

TÜRKİYE’DE SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI KAPSAMINDA NÜKLEER ENERJİNİN KONUMU

Emre İŞERİ*
Cem ÖZEN**

Özet

Küresel iktisadi ve sosyal kalkınmanın önünü açacak olan sürdürülebilir kalkınma politikaları üretmek yirmi birinci yüzyılın önceliklerinden biri haline gelmiştir. Bu tip politikaların izlenebilmesi için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutların dâhil edildiği bütünsel bir yaklaşımın gerekmektedir. Enerji meselesi, tam bu boyutların kesişme noktasında yer almaktadır. Bu çerçevede, düşük karbon emisyon salınım değerleri nedeniyle fosil yakıtlara önemli bir alternatif olarak sunulan nükleer enerjinin Türkiye özelinde ne derece sürdürülebilir bir enerji kaynağı olduğu avantajlı ve dezavantajlı yanlarıyla beraber dengeli bir şekilde değerlendirilecektir. Türkiye’nin sürdürülebilir enerji geleceğinin tesisi yolunda nükleer enerjiden elektrik üretmesinin ancak sosyal ve çevresel risklerin asgariye indirilmesi ama hepsinden daha önemlisi sosyal kabulün sağlanması durumunda tercih edilebilir olacağı tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Enerji, Nükleer Enerji, Türkiye

SUSTAINABILITY AND TURKEY’S NUCLEAR ENERGY POLICY

Abstract

Implementing sustainable energy policies for global economic and social development has turned out to be one the priorities of the 21st century. In order to generate those types of policies, it is pre-requisite for policy-makers to have a comprehensive approach comprising economic, social and environmental dimensions. The issue of energy is located at the conjunction point of these dimensions. In this context, this paper will survey debates on nuclear energy’s sustainability with special reference to Turkey’s nuclear program. It will argue that Turkish electricity generation from nuclear will only be preferable in the case that social and environmental risks are minimized, more importantly, social consensus is achieved.

Keywords: Sustainable Energy, Nuclear Energy, Turkey

* Yrd.Doç.Dr., Kadir Has Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü Öğretim Üyesi, eiseri@khas.edu.tr

** Yrd.Doç.Dr., Kadir Has Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü Öğretim Üyesi, cem.ozen@khas.edu.tr

Giriş

Küresel iktisadi ve sosyal kalkınmanın önünü açacak olan sürdürülebilir kalkınma politikaları üretmek yirmi birinci yüzyılın önceliklerinden biri haline gelmiştir. Bu tip politikaların izlenebilmesi için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutların dâhil edildiği bütünsel bir yaklaşımın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu boyutların kesişme noktasında yer alan enerji [arz] güvenliği konusu, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması için hayati olmasının yanı sıra birçok gelişmiş/gelişmekte olan devlet için millî güvenlik meselesi olarak tanımlanmaktadır. Bu noktada sorulması gereken soru şu olmalıdır: sürdürülebilir bir enerji geleceği için devletlerin/şirketlerin hangi tür alternatif enerji kaynaklarına yönelmesi gerekmektedir?

Bu çalışmanın amacı nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarını bir yana koyacak olursak, kimi çevrelerce düşük karbon emisyon salınım değerleri nedeniyle fosil yakıtlara önemli bir alternatif olarak sunulan nükleer enerjinin Türkiye özelinde ne derece sürdürülebilir bir enerji kaynağı olduğu avantajlı ve dezavantajlı yanlarıyla beraber dengeli bir şekilde tartışılacaktır. Bu bakımdan, nükleerden elde edilecek olan yakıtın ilk yatırım maliyetinin fazlalığı, atık yönetimi ve güvenlik riskleri (deprem, vs.) gibi sorunlarına değinilecektir. Son dönemde, nükleer enerji tartışmalarında güvenlik kaygılarına daha çok vurgu yapılmaktadır. Hiç şüphesiz bunun en temel sebebi, Mart 2011'deki Japonya'daki Fukushima Daiichi nükleer kazasıdır. Bu felaketin sonrasında dünya genelinde nükleer enerjinin geleceği konusunda belirsizlik baş göstermiş¹; çeşitli ülkelerin nükleer enerjiden elektrik üretimine son vereceklerini ve/veya planlarını gözden geçireceklerini açıklamaları, bir yerde – en azından daha güvenli olduğu söylenen yeni nesil nükleer santraller yaygınlaşana kadar - nükleer enerjiye yönelik soru işaretlerine kısmi bir yanıt olmuştur.

