

nükleer santraller sorunlar ve öneriler

Prof. Dr. İnci GÖKMEN
Prof. Dr. Ali GÖKMEN
ODTÜ, Kimya Bölümü



Ülkemizde politikacılar zaman zaman enerjinin yetmediğini, çok yakında enerji darboğazına girileceğini ve ülkenin karanlıkta kalacağını söylemektedirler. Enerji darboğazından kurtulmanın tek yolunun ülkede nükleer santrallerin kurulması olduğu iddia edilmektedir. Yaşamda pek çok alanda enerjiye gereksinim vardır. Ulaşım ve ısınma amaçlı çok miktarda enerji kullanılmakta ve bu büyük oranda ithal edilen fosil kaynaklarla karşılanmaktadır. Nükleer santraller başlıca elektrik enerjisi elde etmek için kullanılır. Enerji tasarrufunun özendirilmesi, verimliliğin artırılması, diğer ülkelerle kıyaslandığında çok yüksek düzeylerde seyreden enerji dağıtım kayıplarının azaltılması ve altyapıdaki diğer sorunların giderilmesiyle Türkiye'nin enerji sorunları büyük ölçüde giderilebilir. Gerek kurulum aşamasında, gerekse işletme ve yakıt sağlanmasında tamamen dışa bağımlı, pahalı, atık sorunu çözülmemiş nükleer enerji yerine, ülkemizde bol bulunan güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve benzeri çevre dostu, ucuz yenilenebilir kaynaklara öncelik verilmesi ülkemiz için daha akılcı olur.

Türkiye'de Elektrik Enerjisi

Ülkemizin 2005 yılında elektrik enerjisi kurulu gücü 39611 MW'dır. Bunun %41'i doğal gaz, %27'si kömür, %27'si hidroelektrik santralleriyle karşılanmaktadır. 2005 elektrik enerjisi üretimi 161 milyar kwh'tir. Puant güç 25.000 MW'tir. 2004 yılında %20 olan kayıp-kaçak oranı 2005 yılında % 24'e çıkmıştır. Türkiye'de her yıl mevcut elektrik enerjisi üretim, tüketim ve kaynak durumları incelenmekte, gelecek yıllara dönük elektrik enerjisi tüketim tahminleri yapılmaktadır. Ancak tahminlerin ait olduğu yıllara gelindiğinde elektrik enerjisi tüketimleri önceki tahminlerin çok altında gerçekleşmektedir. Örneğin 2005 yılı için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı elektrik enerjisi tüketimini 197 milyar kwh, Elektrik Mühendisleri Odası 171 Milyar kWh olarak tahmin etmiş, ancak 2005 yılında tüketim 145 milyar kWh olmuştur.

Türkiye'de Nükleer Santral Projeleri

Elektrik enerjisi tüketimine ilişkin ileriki yıllara yönelik tahminlerde önümüzdeki yıllarda hidrolik ve termik kaynaklardan elde edilen enerjinin yeterli olmayacağı ifade edilmekte, "enerji açığını kapatmak için mutlaka nükleer santrallerin yapılması gereklidir" denilmektedir. **Türkiye'de nükleer santral yapımı 1965, 1972, 1982, 1992 yıllarında, son olarak da 2004 yılında gündeme getirildi.** Türkiye'de yapılması düşünülen nükleer santrallerin tipleri, sayıları ve güçleri seneler içinde çok değişiklikler göstermektedir. Öngörülen nükleer santrallerin sayısı 1-10 arasında, toplam nükleer güç 1000-10.000 MW arasında değişmektedir.^{4,5} 2005 yılından önceki projelerde ilk nükleer santralin, Mersin-Silifke, Büyükeceli köyü yakınında Akkuyu bölgesinde yapılması planlanmışken, en son projede toplam 4500 MW gücündeki 3 nükleer santralden ilkinin Sinop İnceburun'da yapılması öne çıkmıştır.

Nükleer santrallerin kurulmaları durumunda elektrik enerjisine katkısı çok az olacaktır. **2012 yılında tamamlanacağı öne sürülen 4.500 MW gücünde üç nükleer santralin toplam elektrik gücü içindeki katkısı %2.5-3 oranında olacaktır.** Enerji verimliliği, enerji tasarrufu ve şebeke kayıplarının azaltılması ile nükleer enerjiden beklenen bu katkının çok üstünde bir kazanç sağlanacaktır.

Nükleer Güç Santrallerinin Güvenilirliği

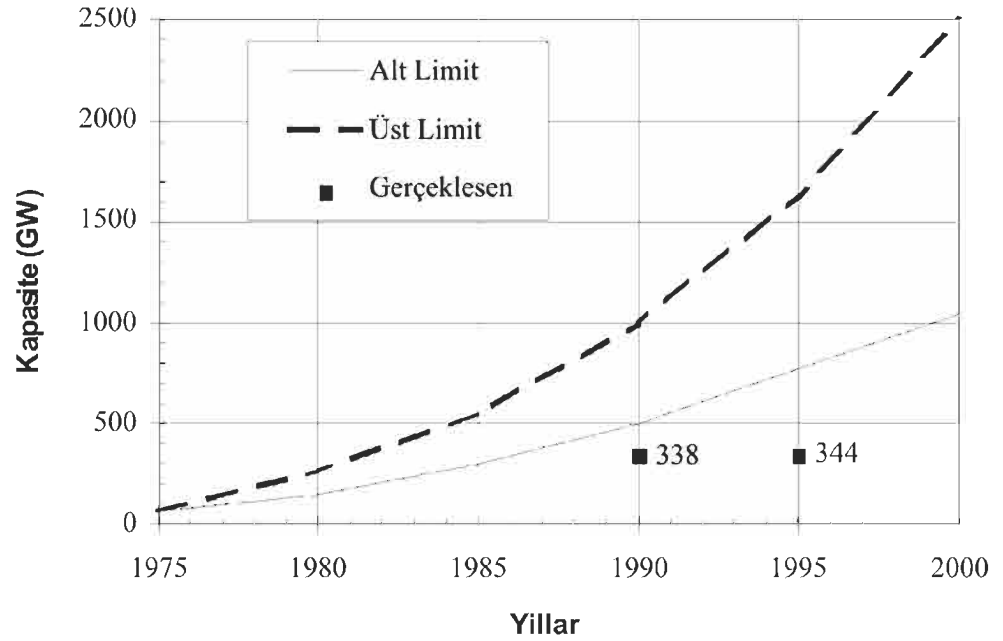
Nükleer güç 1980'lere değin doğru olmayan çok sayıda varsayım üzerinde oturuyordu. Bu varsayımların bazıları nükleer enerjinin ucuz, güvenilir, çok bol ve hemen hemen tükenmeyecek bir enerji olduğu yönündeydi. Başlangıçtaki görüşler kömür, petrol gibi fosil yakıtlarının tükeneyeceği, nükleer atık sorununun

