
Nükleer Santraller ve Çevre İlişkileri

Prof Dr. Emin ÖZBAŞ*

Giriş

Refah ve kalkınmanın itici gücü olan enerji her ülke için çok önemli olduğu gibi ikincil enerji olarak elektrik de sanayinin, hizmet sektörünün, modern ve kaliteli yaşamın, bilim ve teknolojik gelişmenin... vb gibi bir çok sektörün en fazla ihtiyaç duyduğu enerji formudur, başka bir deyişle kişi başma düşen elektrik tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeyinin de bir göstergesidir.

Enerjiye İhtiyaç ve Kaynak seçimi

Önce birincil enerji kaynakları göz önüne alındığında Türkiye’de 2004 yılında 88 Mtep (milyon ton petrol eşdeğeri) enerji tüketilmiş. Tüketilen bu enerjinin üçte birinden daha azı yerli kaynaklardan ancak üretilebilmiş, ihtiyacın karşılanabilmesi için ise üretilenin takriben 2,5 katı dışardan ithal edilmiştir. Kişi başına ortalama yıllık tüketim 1,222 kep (kilogram petrol eşdeğeri) olup dünya ortalamasının altındadır. Dünya ortalaması 1.531 kep dir

Elektrik enerjisine gelince, Türkiye’de kişi başına düşen ortalama yıllık elektrik enerjisi tüketimi de dünya ortalamasının altındadır. Dünya ortalaması kişi başma 2250 kWh iken Türkiye’deki rakam bugün için 2140 kWh dir. Hem birincil enerjide hem de elektrik enerjisinde OECD ülkeleri içinde Türkiye sonuncudur.

Türkiye kalkman bir ülkedir. Sanayinin büyümesine ilaveten bütün sektörlerde farkedilir bir büyüme devam etmekte olup, ayrıca konutlara da televizyon, buzdolabı gibi teknolojik ürünler girmektedir. Diğer taraftan nüfus da hızla artmaktadır (tahminen nüfus hâlihazır 73 milyon). Bunların sonucu olarak elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç gittikçe büyümektedir.

2006 yılı için hedeflenen 38,8 GW Kurulu gücün içindeki pay 12,906 GW hidroelektrik, 12,275 GW doğal gaz, 7,131 GW linyit ve 1,651 GW ithal kömürdür. Hedeflenen üretim ise 173,1 milyar kWh’dir.

*M.Ü. Fen-Edebiyat Fak. Nükleer Fizik Anabilim Dalı Başkanı

Yerli kaynaklardan, ekonomik olarak üretilebilecek elektrik enerjisi göz önüne alındığında Türkiye'nin birincil enerji varlıklarının yetersiz olduğu ortaya çıkar. Türkiye'nin üretebileceği en fazla elektrik enerjisi ise hidrolikten 127 milyar kWh/yıl, linyitten 105 milyar kWh/yıl, taş kömüründen 15.7 milyar kWh/yıl ve diğer yenilenebilir kaynaklardan (rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle) 30 milyar kWh/yıl olmak üzere toplam 277,7 milyar kWh/yıldır. Alt ve üst senaryolara göre 2020 yılı için öngörülen rakamlar göz önüne alındığında açık çok büyüktür.

Artan talebi karşılayabilmek için Türkiye yurt dışından ya enerji hammaddesi doğalgaz, petrol, kömür, uranyum) ya da doğrudan elektrik enerjisi ithal etmek zorunda kalacaktır.

• Seksenli yılların ikinci yarısından sonra **doğal gaz** ağırlık verilmiş ve bu kıyım Ukrayna ile Rusya Federasyonu arasındaki ufak ve kısa süreli kiriz herkesi ileri için derin derin düşünmeye sevk etmiştir. Zira ileride çıkabilecek ciddi bir siyasi kırız Türk ekonomisine çok büyük zarar verecektir. Uzun süre ihtiyaca cevap verecek depolama olası gözükmesede doğal gazın depolanması gerekmektedir. Depolama ise mali yönden azımsanmıyacak bir mali yük getirecektir. Unutulmamalıdır ki kaynak ve vana daima başka ülkelerin elinde olacaktır. Riski azaltmanın tek yolu başka ülkelerle de yeni anlaşmalar yapmaya yönelmek ve anlaşması yapılan Azerbaycan ve Türkmenistandan gelecek gazı geciktirmeden getirmektir. Petrolün ise zaten yüksek olan fiyatlarındaki istikrarsız artışlar bu enerji hammaddesini hem daha pahalı hem de güvensiz hale getirmektedir.