Net enerji ithalatçısı konumundaki Türkiye ise uluslararası alandaki nükleer enerjiye yönelik bu olumsuz ortamdan bağımsız olarak – bir tanesi Rus Rosatom kurumuna bağlı Rus Atomstroyexport (ASE) kuruluşu tarafından inşa edilecek olmak üzere - 2023 yılına kadar toplam 15,000 megawatt (MW) kapasiteli üç nükleer santralini devreye almayı hedeflemektedir. Ankara'nın nükleerden enerji üretme yönündeki girişimi enerjide kaynak çeşitlendirmesine (*diversification*) gitmek açısından – Rusya'ya olan enerji bağımlılığını arttırması bir yana bırakılacak olursa - olumlu bir adım olarak değerlendirilebilir de çeşitli güvenlik (enerji terörü, deprem bölgesi, kendini henüz ispatlamamış santral) ve nükleer enerjinin yarattığı çevresel riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu bilgiler ışığında, Türkiye'nin sürdürülebilir bir enerji geleceğine ulaşması yolunda nükleer enerjiden elektrik üretmesinin ancak çeşitli sosyal ve çevresel risklerin asgariye indirilmesi ama hepsinden daha önemlisi toplumsal sosyal kabulün sağlanması durumunda tercih edilebilir olacağı tartışılmaktadır.

¹ Fukushima kazasının nükleer enerjiyi stratejik yatırım olarak gören Çin gibi ülkelere etkisinin son derece sınırlı olacağı tartışması için bkz. Gordon MacKerron, “The Economics of Nuclear Power after Fukushima”, *Oxford Energy Forum*, Ağustos, 2011, ss. 6-7.

Sürdürülebilir Kalkınma Kavramı ve Enerji

“Sürdürülebilir Kalkınma” (*Sustainable Development*) kavramı terimsel anlamda ilk defa, Norveç Başbakanı Gro Harlem Bruntland başkanlığında 1983 yılında toplanan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun (WCED: *World Commission on Environmental Development*) 1987’de tamamlanan ‘Ortak Geleceğimiz’ adlı raporunda dünya gündemine gelmiştir. Başbakan Brutland’a atfen ‘Bruntland Raporu’ olarak da bilinen çalışmanın 27. Maddesinde sürdürülebilir kalkınma şu şekilde tanımlanmaktadır: “Sürdürülebilir Kalkınma, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik yetenek ve olanaklarını kısıtlamaksızın, bugünkü ihtiyaçların karşılanmasıdır.”²

Bu tanımdan yola çıkacak olursak, insani kalkınmanın ölçülmesinde salt kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYH) yeterli olmayacak, bunun yanında insani yaşam koşullarını iyileştirecek olan bir dizi fiziksel ve sosyal şartların da değerlendirmeye katılması gerekecektir. Bunun içindir ki *Human Development Report*, bir ülkenin, insani kalkınmasını ölçmek amacıyla İnsani Gelişme Endeksi’ni (HDI, *Human Rights Development Index*) ortaya koymuştur. İlk etapta sadece gelir, eğitim ve sağlıkla ilgili koşullardan oluşan endeks, daha sonra kaynak tüketimi ve çevresel bozulma gibi konuları da kapsamına dâhil etmiştir.³ Son dönemde ise kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi, birim enerji tüketimi için üretilen GSYH (enerji yoğunluğu) ve kişi başına düşen karbon emisyonu salınımı gibi enerji ve çevreye ilişkin dört parametrenin de HDI’ya dâhil edilmesi denenmiştir.⁴ Bütün bu çabaların başlıca sebebi, enerjinin, sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarından biri olmasından ileri gelmektedir. Her ne kadar beslenme, barınma ve sağlık gibi insanların en temel gereksinimleri arasında yer almamasına rağmen, enerji, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel unsurlarının merkezinde yer almaktadır.⁵ Bir diğer ifadeyle, çevre dostu enerjinin kesintisiz, arzu edilen miktar ve kalitede, ödenebilir bir şekilde arzının sürekli kılınması sürdürülebilir kalkınma için en temel koşullar arasındadır.

Bu noktada “sürdürülebilir kalkınmanın motoru”⁶ olarak nitelenen sürdürülebilir enerji (*sustainable energy*) kavramını tanımlamak yerinde olacaktır: “günümüzün enerji ihtiyaçlarının, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetlerine zarar

² **Our Common Future**, Report of the World Commission on Environment and Development, UN, 1987, <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm#1.2> (25.12.2011).