teknik olanaklarla çevreyi etkilemeden çözüleceği yönünde idi. Oysa İngiltere'de Sellafield (Windscale olan ismi hafızalardan kötü anısını silmek için daha sonra değiştirildi), 1979 yılında ABD'de Three Mile Island, 1986 yılında eski Sovyetler Birliği'nde Çernobil nükleer reaktör kazaları ve daha önceki 150 civarındaki kazalar ve günümüzde süregelen ufak çaplı pek çok kaza nükleer santrallerin güvenilirliği konusundaki varsayımı çürütmüştür. Hemen her tür reaktör tipinde kısmi reaktör kalbi erimesi yaşanmıştır.⁶ Nükleer kazaların pek çoğunun oluşmasında insan faktörünün rolü büyük olmuştur. Nükleer santral kazaları sonucunda ölenler, yaralananlar olduğu gibi, özellikle Çernobil kazası sonunda aralarında çok sayıda çocuğunda bulunduğu yüz binlerce insan yüksek radyasyon dozu aldı, dört yüz bin kişi geri dönmek üzere evlerini terketmek zorunda kaldı, binlerce insan işlerini kaybettiler. Kazadan en az 9 milyon kişinin etkilendiği tahmin edilmektedir. Toplam serpentinin %70'nin indiği Beyaz Rusya'da (Belarus) tarım topraklarının %20'sinde artık tarım yapılamıyor. Kazadan sonra çıkan yangını söndürmek ve radyoaktif serpintiyi kontrol altına almak için 800.000 kişi çalıştı. Bu kişiler şimdilerde malul (invalid) olarak anılmaktalar ve pek çoğu sağlık sorunlarından yakınmaktalar. Bu bölgeden geçen Prypyat nehri, Dinyeper nehrine kavuşup sularını Karadeniz'e boşaltıyor. Kiev dahil 35 milyon kişi sularını bu nehirden sağlıyor. Kazadan sonra lösemi, troit kanseri gibi bazı kanser türlerinde kaza öncesine göre önemli artışlar gözlemlendi ve bu sayılar her geçen gün artıyor. Çernobil kazasından etkilenen bölgelerde özellikle çocuklarda beklenenden çok daha önce ve çok daha fazla sayıda troit kanseri vakası görülüyor. Etkilenen bölgelerde tespit edilen troit kanseri vakaları şimdiden 700'ü aştı ve bunun sadece bir başlangıç olmasından korkuluyor.^{7,8} Kazadan en çok etkilenen üç ülke kazanın ardından 14 yıl geçmesine karşın her yıl bütçelerinden büyükçe bir payı Çernobil'in etkilerini gidermeye harcamaktadırlar.

Çok karmaşık bir teknolojiye sahip olan nükleer santrallerin bakımı ve işletmesi de çok pahalıdır. Bazı ülkeler kendi ülkelerinde lisans alamayacak teknolojileri diğer ülkelere ihraç etmektedir. Nükleer enerji kuruluş ve işletme giderleri bakımından diğer enerji kaynaklarından pahalıdır. Nükleer santral ömrünü doldurduğunda sökülmesi gerekir, bazı santrallerin söküm giderleri kurulma giderlerinden daha fazla olmuştur. Birçok ülkede tamamlanmış ama çalıştırılmamış çok sayıda nükleer santral vardır. Nükleer atık sorunu henüz çözülememiş olup yakın gelecekte de çözülme olanağı azdır. Nükleer güç ve nükleer silahlar birbirlerinden ayrılmayacak şekilde bağlıdır. ABD, Fransa, Almanya ve diğer batılı ülkeler kendi ülkelerinde nükleer enerjinin gerilemesi sonucu oluşacak ekonomik felaketleri üçüncü dünya ülkelerine nükleer santral satarak gidermeyi ümit etmektedirler. Batı ülkelerinde nükleer enerji konusunda uzmanlar, bilim adamları ve finans konusunda uzmanlar üçüncü dünya ülkelerine göre çok fazladır. Üçüncü dünya ülkeleri bu teknolojiyi satın alacak anaparaya sahip olmayıp dış kaynaklardan alabileceklerini ümit ettikleri kredilere bel bağlamaktadırlar. Diğer yollarla enerji üretmek ve enerji tasarrufu, daha az para gerektirmekte ve daha çok kişiye iş olanağı yaratmaktadır. Üçüncü dünya ülkelerinde nükleer elektrik enerjisi üretimi gelişmiş ülkelere kıyasla daha fazla risk taşımaktadır. Nükleer santraller yer seçimine yeterince önem verilmeyen, olası bir kaza anında güvenlik önlemlerinin yeterli olmadığı, endüstriyel güvenlik konularında yeterli deneyimi ve birikimi olmayan üçüncü dünya ülkelerine transferi güç bir teknolojidir. Nükleer güç merkezi karar alma ve gizlilik ilkeleri ile beslenmektedir.

