çevresel etki aşaması reaktörün çalışması sırasında olmaktadır. Şöyle ki; teknolojsi değişik olmakla birlikte nükleer santral de bir yönü ile termik santral gibi çalışmaktadır. Bu nedenle de soğutma suyu aldığı kaynaklara sıcak su bırakabilmekte veya soğutma kuleleri ile atmosfere ısı boşaltmaktadır. Termal etki denilebilecek bu husus, bir bakıma, fazlaca eleştirilecek bir durum değildir. Ancak bunun yanı sıra reaktörden çıkan bazı atık sular, soğutma suyu da dahil, radyoaktivite içerebilmektedir.

Bu konuda yapılan açıklamalara göre izin verilmiş ölçüleri aşmamak şartı ile, atom santrallerinden düşük radyoaktivite içeren sular belli noktalara gönderilebilmektedirler. (Kanalize edilmektedirler.)<sup>10</sup>

Nitekim, çalışmaları sırasında çok büyük hacimde soğutma suyuna ihtiyaç olması nedeniyle atom santralleri mümkün olduğu ölçüde deniz ve göl kıyılarında kurulmaktadır.

Nükleer santralin çalışması sırasında atık olarak ortaya çıkan radyonükleidler (radyoaktiviteye sahip maddeler) içerdikleri radyosunun kısa veya uzun sürede etkisini kaybetmesine göre sınıflandırılmaktadırlar. Bunların çevreye zarar vermemeleri için alınan tedbirlerin başında, radyoaktivitelerinin azaltılabilmesi için bir süre korunmuş kompartımanlarda bekletilmeleri veya konsantre edilerek güvenilir bir şekilde saklanmaları gibi yöntemler gelmektedir.

Ancak, reaktör kazaları bir tarafa bırakılırsa, esas önemli olan konu reaktörlerde kullanılan yakıtların işlevleri bittikten sonra geriye kalan nükleer atık veya küllerdir.

Spent fuel de denilen kullanılmış yakıtlar veya yakıt artıkları, reaktördeki fisyon olgusu sonucu ortaya çıkan çeşitli radyoaktif elementlerden oluşmaktadır. Genelde işe yaramaz görünmekle birlikte bunların içerdikleri elementler arasında yeniden işleme yakıt olabilecek Plutonyum P-239 da bulunmaktadır.

Ancak görünen odur ki, reaktörde kullanım sonucu meydana gelen atık ve küller içerdikleri radyoaktif maddeler nedeniyle kesinlikle güvenilir yerlerde depolanmak durumdadırlar. Çevre ve özellikle canlıların sağlığı açısından son derece önemli olan bu konu atom enerjisinden yararlanmaya başlanıldığı tarihten günümüze değin giderek artan bir önemle gündemde bulunuyor. Aslında radyoaktif atıkların etkilerinin % 100 ortadan

<sup>10</sup>THE MENAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTES, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1981, s. 4.



kaldırılması şimdilik gerçek dışı görülüyor. Bu noktada önemli olan husus radyoaktivitesi yüksek olan atıkların (high-level wastes) çok uzun sürelerce, yüzyıllarca, bir bakıma sürekli kontrol altında tutulmaları gereğidir.

Bu konudaki uygulamaların başlıcalarını şöylece özetlemek mümkündür. Nükleer reaktörün çalışması sırasında yapılan operasyonlar vardır. Bunlar reaktörün soğutma sistemlerinin ve yakıtların depolandığı havuzların temizlenmesi, filtrelerin değiştirilmesi bazı madeni aksamın yenilenmesi gibi işlerdir. Reaktörün çalışması sırasında radyoaktivite kazanan bu malzemenin çevreye olan etkilerini önlemek için özel olarak hazırlanmış (yalıtılmış) depolarda bekletilmektedirler. Ya da katran, çimento gibi maddelerde karıştırılarak yeraltına gömülürler veya denizlere boşaltılırlar.<sup>11</sup> Bu konuda Fransızların uyguladıkları metod ise tehlikeli ölçüdeki radyoaktif atıkların camlaştırılıp (vitrification) nodül durumundaki bu malzemenin denizlere atılmasıdır. Bunlar yanısıra sıvı veya katı nükleer atıklar kurşun tabakalarla çepeçevre kaplı çelik veya betonarma konteynerlere konularak yeraltında özel olarak hazırlanmış mahzen ve mağaralara konulmaktadır. Sözü edilen depolama yerlerinde konteynerler ya havuzlar içerisinde bekletilmekte veya etkin bir havalandırma sistemi ile sürekli olarak soğutulmaktadır.<sup>a</sup>