³ Bkz. M.Desai , *Greening of the HDI* , Background Paper for Human Development , UNDP , New York , 1994 ; E.Neumayer , “ The Human Development Index and sustainability – A Constructive Proposal” , *Ecological Economics* , Ekim 2001 , s.101-114.

⁴ Bkz. V.Ş.Ediger & Ö.Huvaz , “Examining the sectoral energy use in Turkish economy (1980-2000) with the help of decomposition analysis” , *Energy Conversion and Management* , 47(6) , 2006 , s.732-745.

⁵ V.Ş.Ediger , **Türkiye’nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi** , TÜBA Günce , 39, 2009 , s.18.

⁶ Jefferson W.Tester , et.al, **Sustainable Energy : Choosing Among Options** , MIT Press : MA , 2005 , ss.2-9.

vermeden karşılanması.”⁷ Yakın döneme kadar enerji sisteminin sürdürülebilirliğinin ölçütü, tüketiminin ne oranda enerji tedariki tarafından giderildiğiyle ilişkilendirilmekteydi. Günümüzde ise sürdürülebilir kalkınmanın bilimsel ve etik çerçevesine enerji arz güvenliğiyle aynı oranda çevre güvenliği konusuna da önem verilmektedir. Özellikle karbon emisyonlarının sebep olduğu küresel iklim değişiklikleri enerji politikalarının sürdürülebilirliğinin kilit noktasına yerleşmiştir. Bu sebepten dolayı düşük karbon ekonomisine geçiş konusu, günümüzdeki enerji politikalarıyla ilgili tartışmaların odak noktası haline gelmiştir.⁸ Sürdürülebilir bir enerji geleceği için enerji teknolojisi yoğun politika seçenekleri mevcuttur. Bunlar oluşturulurken, enerji üretiminin/kullanımının etkinliğinin artırılması, tüketimin azaltılması, fosil kaynakların çevreye dost bir şekilde kullanılması, yeni nesil yenilenebilir enerji ve nükleer enerji teknolojilerinin devreye sokulması gerekmektedir.⁹ Herhangi bir enerji sisteminin sürdürülebilir olabilmesi için gereken dört temel politika aracı mevcuttur: Yenilenebilir Enerji, Fosil Yakıtlar ve CCS (Karbon Yakalama ve Depolama) , Enerji Verimliliği, Nükleer Enerji.¹⁰ Çalışmanın amaçları açısından, ilgili politika araçlarından nükleer enerji konusuna ağırlık verilecektir.

Küresel Enerji Sistemi ve Nükleer Enerjinin Geleceği

Eylül 2011 itibarıyla, toplam 30 ülkede 439 nükleer reaktör elektrik üretimi için yaklaşık toplam 375876 Mwe kapasiteyle faaliyet göstermekte ve küresel elektrik ihtiyacının % 13,5’ini üretmektedir (Tablo 1). Hâlihazırda ise toplam kapasitesi 63384 Mwe olan 61 nükleer birim inşa halindedir.¹¹

UEA’nın “ Enerji Teknoloji Perspektifleri 2010” yayınındaki “Mavi Harita Senaryosu (*Blue Map Scenario*)”, CO2 salımlarında %50’lik düşüşün sağlanabilmesi için 2050 yılına kadar nükleerden üretilecek olan elektriğin oranının % 24’e – günümüzdeki oranın yaklaşık iki katına - çıkarılması gerektiğini belirtmektedir.¹² Bu düzeyde bir artış gerçekleşmesi durumunda, nükleer enerji en temel elektrik üretim kaynağı olacağı gibi elektrik arzının karbondan arındırılmasını yolunda en önemli katkıyı yapacaktır.

⁷ Ediger, **Türkiye’nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi**, s.18. Sürdürülebilir enerjinin dört temel presibini fizibilite , erişilebilirlik , sürdürülebilirlik ve seffalık olarak tartışan bir çalışma için bkz. Mert Bilgin , “ New Energy Order and Fast Principles : premises of equitable and sustainable energy security in the 21st century” , *Int. J. Global Energy Issues*, Cilt. 33, No. 1/2, 2010 , s. 4-21.

⁸ Hasan Saygın , “Sürdürülebilir Enerji Politikalarında Nükleer Enerjinin Yeri ve Türkiye” , Türkiye Tekstil Sanayi İşverenleri Sendikası, Konferans, 31 Ağustos 2006, http://eppamtr.weebly.com/uploads/5/6/2/5/5625734/surdurulebilir_enerji_politikalarinda_nukleer_enerjinin_yeri_ve_turkiye.pdf

⁹ Tester, et.al, s.7.