Dünyada Nükleer Enerji

Halen 32 ülkede toplam 440 nükleer santral 361 GWe elektrik enerjisi üretmektedir. Tüm dünyada elektrik enerjisinin %16'sı nükleer santrallerden karşılanmaktadır.^{9,10} 2030 yılında bu oranın %9'a düşmesi beklenmektedir, günümüzde mevcut reaktörlerin yaklaşık %40'nın 2030 yılına kadar ekonomik ve teknolojik ömrünü dolduracağı öngörülmektedir. Büyük bir kısmı (26 tane) Çin, Kore gibi Asya ülkelerinde olan, 31 ünitenin yapımı sürmektedir. İnşaat halindeki santrallerden 14'ünün tamamlanma ihtimali çok düşüktür.²⁶ Şekil 1'de 1970'lerde yapılan, hızlı ve yavaş enerji tüketim artışları göz önüne alınarak, 2000 yılına kadar, dünya nükleer enerji güç kapasitesi tahmini verilmiştir.^{9,10} 1970'lerde 2000 yılında nükleer enerjinin 4500 GWe üreteceği tahmin edilirken gerçekleşen üretim bu tahminin onda biri 361 Gwe düzeyinde kalmıştır. Devreye giriş tarihlerine göre dünyadaki nükleer santrallere beşer yıllık dilimler arasında bakıldığında, Şekil 2, en fazla sayıda reaktörün 1980-84 arasında devreye alındığı, daha sonraki dilimlerde devreye alınan reaktör sayılarında bir azalma olduğu görülmektedir. Nükleer santralleri olan ülkeler daha fazla santral siparişi vermemeye ve çalışan santralleri kapatmaya başladılar. Bazı ülkelerde tamamlanan santralleri çalıştırmama kararları alındı. Bu kararlarda nükleer santral kazaları, kamu oyunun baskıları ve 1950'lerden bu yana çalıştırılmalarına, binlerce ton nükleer atık birikmesine karşın hiç bir ülkenin atık sorununu çözememesi, bir çok ülkede tasarruf önlemleri ile elektrik enerjisi tüketimlerini önceki tahminlerin çok altında gerçekleştirilmesi etkili olmuştur.

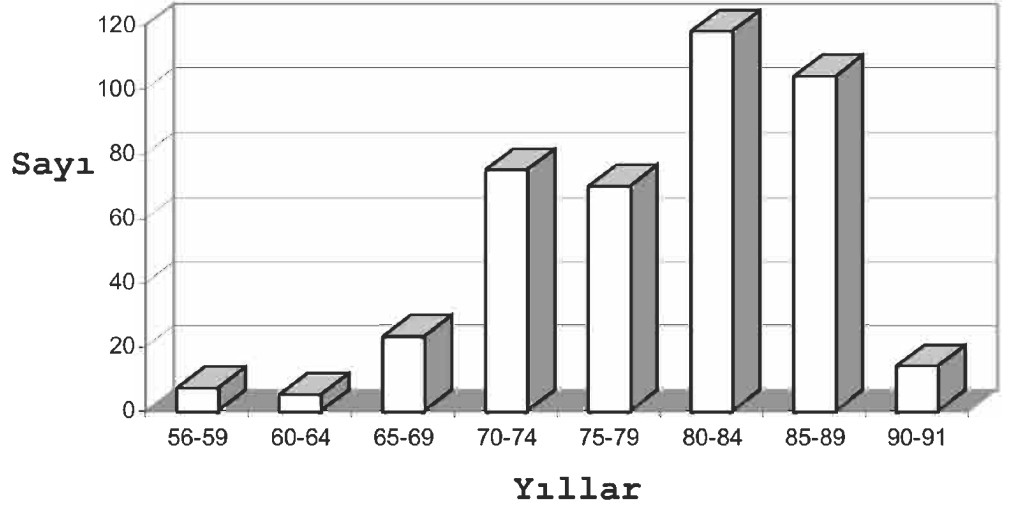


Şekil 1. 1970'lerde Yapılan Dünya Nükleer Üretim Kapasite Tahmini ve Gerçekleşen

Talep-Üretim Dengesi

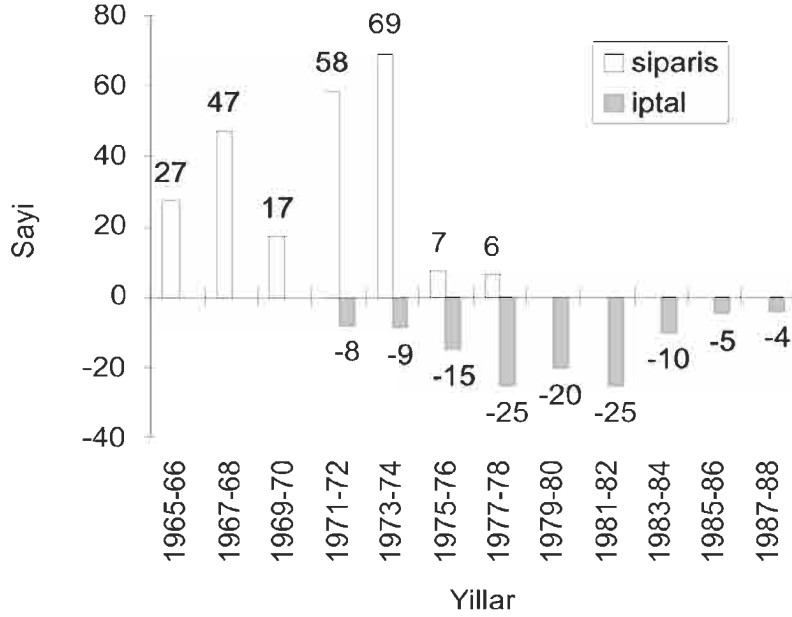
Nükleer santrallerin çalıştığı 32 ülkenin bazılarında nükleer santrallerin en son devreye alınış tarihleri: Hollanda: 1973, Finlandiya: 1980, Arjantin: 1983, İsviçre: 1984, Belçika, Güney Afrika, İspanya, İsveç, Tayvan:1985, Macaristan ve Litvanya:1987 yıllarıdır. Kıtalar bazında nükleer santraller çoğunlukla Kuzey Amerika'da (ABD ve Kanada) ve Avrupa'da kurulmuştur. Avrupa'da İtalya, Romanya, Norveç, Avusturya, Danimarka, Portekiz, İzlanda, Yunanistan ve Arnavutluk'ta nükleer güç santralleri yoktur. İsveç 2030 yılına kadar nükleer enerjiden vazgeçme kararı aldı, İsveç'te 1997 yılından başlayarak ülke elektriğinin yarısını karşılayan 12 nükleer santral sökülecektir. İsveç'te 1.16 milyar dolarlık, yedi yıllık, bir alternatif enerji ve enerji tasarrufu programı başlatıldı. İngiltere'de nükleer santral yapımı 1989 yılında, elektrik enerji üretiminin özelleştirilmesinden sonra durduruldu. Bu tarihten sonra nükleer santral yapımı için devlet tarafından destek sağlanmıyor. İngiliz hükümeti başlangıçta tüm nükleer santralleri özel şirketlere satmayı düşünüyordu. Ancak, santrallerin kullanım süresi sonunda oluşacak yüksek söküm masrafları ve hükümet desteğinin kaldırılması bu tesislerin karlılığını ortadan kaldırmıştır. 1992-1993 döneminde gelirlerinin sadece %53'ünü elektrik satımından geri kalanını ise daha ucuza üretilen termik santrallere konulan vergiden (levy) aldıkları destek payları ile sağlamaktadırlar. İngiltere nükleer enerji üretmek yerine Fransa'dan ithal etmeyi tercih etmektedir.¹³