• **Kömür** nispeten ucuz fiyatları ile cazip görülmektedir. Ancak kömürün yakılması ile çevreye salınan kül, kükürt dioksit ve azot oksitlerinin ciddi çevre problemleri vardır; ayrıca kömürün de stoklarına süresi oldukça azdır ve çok uzak mesafeden naklettirilecektir (Avustralya, Güney Afrika vb.).

• **Uranyum** ise enerji-yoğun bir enerji hammaddesidir. Uranyum ucuz fiyatları ve bir defada 15-20 yıllık stoklama sağlayacak küçük hacim ile çok cazip bir konumdur.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle, güneş, jeotermal, rüzgârdan hedeflenen enerji yukarıda belirtildi. Görüldüğü gibi rakam pek büyük değil, dünyada da toplam elektrik enerjisi içindeki payları çok küçüktür Biokütle enerjisi (odun, tezek ve diğer bitkisel ve hayvansal atıklar), ekonomik sosyal problemlerin olduğu gelişmekte olan bazı ülkelerde ısıtma ve yemek pişirme için önemli ölçüde kullanılmaktadır(örneğin Nepal enerji ihtiyacının %95'ini, Kenya %75'ini biokütleden karşılamaktadır). Elektrik üretiminde biokütlenin oranı dünya genelinde hala çok düşüktür. Mevcut ormanların yok

olmaması için de enerji ormanlarına ihtiyaç vardır.(1000MWe kurulu gücünde bir santral için 6000 km² lik ormana ihtiyaç vardır)

Güneş enerjisinin elektrik enerjisi üretimindeki payı çok küçüktür. Hâla teknolojik ve ekonomik problemleri çözülememiştir. (1000MWe kurulu güç bir santral için 50 km²lik bir alan güneş enerjisi toplayıcıları ile kaplanacaktır). Ayrıca günlük, mevsimlik resimlere doğrudan bağlıdır ve hava koşullarından çok önemli ölçüde etkilenmektedir. Sıcak su üretimi, alan ısıtma ve soğutma ve tarımda sera ısıtma gibi konularda çok sayıda uygulama yapılarak kullanıma devam edilmektedir.

Halen EPDK'dan lisans alınmış toplam gücü 1454 MW olan 39 proje var. Fakat bunlardan yalnız 30 MW'lik bir tanesi oldukça ilerlemiş olup mevcut ilerleme %65 in altındadır. Rüzgâr enerjisinde hava koşullarına ve topografik şartlara göre değişim göstermektedir. Günümüzde birçok ülkede teknoloji geliştirmesi ve ticari üretim konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Toplam elektrik enerjisi içindeki payı çok küçüktür. Rüzgâr tarlalarında kurulan pervanelerin görsel ve estetik problem yaratması yanında gürültü oluşturmaları, haberleşmede parazit yaratması ve kuş ölümlerine sebebiyet vermesi diğer dezavantajlarıdır.(1000 MWe kurulu gücündeki bir santral için 50–150 km lik bir alan pervanelerle kaplanacaktır.)

Jeotermal enerji: Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi içinde jeotermalin payı çok düşüktür ve mevcut kaynaklara göre de daima küçük kalacaktır. Zira toplam 200 MW(e) gücünde santrallerden elektrik enerjisi üretimi hedeflenmiştir

Nükleer enerji

İthal doğalgaz, kömür veya fuel-oil'in çok büyük miktarlarda artması, çevre problemlerini beraberinde getirmekte, ekonomik ve siyasi sorunlara da sebep olmaktadır. Bu nedenle, hem çeşitleme hem de doğal gaz ve kömürle beraber dengeli bir seçenek olan nükleer enerjiye de yer verilmesi kaçınılmaz bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır.

Nükleer teknoloji ileri bir teknoloji olup, ülkeye yüksek ve hassas teknolojinin girmesine sebep olur. Dolayısıyla yerli sanayinin hem yurt içinde hem yurt dışında rekabet gücünü artırır. Ülkede iyi kalite ve yüksek düzeyli insan gücü yetişmesini sağlar. Ayrıca ülkeyi itibarlı, güçlü kılar ve ülkenin sınıf atlamasını sağlar.