¹⁰ Zafer Ateş , “Küresel Enerji Sisteminde Köklü Dönüşüm İhtiyacı” , *Uluslararası Ekonomik Sorunlar* , Yıl:11 , Ağustos 2011 , s.43-70.

¹¹ World Nuclear Association , <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html> , (27.12.2011). Ayrıca , **Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler** , Yayın No:1 , ETKB, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü , 2012 , s.14-15.

¹² **Energy Technology Perspective 2010**, International Energy Agency , 2011 , s.4 , <http://www.iea.org/techno/etp10/English.pdf> (26.01.2012).

Tablo 1: Ülkelere göre işletilen ve inşaat halindeki nükleer reaktör sayısı, toplam gücü ve elektrik üretimindeki payı (13 Eylül 2011 İtibariyle)

| Ülkeler | İşletilen Reaktörler | | | İnşaat Halindeki Reaktörler | |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| | Reaktör Sayısı | Toplam Güç (MWe Net) | Elektrik Üretimindeki Payı | Reaktör Sayısı | Toplam Güç (MWe Net) |
| Ermenistan | 1 | 376 | %39,4 | | |
| Arjantin | 2 | 935 | %5,9 | 1 | 745 |
| Belçika | 7 | 5943 | %51,7 | | |
| Bulgaristan | 2 | 1906 | %33,1 | | |
| Brezilya | 2 | 1901 | %3,1 | 1 | 1405 |
| Kanada | 17 | 12044 | %15,1 | 3 | 2190 |
| İsviçre | 5 | 3252 | %38 | | |
| Çin | 14 | 11271 | %1,8 | 26 | 28710 |
| Çek Cumh. | 6 | 3722 | %33,2 | | |
| Almanya | 17 | 20339 | %28,4 | | |
| İspanya | 8 | 7448 | %20,1 | | |
| Finlandiya | 4 | 2741 | %28,4 | 1 | 1700 |
| Fransa | 58 | 63130 | %74,1 | 1 | 1720 |
| Birleşik Krl. | 18 | 10745 | %15,7 | | |
| Macaristan | 4 | 1880 | %42,1 | | |
| Hindistan | 20 | 4385 | %2,9 | 6 | 4600 |
| İran ³⁰ | 1 | 915 | | | |
| Japonya | 51 | 44642 | %29,2 | 2 | 2756 |
| G. Kore | 21 | 18785 | %32,2 | 5 | 5800 |
| Meksika | 2 | 1600 | %3,6 | | |
| Hollanda | 1 | 485 | %3,4 | | |
| Pakistan | 3 | 725 | %2,6 | | |
| Romanya | 2 | 1310 | %19,5 | | |
| Rusya Fed. | 32 | 23084 | %17,1 | 10 | 8960 |
| İsveç | 10 | 9399 | %38,1 | | |
| Slovenya | 1 | 696 | %37,3 | | |
| Slovakya | 4 | 1816 | %51,8 | 2 | 880 |
| Ukrayna | 15 | 13168 | %48,1 | | |
| ABD | 104 | 101421 | %19,6 | 1 | 1218 |
| G.Afrika | 2 | 1800 | %5,2 | | |
| Tayvan | 6 | 4927 | %19,3 | 2 | 2700 |
| TOPLAM | 439 | 375876 | %13,5 | 61 | 63384 |

Aşağıda daha derinlemesine bahsedileceği gibi nükleer enerji konusu – özellikle güvenlik kaynaklı – bazı çekincelerden dolayı küresel ölçekte tartışmalı bir konudur. Mart 2011’de Doğu Asya’da meydana gelen 8.9 şiddetindeki depremin ve meydana gelen tsunaminin tetiklediği Japonya’daki Fukushima Daiichi nükleer santralinde meydana gelen kaza sonrası dönemde küresel kamuoyunda nükleer enerjiye yönelik olumsuz hava egemen olmuştur. Her ne kadar Almanya gibi çeşitli ülkeler mevcut ve geleceğe yönelik nükleer planlarını gözden geçirme ve/veya tamamen terk etme yoluna gitmesine¹³ rağmen nükleer enerjiye yönelimin arkasındaki başlıca nedenlerde herhangi bir değişiklik meydana gelmiş değildir.¹⁴ Bu noktada, nükleer enerjinin aleyhinde ve lehinde olan yaklaşımlara sırasıyla değinmek yerinde olacaktır.