Atom Enerjisi Komisyonu 1970'lerde ABD'de 2000 yılına kadar 1000'den fazla reaktör yapılacağını tahmin ediyordu, oysa şimdi ABD'de 109 reaktör çalışmaktadır. Bu reaktörlerin yarıdan fazlası 20 yıldan daha yaşlıdır.¹² Önümüzdeki bir kaç yıl içinde, çalıştırılmaları pahalı olduğu için, bu santrallerin %25'nin ömürlerini doldurmadan kapatılmaları söz konusu olacaktır. Önümüzdeki 20 yıl içinde ABD'deki nükleer santrallerin sayısının yarıya inmesi beklenmektedir. Elektrik üreten şirketler nükleer santrallerde batırdıkları paralar nedeniyle iflas ettiler. ABD'de 1965-88 yılları arasında sipariş edilen ve siparişleri iptal edilen nükleer santraller Şekil 3'de gösterilmiştir. ABD'de en fazla nükleer santral siparişi 1973-74 yıllarında verilirken, 1978'den sonra hiç bir nükleer santral siparişi verilmedi ve bugüne kadar çok sayıda santral servisten çıkarıldı. 1978'den önce sipariş verilen santrallerin ancak bir kısmı devreye sokuldu. Bunun yanı sıra 1971-72 yıllarından başlayarak nükleer santral siparişlerindeki iptaller giderek artmış, 1979-80 yılları nükleer santral sipariş iptallerinin en fazla olduğu yıllar olmuştur. ABD'de 1978 yılında 80 üniversitede nükleer mühendislik eğitimi veren bölüm olmasına karşın, 1996'da bu sayı 35'e inmiştir. ABD'deki nükleer enerjideki duraksama ve gerilemeye nükleer kazaların yanı sıra, enerji gereksiminin beklenenin çok altında gerçekleşmesi, nükleer santrallerin yapılış sürelerinin çok uzun ve maliyetlerinin diğer kaynaklardan fazla olması, düşük verimle çalıştırılmaları, biriken binlerce ton nükleer atığı bertaraf edecek kalıcı çözümün henüz



Şekil 2. Devreye Giriş Tarihlerine Göre Nükleer Santral Sayıları

1998 yılında Kanada ülkesindeki nükleer santrallerin üçte birini oluşturan 7 nükleer santrali “yüksek maliyeti, güvenli işletilemediği ve teknik sorunları” nedeniyle devre dışı bırakmak zorunda kalmıştır. Kanada’da büyük göllerdeki trityum seviyesi yükselmiştir ve santrallerin yakıtı için kullanılan uranyum madenciliğinden 100 milyonlarca ton radyoaktif atık birikmiştir. Almanya’da, özellikle eski Doğu Almanya’da çok sayıda nükleer santral kapatıldı. Almanya 1998 yılında ülkesindeki nükleer santralleri kapatma kararı aldı. Fransa 1997



Şekil 3. ABD’de Sipariş Verilen ve Siparişleri İptal Edilen Nükleer Santrallerin Senelere Göre Dağılımı

yılında ülkesinde yeni nükleer santraller yapımını askıya almıştır. Japonya ülkesinde 20 yeni nükleer santral yapmayı planlıyordu ancak son yıllarda art arda olan nükleer kazalar sonucunda Japonya nükleer santral planlarını askıya almıştır.

Nükleer Santraller ve Çevre

Nükleer santraller normal çalışmaları sırasında havaya ve suya radyoaktif madde atmaktadırlar. 1000 MWe gücündeki bir nükleer santral bacasından çevreye her gün 500 milyar Bq asal gaz, 10 milyar Bq iyot-131 bırakır. Aynı santralden suya her gün yaklaşık bir milyar Bq çeşitli izotoplar ve 100 milyar Bq trityum izotopu atılmaktadır.⁴ (Bq radyoaktivite birimi Becquerel’in kısaltılmış yazılışı, bekerel olarak okunur, radyoaktif izotopun saniyede ışın sayıdır). Radyoizotopların çevreye olan etkilerinde çevreye atılan miktarlar kadar

onların ne kadar sürede kararlı bir yapıya ulaşacakları da önemlidir. Bu süre radyoizotopların yarı ömrüyle ölçülür. Yarı ömür başlangıçtaki aktivitenin yarıya inmesi için geçen zamandır, bir radyoizotopun tamamen başka bir izotopa dönüşmesi için yaklaşık 10 yarı ömür geçmesi gereklidir.