Nükleer güç santralleri konvansiyonel kömür santralleriyle ekonomik olarak rekabet edecek düzeydedir. Her ne kadar ülkelere ve yıllara göre, nükleer teknoloji satan firmalar arası rekabet şartları değişse de, genellikle birim ener-

ji maliyeti yönünden kömür santralleri ile rekabet edecek düzeyde olduğu mevcut verilerle ortaya konmuştur. Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye için mukayeseli fiyat bildirmek geçen ihaleye kadar mümkün değildi. Her ne kadar nihayi pazarlıklar yapılmamış olsa da nükleer santraller için 3 konsorsiyumun TEAŞ'a verdiği tekliflerden de görülebileceği gibi fiyatın kömüre nazaran daha da ucuz olacağı ortaya çıkmıştır (Tablo 1).

En önemli hususlardan biri de nükleer santrallerin yıllarca, hatta ömrü boyunca yetecek yakıt hammadresi olan uranyumun ufak bir depoda stoklanabilmesidir. Bu nokta nükleer santrallara enerji üretim güvenilirliği ve devamlılığı yönünden büyük bir avantaj sağlar. İthal edilen uranyum Türkiye'de yakıt haline dönüştürülünce, yerli kaynak haline gelir.

Nükleer Santraller ve Çevre

Ülkelerin seçtikleri enerji politikası ülkenin çevre politikasını da tayin eder mesela, fosil yakıt kullanan santrallere ağırlık veriyorsa ortaya çıkan ağır çevre problemlerine razı demektir. Oysa Türkiye daha da ağırlaştırmamak için çevre konusuna çok dikkat etmek mecburiyetindedir. Zira Türkiye'nin AB'ye uyum süreci sırasında ve sonrasında, karbon dioksit salınımları yönünden Kyoto protokolü nedeniyle bazı kısıtlamalarla karşılaşması söz konusudur.

Nükleer enerji ise temiz enerji olup, fosil yakıtlı santrallerle mukayese edilirse ortaya çıkan tablo (Tablo 2) de gösterilmiştir. Fosil yakıtlı termik santrallerden yılda onbinlerce ton azot oksitleri ve SO₂ (asit yağmurlarına ve solumun yollarında hastalıklara sebep olur), milyonlarca ton CO₂ (sera etkisi nedeniyle iklim değişikliklerine sebep olur) ve yüzbinlerce ton katı atık (kül) ve toz parçacıkları çevreye yayılır. En önemlisi ise dünya var olduğu müddetçe azalmadan varlığını muhafaza edecek olan zehirli ve kanserojenik ağır elementler konsantre olarak canlılar ve çevre için büyük tehlike yaratmaya devam edecektir. Doğal gaz santrallerinde ise en önemli atık karbondioksittir. Karbondioksitin sera etkisi ülkeleri anlaşmalarla miktarını sınırlamaya yönlendirmekte ve zorunlu hale getirmek için çaba sarfettirmektedir. Nükleer reaktörün kalbinde fisyon diye adlandırdığımız nükleer reaksiyonlar meydana geldiğinden burda göz önüne alınacak konu radyoaktif fisyon ürünleri ile radyasyondur. Radyoaktif fisyon ürünleri yakıtı muhafaza eden yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı zirkaloy metal alaşım boru (zarf) içinde santral yanında özel olarak imal edilmiş havuzlarda uzun süre (10 yıl) gayet emniyetli bir şekilde muhafaza edilmektedir. Bu sürede radyoaktivitesinin % 99 u ölmektedir. Daha sonra iki yoldan biri seçilecektir. A-ekonomik değer olarak değerlendirilmek istenmezse iş daha kolaydır. B-içindeki yanmamış uranyum, sanayide ve tıpta kullanılacak radyoizotoplarla plütonyumun ayrılması istenirse "yeniden

arıtma” tesisinde borular parçalanarak çözmek için asit ve su kullanılacağından hacim çok büyütülmüş olacaktır. Ayırma işleminden sonra düşük, orta ve yüksek aktiviteli atık elde edilecektir. Nükleer atıkların çevreye ve insanlara herhangi bir zarar vermeyecek şekilde nihai olarak saklanması ve depolanması için gerekli teknoloji bulunmaktadır. Daha önce nükleere sıcak bakmayan çevre için büyük mücadeleler veren dünyaca tanınmış kişiler bu gün teker teker nükleeri destekler hale gelmişlerdir. Bunlardan biri de çevrecilerin ileri gelenlerinden “Greepeace” in kurucularından **Patrick Moore**’dur. “Küresel ihtiyaca cevap verecek ve fosil yakıtların yerini alacak sera gazı salınımı yapmayan yegâne güç nükleer enerjidir” demiştir. Dolayısıyla nükleer enerji çevre dostu enerjidir.