¹³ Fukushima nükleer kazasının yansımaları için World Nuclear Association , “ Policy Responses to the Fukushima Accident” , 31.03.2011, http://www.world-nuclear.org/briefings/policy_responses_fukushima_accident.html (28.01.2012).

¹⁴ Ateş,s.63.

Nükleer enerji üretiminin avantajlarından biri diğer birçok enerji türüne göre daha ekonomik olmasıdır.¹⁵ Ülkeye, yıllara ve ekonomik göstergelere göre değişiklik göstermekle beraber, fikir vermesi açısından ABD 2009 yılı elektrik üretim maliyetleri¹⁶ () göz önüne alındığında, kilovat-saat başına enerji üretim maliyetlerinde, nükleer enerji, hidroelektrik enerjiden (ortalama 1 cent/kWh) sonra ortalama 2 cent/Kwh ile en ucuz enerjidir. Bu rakam kömür ve rüzgâr santralleri için 3 cent/Kwh, doğalgaz santralleri için 5 cent/Kwh, petrol santralleri için ise 12 cent/Kwh civarındadır.¹⁷ Nükleer enerjiyi fosil yakıtları kullanan enerji santrallerine göre ekonomik kılan temel etken, kullanılan yakıtın enerji yoğunluğunun azlığından ileri gelmektedir. Türkiye Atom Enerji Kurum'undan Yılmaz Bektur'un belirttiğine göre, bir kilogram odunun yakılması durumunda, bir kilovat saat enerji elde edilir. Bir kg kömür yakılınca elde edilen miktar 3 kilovat saat enerji olurken, 1 kg petrolün yakılmasından ise 4 kilovat saat enerjiye ulaşılır. Ama 1 kg uranyumun parçalanması durumunda 50 bin kilovat saat enerji elde edilirken, yapay olarak elde edilen plütonyum 239'unun kullanılmasından elde edilecek olan miktar ise tam 6 milyon kilowatt saat enerji olacaktır.¹⁸

Nükleer enerjinin ekonomik avantajının bir diğer unsuru ise fiyat istikrarıdır. Yakıt bedelinin kilovat-saat başına üretim maliyetine oranı nükleer enerji üretiminde dörtte bir düzeyindedir. Bu oranın, petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil kaynaklı enerji üretim kaynaklarında % 80-90' ı bulduğu göz önüne alınırsa, yakıt piyasalarındaki dalgalanmalara karşı istikrarı net olarak anlaşılabilir.¹⁹

Ancak nükleer enerjinin alternatiflerine göre belki de en büyük avantajı çevresel açıdan, özellikle atmosferik karbondioksit salınımının engellenmesi konusundadır. Yanma kaynaklı direkt emisyonla ilave olarak santralin yaşam döngüsü içindeki dolaylı emisyonlar da göz önüne alındığında, nükleer enerji üretiminden kaynaklı emisyon miktarı, kömür santrallerinden kaynaklı emisyon oranının % 1-2'si kadardır. Bu oran nükleer enerjiyi güneş ve rüzgâr enerjisi gibi sürdürülebilir, çevreci enerji kaynaklarından dahi daha düşük karbon salımlı bir enerji kaynağı kılmaktadır.²⁰

Bu avantajlarına karşın nükleer enerji, nükleer atıkların idaresi, nükleer silah programlarının geliştirilmesindeki rolü ve özellikle Çernobil ve Fukuşima kazaları ile

¹⁵ Nükleer gücün ne oranda ekonomik olacağı – dolayısıyla maliyeti - çeşitli küresel/yerel ekonomik risk ve belirsizlik durumlarına göre değişiklik arz etmektedir. Bkz. Ioannis N.Kessides, "Nuclear power: Understanding the economic risks and uncertainties", *Energy Policy* , Cilt.38 , 2010 , s.3849-3864.

¹⁶ Bu maliyet hesabına santrallerin devreden çıkarma ve nükleer atıkların işlenmesi gibi yüksek bedelli kalemler de dâhildir.

¹⁷ Nuclear Energy Institute, <http://www.nei.org/resourcesandstats/documentlibrary/reliableandaffordableenergy/brochures/justthefacts> (30.01.2012).

¹⁸ Bkz.Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi , Nükleer Enerji Paneli ,s.26

¹⁹ Nuclear Energy Institute, <http://www.nei.org/resourcesandstats/documentlibrary/reliableandaffordableenergy/brochures/justthefacts> (30.01.2012).