Santral atıklarının zararlarının asgari ölçülere indirilmesi ile ilgili bu çalışmalar yanısıra çalışma süresini tamamlayan nükleer santrallerin sökülmesi konusu da yine çözümü çetin bir nükleer enerji problemi oluşturmaktadır. Bu konuda, biraz eski tarihte verilen bilgiye göre 1960-1979 yılları arasında 65 dolayında nükleer santral devre dışı bırakılarak sökülüştür.<sup>12</sup> Nükleer santralin sökülmesi hususu ise özel uzmanlık isteyen bir iştir. Santralin radyoaktiviteye maruz kalmamış kısımları problemsiz sökülebilmekle birlikte reaktör, reaktörle ilişkili soğutma sistemleri, diğer bağlantı elemanları ve radyoaktivite kazanmış çeşitli donanımlar büyük bir itina ile sökülerek koruyucu kasa ve konteynerlerle önceden hazırlanmış ve genellikle yeraltında bulunan korumalı galerilere gömülürler.

Santral sökümü ve öncelikle reaktör kabının çevreye zararını önlemek için yapılan masraf tutarının başında santral yapımı için gerekenin % 10'u dolayında olduğu belirtilmektedir.<sup>13</sup> Belirtilen bu miktarın önceden, üretim sırasında elektrik satışına eklenmesi düşünüldüğünde, santralin çalıştığı sürece kw/saat başına 0.5 mill (0.5 cent=70 TL.) dolayında bir ilâve gerekmektedir.<sup>14</sup>

Nükleer santral sökümünün bu denli harcama gerektirmesi çevre koruma bakımından kaçınılmaz bir husustur. Ancak bu konuda endişe verici bazı olguların varlığı da biliniyor. Şöyle ki; Batılı haber kaynaklarının verdikleri bilgilere göre (CNN, BBC televizyonları) Sovyetler Birliğinde, yakın dönemlere kadar, devre dışı bırakılan atom reaktörleri (reaktör kapları: reactor vessel) Antarktika'ya veya kuzeyde Novaya Zemlya Adaları civarında denizlere atılmıştır.

<sup>11</sup>RADIOACTIVE WASTES, International Atomic Agency, Vienna, 983, s. 4; 5; 8; 12 ve 13

<sup>a</sup> Bu işlemlerin 50-100 yıl sürebileceği hesaplanmaktadır.

<sup>12</sup>THE DECOMMISSIONING OF NUCLEAR POWER PLANTS, International Atomic Agency, Vienna, 1979, s. 8.

<sup>13</sup>DECOMMISSIONING.....s. 12.

<sup>14</sup>DECOMMISSIONING.....s. 12.

**Elektrik Enerjisi :** Çok yönlü kullanım imkânı sağlayan elektrik enerjisine karşı giderek büyüyen bir talep olduğu görülmektedir. Bu konuda verilen bilgilere göre bir çok ülkede elektrik talebi birincil enerji kaynaklarına olanın çok üzerinde seyretmektedir. Endüstrileşmiş ülkelerde toplam enerji tüketiminde elektriğin payı 1982'de % 30 dolayında olup bunun 2000 yılında % 40'a çıkacağı tahmin ediliyor.

Yukarıda belirtilen oranların kalkınmakta olan ülkeler için 1982 de % 20'ye yakın olup 2000 yılında % 30 dolayına erişebileceği tahmin edilmektedir.<sup>15</sup> Elektrik talebinin hızla yükselme eğilimi göstermesinin başlıca nedeni bu enerji türünün çok çeşitli amaçla ve alanlarda kullanılması, iletim ve dağıtımının pratik oluşudur. Bunlar yanısıra elektrige dayalı sistemlerin sessiz ve genelde çevresel etkisinin fazla görülmemesi gibi hususlar da yine talebin yükselerek gitmesinde etken olmaktadır.