Nükleer santralleri diğer santrallerden ayıran en önemli büyük özellik, nükleer santrallerde radyoaktif madde bulunmasıdır. Bu nedenle akla ilk gelen husus radyasyon riskidir. Oysa insanlar hayatları boyunca oturdukları evden, kullandıkları işyerinden, topraktan, yerden, soldukları havadan, yedikleri gıdadan, kozmik ışınlardan sürekli olarak doğal radyasyona maruz kalmaktadır. Ayrıca tıbbi ışınlamalar ve diğer insan yapısı yapay radyasyon kaynakları nedeniyle de ilave doz almaktadır. Bu konuyla ilgili milletlerarası ilmi kuruluşların yıllar süren ciddi araştırmaları göstermiştir ki nükleer santrallerden halkın maruz kaldığı radyasyon dozu ortalama dozun ancak binde biridir (Grafik 1). Diğer bir deyişle her ne kadar radyasyon düzeyi yerleşim yer ve cinslerine göre farklılık göstermekte ise de oturduğumuz evlerden maruz kaldığımız radyasyon dozu ise % 46 dir. Reaktör binasının duvarının dibine oturan biri 140 katı fazla yerden kaynaklanan radyasyon dozuna maruz kalacaktır. Toplumlar ise oturduğu evlerde 460 katı fazla radyasyon dozuna maruz kalmaktadır.

Nükleer santrallerin % 95’i gelişmiş ülkelerdedir. ABD’de 103. Fransa’da 59, Japonya’da 56 adet, İngiltere’de 23, Rusya’da 31, Kanada’da 18, Almanya’da 17, Ukrayna’da 15, İsveç’te 10, Güney Kore’de 20, Hindistan’da 15, İspanya’da 9 olmak üzere ve diğer ülkeler dahil toplam 442 nükleer güç santrali işletmede olup 36 adet de inşa halindedir. Nükleer enerjinin dünya toplam elektrik enerjisi içindeki payı ise %16’dır. Birçok ülkede nükleer enerjinin payı çok daha yüksektir. Örneğin: Fransa’da %78.1, Litvanya’da %72.1, Belçika’da %55.1, İsveç’te %51.2, Ukrayna’da %51.1, İsviçre’de %40, Bulgaristan’da 41.6, G.Kore’de %37.9 Japonya’da 29,3,İspanya’da %22.9, Almanya’da 33.8 İngiltere’de %19.4, ABD’de %19.9 dur.

Tablo 1. TEAŞ’ın Açtığı İhaleye Verilen Tekliflerdeki İlk Fiyatlar
15 Ekim 1997

Teklif	Alternatif	Teklif Miktarı US\$	Nükleer Güç (MWe)	Birim Fiyatı (US\$/kW)	Birim Fiyatı (Cent/kWh)
NPI	Alternatif-1 (Ana teklif)	2,393,000,000	1482(bir ünite)	1615	2.56
	Alternatif-2	4,480,000,000	2964(iki ünite)	1511	2.28
AECL	Alternatif-1 (Ana teklif)	2,571,637,552	133 9(iki ünite)	1920	3.3
	Alternatif-1	2,423,622,988	1339(iki ünite)	1810	3.3
	Alternatif-2 (Ana teklif)	4,819,911,000	2678(dört ünite)	1800	3.1
	Alternatif-2	4,568,810,000	2678(dört ünite)	1706	3.1
WESTING- HOUSE	Alternatif - (Ana teklif)	3,278,658,000	1218(bir ünite)	2692	3.35
	Alternatif-2	-	-	-	-

[TE AŞ’a verilen teklifler 15 Ekim 1997]

Tablo 2. Nükleer güç santralleri ve kömürlü santrallerin atıkyönünden karşılaştırılması ton/yıl

Kullandığı yakıt ve ürettiği atık	Termik Santral	Nükleer Güç Santrali
Yakıt	2 000 000 - 2 600	27-35
Oksijen	6 200 000	-
NO _x	22 000 - 28 000	-
CO ₂	6 600 000	-
SO ₂	44 000 - 57 000	-
Diğer Gazlar	2 000	ihmal edilebilir
Katı atık	320 000-415 000	-
Yüksek Seviyeli radyoaktif atıklar	-	10-27
Orta seviyeli radyoaktif atıklar	-	310-400
Düşük seviyeli radyoaktif atıklar	-	460 - 600
Ağır metaller (Kurşun, civa, arsenik,)	400	-

[Radioactive Waste Management. IAEA, Information Series, 1993]

Grafik 1. Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarının radyasyon dozu içindeki dağılımı