²⁰ World Nuclear Association, <http://world-nuclear.org/education/comparativeco2.html>, (30.01.2012).

daha çok sorgulanan operasyonel güvenlik riskleri gibi ciddi dezavantajlara da sahiptir. Nükleer atık problemi nükleer enerjinin halen en ciddi sorunudur. Günümüz nükleer teknolojisinde, yakıt olarak kullanılan uranyumun çok düşük bir yüzdesi faydalı olarak kullanılabilir. Bu, enerji verimliliğini düşürdüğü gibi, uranyumun bir kısmının aktinidler olarak adlandırılan uranyumdan daha ağır bir dizi elemente dönüşmesine sebep olmaktadır. Aktinidler nükleer atıkların en tehlikeli bileşenlerini oluşturmaktadır, zira bu elementlerin çeşitli izotopları milyonlarca yıl radyoaktivitelerini sürdürürler. Bu süre mevcut teknolojilerle en fazla birkaç yüz yılla ifade edilebilen garantili saklama süresinin çok ötesine geçmektedir. Bu sebeple radyoaktif atıklar daimi depolanma yerine, teknolojik bir çözüm bulununcaya kadar geçici olarak depolanmaktadır. Yeniden işlenip yakıt olarak kullanılabilirliği mümkün olmakla beraber, bu işlem maliyetli ve risklidir. Ancak atıkların geçici depolanmasının olası terör eylemleri ve savaş halinde yaratabileceği kirlilik kaygı vericidir. Bu atıkların sebep olduğu bir diğer risk ise içerdikleri plutonyumun nükleer silah yapımında kullanılmak üzere ayrıştırılması ihtimalidir. Büyüyen ve yaygınlaşan nükleer atık stokları, dünya üzerinde nükleer silahlanmanın artması ve tüm gezegeni tehdit eden bir nükleer savaş ihtimalini de tehlikeli oranda körükleyebilir.

Nükleer santrallerin kazalara karşı güvenilirlikleri konusu ise özünde kullanılan yakıt tipi/döngüsü ve reaktör tasarımı ile ilgilidir. Dünya nükleer enerjisinin yaklaşık olarak % 85’i, 1950-60’lı yıllarda Amerikan donanmasının nükleer denizaltılarında kullanılmak üzere geliştirilmiş nükleer reaktörlerin türevlerini içeren santraller tarafından üretilmektedir.²¹ İkinci nesil olarak adlandırılan bu santraller, bir kaza anında kontrollü olarak devre dışı kalmak için bir dizi mekanik ve elektronik güvenlik sistemine ihtiyaç duyarlar. Aktif güvenlik önlemleri olarak adlandırılan bu tedbirlere karşın, risk analizlerinde öngörülemeyen insan hataları (Çernobil örneği) veya teknik aksaklıklar (Fukuşima örneği) bu santrallerin temel güvenlik zaaflarını oluşturmaktadır. Bu zaafların minimize edilmesi daha fazla veya daha gelişmiş güvenlik önlemlerinin tesis edilmesinden ziyade, güvenli yakıt tipi/döngüsü kullanan basitleştirilmiş reaktör tasarımlarının geliştirilmesine ve “pasif güvenlik”²² olarak adlandırılan tasarım unsurları ile donatılmalarına bağlıdır. İlk örneği 1996’da Japonya’da hizmete giren ve halen geliştirme süreci devam eden - Mersin Akkuyu’da Rus şirketi tarafından bir örneği inşa edilecek olan - 3. nesil nükleer santrallerde kısmen de olsa pasif güvenlik unsurları tesis edilmiştir. Bu santraller, aynı zamanda 2. nesil santrallere göre daha yüksek yakıt verimliliğine ve daha az atık üretme özelliğine sahiptir. Ancak, nükleer enerji teknolojisinin ana hedeflerinden birisi olan tam pasif güvenli santrallerin 4. nesil olarak adlandırılan ve geliştirilmeleri 2030’lı yılları bulacağı tahmin edilen bir süreç sonunda ortaya çıkmaları beklenmektedir.²³ Bu bakımdan,

²¹ World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/inf08.html>, (30.01.2012).

²² Pasif güvenlik, bir santralin insan veya teknik kaynaklı olsun, gerçekleşebilecek en kötü bir senaryoda dahi tasarım detayları, kullanılan malzemeler ve doğa yasaları sayesinde kendi kendini radyasyon sızıntısına yol açmadan devre dışı bırakabilme özelliği için kullanılan bir terimdir.