Örnek olarak 1000 MW gücünde bir hafif su reaktörünün yakıt olarak 50 ton %3.3 zenginleştirilmiş uranyum (% 3.3 ²³⁵U, % 96.7 ²³⁸U) kullandığını ve yakıt çubuklarının 1/3'nin her sene değiştirildiğini varsayarsak reaktör yakıtının aktivitesi, reaktör çalışırken oluşan radyoizotoplarla, başlangıçtakine göre 400 milyon kez artmaktadır.¹⁵ Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombalarının toplam radyoaktivite miktarı 1000 MW gücündeki reaktörün kalbindeki radyasyona eş değerdedir.¹⁶ Reaktörde oluşan plütonyumun aktivitesi diğer radyoizotoplara göre çok yüksek olmamakla birlikte yarı ömür çok uzun olduğu için (24 bin yıl) ²³⁹Pu'un çevre etkisi on binlerce yıl sürecektir.¹⁵ Örnekte sözü edilen 1000 MW gücündeki reaktör atığının aktivitesi 1000 yıl sonra 10 trilyon Bq'e inmekte, bu düzeye inen aktivitenin azalması kalan izotopların uzun yarı ömürleri nedeniyle çok uzun yıllar almaktadır. Yaklaşık 40 yıl ömrü olan bir nükleer reaktörün ürettiği atıklarının çevresine zarar vermeden binlerce yıl saklanması gerekmektedir. Nükleer santral diğer santrallerin aksine ömrünü doldurduktan sonra terkedilip kapatılmaz, tesisin ömrü dolduğunda sökülmesi gereklidir. Nükleer santral yapımlarındaki azalmalar ve reaktör projelerinin iptallerdeki artışlara çeşitli ülkelerdeki nükleer santral kazalarına ek olarak nükleer santrallerin çalıştıkları süreler boyunca ürettikleri nükleer atıkların iyi bir şekilde saklanamaması ve bu atıkların gittikçe artarak ciddi boyutlara ulaşması çok büyük etken olmuştur. Nükleer santrali olan hiç bir ülke henüz nükleer atık sorununa çözüm bulamamıştır. Yüksek oranda radyasyon içeren kullanılmış nükleer santral yakıt çubuklarının nasıl saklanacağı halen çözülememiş önemli sorunlardan biridir. Kullanılmış yakıtların saklanması için nükleer enerjiyi kullanan ülkeler başlıca üç seçenekten birini tercih etmektedirler: (1) Nükleer yakıtı oluşturan uranyum ve plütonyumun geri kazanımı ve tekrar yakıt olarak kullanılması, (2) kullanılmış yakıtın doğrudan derin jeolojik oluşumlarda depolanması ve (3) yukarıda belirtilen iki durumdan birine karar verene kadar son kararın ertelenmesi.¹⁷

Amerika ve nükleer elektrik enerjisi üreten pek çok ülke atıklarını arıtmadan doğrudan saklama yolunu tercih etmişlerdir. ABD'de nükleer atıkların saklanması için deprem, taban suyunun yükselmesi, atıkların sulara karışması gibi sorunlarla karşılaşılacak, güvenilir bir yeraltı tesisinin depo olarak kullanılması planlanmaktadır. ABD'de nükleer güç santrallerinin çalışmasından bu güne kadar 30.000 ton kullanılmış yakıt çubuğu ve nükleer silah yapımından 380.000 metreküp yüksek düzeyli atık birikti.¹⁸ Reaktörlerden günde 6 ton yakıt çubuğu çıkartılmakta ve çubuklar çıkarıldıkları reaktörün içindeki soğutma havuzlarında tutulmaktadır. Amerikan Kongresi 1987 yılında yüksek radyasyon içeren atıkların uzun süreli saklanması için Nevada'da Yucca Dağında yapılacak bir yeraltı tesisinde saklanmasına karar verdi. Amerikan Enerji Bakanlığı, DOE, sadece seçilen bu yerin radyoaktif atıklar için uygunluğunu araştırmak için 1,7 milyar dolar harcadı. Ancak Yucca Dağı'nın bulunduğu Nevada Eyaleti projenin başından beri bu tesisin topraklarında yapılmasına karşı çıkıyor. ABD'de nükleer elektrik üretim şirketleri 1982 yılından bu yana atık fonuna 12 milyar dolar ödediler. Bunun karşılığında DOE 1998 yılından itibaren üretici firmalardan atıkları almaya başlayacaktı. Ancak DOE'nin hazırladığı rapora yapılan itirazlar yüzünden proje belirsiz bir döneme girdi. ABD'de 36 nükleer elektrik üreticisi firma Enerji Bakanlığını sözünü tutmadığı için dava ediyor. ABD'de nükleer atıkların 2015 yılından önce santrallerden toplanması mümkün gözükmemektedir.

Amerika'da atom bombalarının yapıldığı en büyük tesislerden biri Hanford'dur. Tesis 1.450 kilometrekare alanı kapsamaktadır. Hanford ABD'de nükleer silah üretilen beş merkezden sadece birisidir, Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan bombalar burada imal edilmiştir.²⁰ 1989 yılında bölgenin temizlenmesine başlanmıştır. Enerji Bakanlığından 550 personel ve 14.000 işçi bu temizleme çalışmasına katılmaktadır. Hanford'da 1944 yılından bu yana 1,3 milyar metre küp sıvı atık doğrudan toprağa atılmıştır. Yapılan incelemelerde 450 milyon Curie aktivite içeren 177 tankın 67'sinde kaçak bulunmuştur (Curie pratikte kullanılan diğer bir radyoaktivite birimidir, Küri okunur, Ci olarak kısaltılır, 1 Curie = 37 milyar Bq). Hanford'da yeraltı sularından Columbia nehrine her yıl 6.000 Curie'lik radyoaktivite karışmaktadır. Hanford'da depolanmış 11 ton plütonyum bulunuyor. Solunum yolu ile alınacak ve akciğerlerde birikecek 27 mikrogram (gramın milyonda biri) plütonyum kansere neden olabilmektedir. Hanford'daki laboratuvarların filitrelerinde 100 milyon Ci sezyum ve stronsiyum aktivitesi bulunuyor. Son beş yılda nükleer kirliliğin temizlenmesi için 7,5 milyar dolar harcanmıştır, 1996 sonuna kadar temizlik için yapılan harcamaların 9 milyar dolara ulaşmıştır. Önümüzdeki 40 yılda her yıl temizlik için 1 milyar dolar harcanması planlanıyor. Silahların üretimi için 375 milyar dolar harcanmış olmasına karşın kirlenilen alanların temizliği için 230-1000 milyar dolar harcanacağı ve temizlik işlerinin 75 yıl sürmesi bekleniyor.²¹ Nükleer atıkların temizlenmesi projesi ile asıl işlevi enerji üretmek olan

Enerji Bakanlığı, DOE, büyük bir çevre kuruluşuna dönüşmektedir. DOE, 1996 yılında, 16,3 milyar dolarlık toplam bütçesinin 6 milyar dolarını nükleer atıkların arındırılması için ayırmıştır.