Genel hatları ile gözönüne alındığında çok yönlü avantajlara sahip olduğu anlaşılan elektrik enerjisinin, özellikle son yıllarda, büyük bir çevre problemini de beraberinde getirebileceği anlaşılmıştır. Şöyle ki; yapılan, gözlem, araştırma ve deneyler sonucu, elektriğin uzak mesafelere taşınması için kullanılan yüksek gerilim hatlarının, voltajın yüksekliğine bağlı olarak, çevreye elektromanyetik alan etkisi yapabildikleri saptanmıştır. Tıbbi açıdan önce hayvanlar üzerinde yapılan deney ve gözlemlerden yoğun elektriki alan veya elektromanyetik alan içerisinde bulunan ve bulundurulan bazı hayvanlarda katarakta kadar varan göz bozuklukları, üreme fonksiyonunda dejenerasyon başta olmak üzere, çeşitli sağlık problemlerinin ortaya çıkabildiği anlaşılmıştır.<sup>16</sup> Aynı şekilde insanlarla ilgili olarak yapılan gözlemlerden elektromanyetik dalgaların etkisiyle, saç dökülmesi ve egzemadan başlayıp lösemiye kadar uzanan bir çizgide, çeşitli hastalık ve sağlık problemlerinin ortaya çıktığı saptanmıştır.<sup>17</sup>

Özellikle yüksek gerilim hatlarının yakın çevreye olan etkileri nedeniyle bazı ülkelerde birtakım önlemlerin alındığı görülmektedir. Örneğin başta ABD olmak üzere, yüksek gerilim hatlarının yerleşim alanlarının, özellikle kampus'ların uzağına aktarılmasına çalışılmakta bu arada hatların toprakaltına gömülmesi de gündemde bulunmaktadır. Yüksek gerilim hatları yanısıra konut ve işyerlerinde bulunan elektrik tesisatlarının ve bazı evsel elektriki alatların de yakın çevrede bulunanların sağlıklarını bir ölçüde etkileyebileceği kanıtlanmış gibidir.<sup>17</sup>

## GENEL DEĞERLENDİRME

Buraya kadar yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, insan yaşantısı, konforu ve gelişmesi için vazgeçilmez bir faktör olan enerji, üretiminden kullanımına kadar çeşitli yönleriyle problemleri de beraberinde getirebilmektedir. Bu nedenle görünen odur ki, günümüzde işletmecilikten teknolojiye kadar uzanan bir yelpaze içerisinde ortaya çıkan buluş ve gelişmelerin ışığı altında yeni kaynaklara yönelmek yanısıra yeni bir enerji üretim ve tüketim modeli oluşturmak gerekmektedir.

<sup>15</sup>NUCLEAR POWER... s. 5.

<sup>16</sup>"Haut Tansion Sous Les Lignes", SCIENCE ET VIE, Fevrier, 1992, s. 93.

<sup>17</sup>A.g.m. s. 94

<sup>17</sup>Jean, Michel Bader; Les Champs Electro-magnetique au Quotidien", SCIENCE ET VIE, Fevrier, 1993, s. 95-97.

Sözü edilen modelde kaynak seçimi, kaynaklardan yararlanma oran ve miktarları, amaç ve zamana bağlı olarak, ne oranda kullanılmaları gerektiği saptanabilecektir. Enerji kullanım (direk, dolaylı veya çevrim) şekil ve sistemlerinin de yeniden tasarlanıp hızla hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu arada dağıtım ve tüketim aşamasında, tasarruftan çevresel etkilerin azaltılmasına değin, etkin önlemlerin belirlenip uygulanabilir bir çerçeveye oturtulmaları gerekmektedir.

Sözü edilen çalışmalarda, çok kuvvetli olasılıkla, başta petrol ve kömür olmak üzere, günümüzün en önemli enerji kaynaklarının üretim ve kullanımında ciddi boyutlara varan kısıtlamalara gidilmesi sonucuna varılacaktır. Buna karşın, modern teknik ve metodlardan da yararlanılarak, genelde yeni ve yenilenebilir denilen enerji kaynaklarına hızla yönelinecektir. Örneğin güneş ve rüzgâr enerjisinden yararlanma çalışmaları bugünkünün çok üzerinde bir tempo ile hızlanıp gidecektir.<sup>18</sup> Bu arada elektrik elde edilirken yakıt pilleri (fuel cells) teknolojisi yanısıra tasarruf sağlayan sistem ve yöntemler de hızla devreye girebilecektir. Bunlara ek olarak güneş enerjisinden geliştirilmekte olan sistemler (güneş pilleri ve güneş termik santralleri) aracılığı ile büyük ölçülerde elektrik üretilebileceği anlaşılmaktadır.<sup>19</sup> Üretilen elektriğin olduğu gibi kullanıma ilâve olarak suyun elektrilizi yoluyla hidrojen gazı (aynı zamanda oksijen de elde edilecektir) üretiminde kullanılacağı anlaşılmaktadır.