²³ Nükleer enerjinin geleceğinden bahsederken, füzyon (nükleer kaynaşma) esaslı nükleer enerji alanında yapılan araştırmalardan da bahsetmek yerinde olacaktır. Yıldızların yaydığı enerjinin kaynağı olan füzyon, termonükleer bombalar sayılmazsa insanlığın kullanımına girmemiş bir

şu anki aşamada, Türkiye'nin nükleerden elektrik elde etmek için 3. nesil santrallerle yetinmesi gerekmektedir. Peki, gittikçe artan ithal fosil bağımlılığıyla Türkiye'nin daha güvenli olacak olan 4. nesil santralleri beklemek için sabrı var mıdır? Bu soruya sağlıklı bir cevap verebilmek için Türkiye'nin enerji durumunu irdelemek yerinde olacaktır.

Türkiye'nin Enerji Durumu ve Geleceği

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) 2010 tarihli Stratejik Planı'nda "ana hedef, her tüketicieye yeterli miktarda kalitesi yüksek, fiyatı makul, güvenli ve çevre dostu enerji kaynakları sağlamak" ve "ülkemizin enerji tedarikindeki ithalat bağımlılığını azaltmak" ifadeleri kullanılmıştır.²⁴ Bu ifadeler açık bir şekilde Türkiye'nin en önemli sorunlarından biri olan enerji arz güvenliği konusuna vurgu yapmaktadır. Türkiye'nin konuyla ilgili nereden nereye geldiğini anlamak için tarihsel bir karşılaştırma yapmak yerinde olacaktır. 1950 yılında fosil yakıtların (petrol, doğal gaz ve kömür) ülke içi toplam üretimdeki payı %2, tüketim içerisindeki payı %2,5 düzeyindeydi. 2008 yılına gelindiğinde ise sırasıyla üretim ve tüketim payları %19,8 ve %97,2 şeklinde olmuştur. Fosil yakıtların üretim-tüketim oranlarına bakıldığında ise 1950 yılında % 80,5 iken, elli sekiz yıllık dönem içerisinde bu oranın % 20,4'e düşmüş olduğu görülmektedir.²⁵ Çeşitli enerji uzmanları bu oranın ilerleyen yıllarda daha da düşeceğini hesaplamaktadırlar.²⁶ Volkan Ediger'in tespit ettiği üzere enerjisinin hâlihazırda dörtte üçünü ithal eden Türkiye'nin enerji sistemini sürdürmesi mümkün gözükmemektedir.²⁷

enerji kaynağıdır. Maddenin yüz milyonlarca santigrat sıcaklığındaki plazma halinin kontrollü idaresi gibi olağanüstü teknolojik zorlukların aşılmasını gerektiren bu enerji üretim metodunda uzun yollar katedilmiş olmasına rağmen, ticari açıdan uygun füzyon santrallerinin geliştirilmesinin 2050'li yılları bulacağı tahmin edilmektedir. Füzyon'a yakıt olan hidrojenin ana maddesinin su olduğu ve bu santrallerin radyoaktif kirlilik ve atık oluşturma tehlikesi olmadığı düşünülürse, gerçekleştirildiği halde dünyanın enerji problemine kalıcı, güvenli ve temiz bir çözüm olacağı açıktır. Füzyon enerjisi konusunda çeşitli ülkeler bireysel araştırma programları yürütmekle beraber, en büyük umut ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) adlı oluşumdur. 1985 yılında kurulan ITER, halen AB, ABD, Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Kore, Hindistan, Japonya ve Rusya Federasyonundan oluşan bir uluslararası ortaklık olarak Fransa'nın Cadarache yöresinde dünyanın en büyük füzyon enerjisi araştırma-geliştirme merkezini inşa etmektedir. Bkz. ITER, <http://www.iter.org/>

²⁴ ETKB , **Stratejik Plan : 2010-2014**, Nisan 2010.

²⁵ Volkan Ş. Ediger, **Enerji Yeni Dünya Düzeni ve Türkiye**, Türkiye Bilimler Akademisi, Akademik Forum, No: 67, 2011, s. 38.

²⁶ Ahmet Sözen, yapay nöral ağ (*artificial neural network – ANN*) modellemesi yoluyla 2020 yılında Türkiye'nin ithal enerji bağımlılık oranının % 82'ye çıkacağını hesaplamıştır. Bkz. Ahmet Sözen, "Future Projection of the energy dependency of Turkey using artificial neural network", *Energy Policy*, 37 (2009) , s. 4827–4833.

²⁷ Ediger, **Enerji Yeni Dünya Düzeni ve Türkiye**, s. 38. Bu bağlamda bir tartışma için bkz. Serhan Oksay ve Emre İşeri , "A new energy paradigm for Turkey: A political risk- inclusive cost analysis for sustainable energy", *Energy Policy*, Vol: 39 (2011), ss. 2386-2395.