İngiltere'de nükleer atıkların büyük kısmı nükleer silahların yapımı ve nükleer santral yakıtlarının üretimi sırasında oluşmuştur. Yüksek seviyeli atıklar Sellafield'deki atık işleme ve geri kazanım tesislerinde işleniyor ve geri kalan atıklar burada tutuluyor. 1991 yılına kadar biriken atıklar 51,500 m³'e ulaşmıştır. Sellafield'de 1960 yılında yapılan atık silolarında kaçaklar vardır. Burada 20,000 tane de plutonyum içeren tank vardır. Sıvı atıkların saklandığı tankların acil olarak iyileştirilmesi ve değiştirilmesi gerekmektedir. İngiliz Hükümeti yüksek düzeyli atıkların 50 yıl daha yer üstünde tutulmasından yana. Nükleer elektrik firmaları da ömrünü tamamlayan reaktörleri 130 yıl hiç bir işlem yapmadan tutmak istiyor.²² İngiltere'de nükleer atıklardan sorumlu kuruluşu NIREX atıkların saklanması düşünülen kayaların uygun olup olmadığına ilişkin çalışmalar için 300 milyon dolar para ayırdı. Eğer bu bölge atıkları saklamak için uygun bulunursa 3 milyar dolar harcanarak 2060 yılından önce 275,000 m³ atığın buraya gömülmesi düşünülüyor. NIREX'in önümüzdeki bir milyon yıl içinde bu atıkların emniyetli olacağını ve yüzey sularına karışmayacağını kanıtlaması bekleniyor.²³

Sovyetler'de nükleer silahların yapımı sırasında bir çok alanda, geniş boyutta nükleer kirlenme olmuştur. Sovyetler'de ABD'dekinin 1000 misline varan boyutta atığın denetimsiz olarak çevreye atıldığı tahmin edilmektedir, ancak bu bölgelerin temizlenmesi yönünde henüz çalışmalar başlamamıştır. ABD, Sovyetler, Fransa ve Çin çok fazla sayıda yerüstü ve yeraltı nükleer silah denemeleri yapmış ve bunların sonucunda radyoaktif maddelerle kirlenmiş alanlar vardır. Başlangıçta yapılan denemeler sırasında bölge halkını koruyucu önlemler alınmamış ve bu bölgelerde yaşayan insanlar yüksek dozda radyasyona maruz bırakılmışlardır. Günümüzde bu denemelerden etkilenip kanser olanlar ve onların yakınları sorumluları dava etmektedirler.

Türkiye'nin Elektrik Enerjisi İçin Öneriler

Yukarıda sunulan tartışmalardan anlaşılacağı gibi nükleer enerji en başta atık sorunu olmak üzere pek çok sorununu çözememiş, diğer enerji kaynaklarına göre daha pahalı, kaza riski yüksek, bir çok gelişmiş ülkenin kullanmadığı ve pek çoğunun vazgeçmekte olduğu bir enerjidir. Nükleer enerji Türkiye için gerek yapımı, gerek kullanılacak yakıt ve işletmesi açısından tamamen dışa bağımlı bir teknolojidir. Ülkemizde elektrik enerjisi dağıtım kayıpları %20-25'lerde seyretmektedir ve bu oran gelişmiş ülkelere göre çok fazladır. Önceliğin bu kayıpların azaltılmasına verilmemesi durumunda yeni yapılan her santralin ürettiği enerjinin bir kısmı dağıtımda kaybedilecektir. Enerji alanında en iyi kaynaklardan birisi enerji tasarrufudur. Tüm dünyada enerji tasarrufu alanında yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bir çok gelişmiş ülkede gerek konut ve iş yerlerinin aydınlatma, ısıtma ve soğutulmasında, gerekse konutlarda ve iş yerlerinde kullanılan elektrikli aletlerin enerjisi tüketimlerinde tasarruf sağlayacak çalışmalar giderek artarak sürmektedir. Bir çok ülkede düşük enerji tüketen buzdolabı ve benzeri ev aletleri, düşük enerji tüketen floresan lambalar kullanılmakta, mimarlar konut ve işyerlerini güneş enerjisinden en fazla yararlanacak şekilde tasarlamaktadırlar. ABD'de buzdolapları 1970'lerde yılda 1726 kilowatt-saat elektrik enerjisi tüketirken, 1990'larda tüketimleri yılda 690 kilowatt-saate düşmüştür ve ABD'de 2000 yılı için hedef yılda 580 kilowatt-saattir.²⁴ ABD'deki evleri ısıtmakta kullanılan enerji yoğunluğu 1973 yılındaki petrol ambargosunun ardından yüzde 50 azalmıştır.

Avrupa ve ABD'de temiz enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları veya alternatif enerji kaynakları olarak bilinen enerji kaynakları alanında çok yoğun çalışma ve uygulamalar bulunmaktadır. Bu kaynakların çoğu kesintisizdir ve sonsuz kapasiteleri vardır. Oysa şu an kullanılan birincil enerji kaynaklarının, nükleer yakıtta dahil, kısa zaman içinde tükenmesi beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları kömür, petrol gibi fosil yakıtlarının aksine çevreye kükürt dioksit, azot oksitleri, kül gibi kirleticiler saçmamaktadır, sera etkileri yoktur, nükleer enerjinin henüz çözümlenememiş atık sorununa karşın bu kaynaklar atık sorunu içermemektedirler. Görüleceği gibi Türkiye'de bu kaynaklardan enerji elde edilmesinin nükleer enerjiye ve diğer çevre dostu olmayan enerji kaynaklarına göre çok büyük üstünlükleri bulunmaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından (güneş enerjisi ve türevleri, jeotermal enerji) oldukça şanslı konumdadır.