Birim hacim veya ağırlık başına nisbeten yüksek oranda enerjiye (kaloriye) sahip hidrojen gazının depolanma, dağıtım ve kullanımında halen mevcut olan bazı problemlerin (özellikle çabuk alev alma ve patlama) geliştirilecek teknik ve metodlarla çözümlenmesi sonucu, dünya ölçüsünde bir enerji bolluğuna erişilebilecektir. Halen oldukça gelişmiş bulunan yakıt hücreleri teknolojisi ile hidrojen ve oksijen bu sistemde katalizör aracılığı ile suya dönüşürken aynı zamanda elektrik enerjisi de elde edilmektedir

Fazla optimist olmadan belirtmek gerekir ki, 21. Yüzyılda enerji sektörü temelde güneşe dayalı olarak kurulacak ve gelişecektir.<sup>20</sup>

## SONUÇ

Ekonomik ve sosyal gelişmeyle ilişkili olarak enerji talebi artarken teknolojik gelişmenin ortaya koyduğu buluşlar da bir bakıma, istenilen düzeyde enerji üretimine olanak sağlamaktadır Genel görünüm özetle böylece açıklanabilmekle birlikte enerji üretiminden kullanımına kadar hemen her aşamada çeşitli problemler de ortaya çıkabilmektedir. Bunların başında özellikle fosil yakıtların tükenmesi, çevre kirliliği, bazı bölgelerde veya sosyal kesimlerde nisbeten ucuzluğu nedeniyle rastgele ve savurgan bir şekilde enerji kullanma olguları gelmektedir

<sup>18</sup>Renaud de la Taille, "L'Electricité Solaire à Moitié Prix"

<sup>19</sup>Yoshihiro Hamakwa, "Photovoltaic Power, "SCIENTIFIC AMERICAN, April, 1987, s. 76-82.

<sup>20</sup>John O'M. Bockris; Nejat Veziroğlu, "A Solar-hydrogen Energy System for Environmental Compatibility", ENVIRONMENTAL CONSERVATION, Vol. 12, No. 2, Summer, 1995, s. 112-115

Ancak herşeye rağmen görünen odur ki, enerji konusunda giderek yaygınlaşan bir bilgilenme ve bilinçlenme olgusu vardır. Artık büyük kitleler, özellikle siyasal iktidarlar başta olmak üzere, bilimsel kuruluşları, mahalli idareleri bu konuda rasyonel ve etkin yöntemler bulmaya ve uygulamaya zorlamaktadır. Bunun sonucunda ise yeni bir **enerji devrimi**'nden söz etmek mümkün olacaktır. Enerji devriminin başlıca karakteristikleri ise özetle şöylece belirlenebilir :

- a) Fosil yakıtların kullanımı asgariye indirmek,
- b) Nükleer yakıt teknolojisini en üst güvenilirlik düzeyine çıkarmak ve ancak bu enerjinin yerine de mümkün olduğu ölçüde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını hızla ikame etmek,
- c) Başta güneş ve rüzgâr enerjisi olmak üzere, hidrolik, jeotermal enerji gibi günümüze değin genelde sınırlı bir ölçüde kullanılan kaynaklardan olabildiğince yaygın ve yoğun bir şekilde yararlanmak,
- d) Bitkisel enerji kaynaklarını rasyonel bir yöntemle olabildiği ölçüde devreye sokmak, (Örneğin orman varlıkları dikim, bakım kesim ve orman için yolların, su sistemlerinin geliştirilmesi, orman içi taşımacılık gibi işlemlerle sürekli üretime uygun duruma getirilebilir.)
- e) Enerji kullanım sistem ve yöntemlerini geliştirmek ve rasyonalize etmek,
- f) Enerji kullanımında mümkün olduğu ölçüde savurganlıktan kaçınma ve tasarruf yollarını arama. Bu şekilde özetle belirtilen işlerin yapılması ulusal ölçüde olduğu gibi uluslararası alanda da ciddi, yoğun ve gerektiğinde etkin bir işbirliğine gidilmesi hususunu gündeme getirmektedir.

Aslında konu çok yönlü ve dünyamız için hayati nitelikte bir problem niteliğine sahip olması nedeniyle birinci derecede önem ve öncelikle gözönüne alınıp hızla bir sonuca, çözüme kavuşturulması gereken bir karaktere sahiptir. Bu nedenle vakit geçirilmeden üzerine eğililmesi ve en sağlıklı bir çözüme bağlanması yolunda tüm insanlığın olabildiğince çaba göstermesi gerekmektedir.