Dünyaya her yıl mevcut kömür, benzin, doğal gaz, uranyum gibi yakıt rezervlerinin vereceği toplam enerjinin 10 katına eşdeğer enerjide güneş enerjisi düşmektedir. Bu miktar şu anda tüketilen enerjinin 15,000 katına denktir.²⁵ 2025 yılına kadar yakıt gereksiniminin %30, elektrik gereksiniminin %265 artması bekleniyor, güneş enerjisinin toplam enerji üretimindeki payının %60'a ulaşması bekleniyor. Günümüzde modern güneş enerjisi teknolojileri %20-30 verime ulaşabilmektedir. Ülkemizin güney sahillerinde ve Yunanistan'da güneş panelleri yoğun olarak su ısıtmak için kullanılmaktadır. Buna ek olarak binaların ısıtılmasında, soğutulmasında ve gün boyu yoğun bir şekilde binaların aydınlatılmasında güneş enerjisinden yararlanılmaktadır. ABD'nin yüzeyinin %2'sinden azını kaplayacak

güneş panelleri ile tüm enerji gereksiniminin karşılanması olasıdır. Bugün fotovoltaik yolla elde edilen elektrik enerjisinin maliyeti 0.1 \$/kWhsaat düzeyindedir. Şu an için güneş enerjisi üretim maliyeti bazında diğer kaynaklara göre daha pahalı görünmekle beraber güneş pillerinin verimlerinin artırılması konusunda sürdürülen çalışmalarla maliyetlerin daha aşağı çekilmesi beklenebilir. Güneş enerjisi santrallerinin yakıt, atık, söküm giderleri gibi sorunları yoktur. Ülkemiz güneş enerjisi bakımından şanslı bir konumdadır. Halen güneydeki bir çok ilimizde turistik tesisler ve meskenlerde su ısıtmak amacıyla güneş enerjisinden yararlanılmaktadır. Şu an Avrupa'da kullanılan pasif güneş enerjisi kullanımı ile atmosfere 229 milyon ton karbon dioksit gazı, 1.3 milyon ton kükürt dioksit gazı ve 0.56 milyon ton azot oksitleri gazlarının atılmasına engel olunmaktadır.

Rüzgar enerjisi bir güneş enerjisi türevidir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin %0.25'i rüzgar enerjisine çevrilmektedir. ABD'de sadece Kuzey ve Güney Dakota eyaletlerinde sağlanacak rüzgar enerjisi ile ABD'nin elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanması olasıdır. Rüzgar hızının ortalama 7.5 m/saniye'den fazla olduğu bölgelerde rüzgar enerjisinden elektrik üretimi 0.03 \$/kWhsaat'e mal olmaktadır.²⁶ Maliyet bazında rüzgar enerjisi diğer yollarla elektrik enerjisi üretimini yakalamıştır, diğer avantajları da eklendiğinde rüzgar enerjisi diğer yollarla enerji elde edilmesine göre daha iyi bir konumdadır. Toplam rüzgar enerjisi kurulu gücü 2005 yılında 58982 MW'a ulaşmıştır. Bu sektörde 235000 kişi çalışmaktadır. Avrupa'da Danimarka elektrik enerjisinin %20'sini, Almanya %6'sını, İspanya %8'ini rüzgar enerjisinden karşılamaktadır. Bu sektörün yıllık büyüme hızı %20'lerdedir. Avrupa'nın 2010 yılı rüzgar enerjisi kurulu gücü hedefi 75000 MW'tır. Denizde kurulacak 5.0 MW gücündeki tek bir türbün ile 4500 evin elektrik enerjisini karşılamak olasıdır²⁷. Türkiye'de kıyılar, adalar, Ege ve Marmara bölgeleri rüzgar enerjisi bakımından yüksek potansiyel içermektedirler. Ülkemizde Çeşme ve Bozcaada, İstanbul'da rüzgar enerjisi çiftlikleri çalışmaktadır. Bozcaada'ya kurulan 10 MW gücündeki rüzgar çiftliği tüm ada gereksiniminin 30 katı enerji üretmektedir, fazla enerji Çanakkale'ye iletilmektedir. Türkiye'de rüzgar enerjisi kurulu gücü 20.3 MW'tır. Halen fizibilite raporları EPDK tarafından değerlendirilen rüzgar enerjisi santralleri ve kurulması planlanan güç 3235 MW'tır. Türkiye rüzgar atlası hazırlanmıştır ve ülkemiz rüzgar enerjisi teknik potansiyeli bakımından Avrupa'da birinci sıradadır. Güneş ve rüzgar enerjilerinin birlikte kullanılabilmesi melez sistemlerde geliştirilmiştir.

1992 yılındaki bir Birleşmiş Milletler çalışmasına göre 2050 yılına kadar dünya enerjisinin %55'inin biyokütleden (biyoenerji) karşılanması olasıdır. İsveç'te gazlaştırılan odundan jet yakıtı üretecek tesis tamamlanmıştır. Bu tesiste odun enerjisinin %80'ini, 6 MW elektrik gücüne çevrilecek, 9 MW'ı da ısıtmada kullanılacaktır. Ziraat atıkları, orman ürünleri ve diğer atıklardan sıvı ve gaz yakıt üretilmektedir. Halen alkol benzinle karıştırılıp taşıtlarda kullanılmaktadır. Alkolün 2000'li yıllarda benzine alternatif olması beklenmektedir. Bir çok ülkede çöplerden elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bunlara ek olarak hidrojen, jeotermal enerji, dalga enerjisi, okyanuslardaki tuzluluk ve ısı farklarından yararlanılarak enerji elde edilmesi yönünde de yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Sonuç

Türkiye'de kurulması düşünülen nükleer santraller kamuoyu bilgilendirilmeden ve kamuoyunun onayı alınmadan yapılacağından ve daha sonra politik bir kararla bu teknolojiye vazgeçilmesi durumunda ekonomimize büyük bir yük olacaktır. Yapılması düşünülen santrallerin kurulması 10-15 milyar dolara mal olacaktır. Avrupa ve Amerika'da çok sayıda nükleer reaktör yapımı tamamlandıktan sonra çeşitli nedenlerle çalıştırılmama kararları alınmış ve yapılan reaktörler sökülüştür. Karadeniz ve Akdeniz'in en temiz, el değmemiş ve bereketli topraklarından Sinop-İnceburun ve Mersin-Akkuyu'da kurulması düşünülen nükleer santraller, bu bölgelerin kirlenmesine neden olacak, bölgenin tarım ve turizm potansiyeli yok edecek ve bölge değersiz bir konuma sokulacaktır. Santralin yapım kriterleri arasında sayılan nüfus yoğunluğunun az olması koşulu bu bölgeler ve civarı için söz konusu değildir. Bu yöreler enerjinin yoğun tüketildiği İstanbul ve Kocaeli gibi sanayi bölgelerine çok uzaktır. Üretilen elektriğin bir kısmı enerjinin yoğun kullanıldığı bölgelere nakledilirken kaybolacaktır. Bölge için Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) Raporu hazırlanmamıştır. Kirillik haritalarında en temiz bölgeler olarak gösterilen bu bölgeler henüz yoğun turizme açılmadığı için diğer turizm yörelerinde görülen boyutta betonlaşma yoktur. Ekoturizm diye bilinen çevre dostu turizmin geliştirilmesi için bölge büyük bir potansiyel içermektedir. 9 Eylül Üniversitesi'nden Prof. Dr. Atilla Uluğ ve arkadaşlarının araştırmalarına göre Akkuyu'nun 25 km doğusundan geçen ve aktif olduğu ifade edilen Ecemiş Fay Hattı nedeni ile bölgenin depremselliğinin yeniden incelenmesi gereklidir. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Mustafa Erdik deprem mühendisliğinde meydana gelen hızlı değişimler nedeniyle 1990 yılında kendilerince hazırlanan raporun güncelliğini yitirdiğini, santralin kurulacağı

yerin güneyindeki basende kıyı ötesi sismik etütlerin yapılması gerektiğini" bildirmiştir²⁸ (Akkuyu Paniği, 3 Mart 2000 Cumhuriyet). Sinop ve civarı depremsellik yönünden incelenmelidir. **Sonuç olarak Türkiye'de enerji konusunda öncelik verilmesi gerekli konular; enerji tasarrufu, mevcut kaynakların verimlerinin artırılması, elektrik enerjisi üretim, depolama, dağıtım hatlarının iyileştirilmesine öncelik verilmesi, kullanılabilir hidroelektrik kapasitenin artırılması, özellikle şebekeye uzak bölgelerde yerel kaynaklardan enerji elde edilmesinin teşvik edilmesi olarak sayılabilir. Türkiye'de nükleer santraller yapılsa bile toplam elektrik enerjisine katkıları çok küçük olacaktır. Enerji dağıtım kayıplarının iyileştirilmesi ile nükleer santralden elde edilmesi düşünülen enerjiden çok daha fazla katkı sağlanacaktır. Güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal gibi temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları çok daha düşük maliyetlerle ve daha risksiz ve daha temiz alternatifler olarak nükleer enerjinin yerini alabilirler.**

Kaynaklar:

Not: Bu yazı 2000 yılında, Prof Dr. Ali Gökmen ve Prof. Dr. İnci Gökmen tarafından kaleme alınan "Türkiye'de Elektrik Enerjisi, Nükleer Santraller Sorunlar ve Çözüm Önerileri" başlıklı rapordan yararlanılarak hazırlanmıştır.

1. Dünya Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, Enerji Raporları 1980-1994.
2. VII. 5 Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Alt Komisyon Raporu, Ekim 1995.
3. Türkiye 6. Enerji Kongresi, Türkiye'de Enerji Sektörünün Gelişimi ve Arz Talep Projeksiyonları, 1970-2010.
4. N. Aybers 1995
5. N. Aybers 1996
6. Mackay, L. and Thompson, M., Eds., *Something In the Wind: Politics After Chernobyl*, Pluto Press, sayfa: 46, 1988.
7. Science, 272, sayfa 357, Nisan 1996.
8. IPHECA
9. Nükleer güç kapasite tahminleri.
10. IAEA Bulletins 1990-1995.
11. Nuclear Safety Review for 1987.
12. American Scientist, 81, sayfa 24, 1993.
13. Cross, M., Scientific American, sayfa 34, Kasım 1993.
14. Wolfson, R., *Nuclear Choices, A Citizen's Guide to Nuclear Technology*, The MIT Press, sayfa: 224, 1993.
15. *Guidebook on the Introduction of Nuclear Power*, Technical Report Series No. 217, IAEA, sayfa: 218, 1982.
17. *Options, Experience and Trends in Spent Nuclear Fuel Management*, Technical Reports Series No. 378, INEA, Vienna, 1995.
18. Whipple, C.G., *Can Nuclear Waste be Stored Safely at Yucca Mountain*, *Scientific American*, sayfa 56, June 1996.
19. Zorpotte, G., *Hanford's Nuclear Wasteland*, *Scientific American*, sayfa 12, Mayıs 1996.
20. National Geographic, Ağustos 1991.
21. Webb, J., *New Scientist*, sayfa 14, 6 Kasım 1993.
22. Edwards, R., *New Scientist*, sayfa 11, 6 Ocak 1996.
23. *Chernobyl Ten Years On, Radiological and Health Impact*, Nuclear Energy Agency
24. Houglund, W., *Scientific American*, sayfa 136, Eylül 1995.