Türkiye’nin enerji sistemiyle ilgili vurgulanması gereken bir diğer husus ise birincil enerji talebindeki artış hızıdır. Elli sekiz yıllık döneme bakıldığında Türkiye’nin birincil enerji kullanımındaki yıllık artış oranı % 4,9’iken birincil enerji arzındaki artış oranı yaklaşık % 2,7’de kalmıştır. Türkiye’nin yerli kaynak kullanımında enerji üretimi 1998 yılında zirveye ulaştıktan sonra düşüş eğilimine girmiştir. Ülkedeki yerli enerji kaynak üretimine yönelik son yıllarda önemli adımlar atılsa da sağlanmakta olan artışın sürekliliği konusu soru işaretleriyle doludur.²⁸

Türkiye’nin ithal fosil yakıt kaynaklarına bağımlılık oranı son derece yüksektir. Bu bağımlılığın faturası 2000 yılında 9,3 milyar ABD doları olmuş, giderek artarak 2009 yılında 48,2 milyar ABD doları seviyesine ulaşmıştır.²⁹ İlgili yıl Türkiye’nin ithalatının 201,9 milyar Amerikan dolayı olduğu düşünüldüğünde, ülkenin toplam ithalatında enerjinin payı 1/4 gibi yüksek bir düzeydedir. Bu durum açık bir şekilde Türk ekonomisinin rekabet edebilirliğine zarar vermekle birlikte ülkenin güvenliğinde de kaygılara sebep olmaktadır.³⁰

Türkiye’nin ithal enerji kaynaklarına bağımlılığıyla ilgili belirtilmesi gereken bir diğer kaygı ise belli ülkelere olan bağımlılık oranının son derece yüksek olmasıdır. Mesela, Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK) verilerine göre 2010 yılından Türkiye’nin Rus doğal gazına bağımlılık oranı % 46’dır.³¹ Bu oran petrolde ise yaklaşık % 35–40 düzeyindedir. Avrupa Komisyonunun Avrupa Birliği üyesi olmayan ülkelere olan bağımlılık oranı olarak % 30’u kritik eşit olarak değerlendirdiği düşünülürse, Türkiye’nin Rusya’ya olan bağımlılığının son derece yüksek bir düzeyde olduğunu söylemek mümkündür. Bu bakımdan Türkiye’nin enerji arz güvenliği açısından ülke ve kaynak çeşitlendirmesine (*diversification*) gitmesi gerekmektedir. Bu noktada, özellikle kaynak çeşitlendirmesi konusunda, aşağıda Türkiye özelinde derinlemesine tartışılacağı gibi, nükleer enerji önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye’nin elektrik tüketimine bakıldığında ise 2002–2009 dönemi baz alındığında yıllık ortalama %7’lik bir artış gözlenmiş, böylece yedi yılın sonunda toplam %50’lik bir talep artışı gerçekleşmiştir. Elektrik üretimine bakıldığında ise 2002’de 129,4 milyar kWh, 2008’de 198,4 milyar kWh, küresel finansal kriz yılı olan 2009’da ise 194,8 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir.³² 2009 yılında elektrik üretimimizin, %48,6’sı ithal doğal gazdan, %28,3’ü kömürden, %18,5’i hidrolikten, %3,4’ü sıvı yakıtlardan ve %1,1’i yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiştir. Türkiye’nin 2009- 2018 yılları arasında yüksek talep olduğunda %4,5–7,5 düşük talep olduğunda ise %4,5–6,7 oranında yıllık elektrik talep artışı olacağı öngörülmektedir (Tablo 2).³³

²⁸ Ediger, *Enerji Yeni Dünya Düzeni ve Türkiye*, s.39.

²⁹ ETKB ve Dış Ticaret Müsteşarlığı

³⁰ Ediger, *Enerji Yeni Dünya Düzeni ve Türkiye*, s.39.

³¹ EPDK, www.epdk.gov.tr

³² Yusuf Yazar, “Türkiye’nin Enerjideki Durumu ve Geleceği”, SETA Analiz, Sayı:31 (Aralık 2010), s.8.

³³ ETKB, <http://www.enerji.gov.tr>

Tablo 2: Türkiye'nin Elektrik Üretim Talebi

| Yıllar | Yüksek Talep | Düşük Talep |
|--------|--------------|-------------|
| 2010 | %4,5 | %4,5 |
| 2011 | %6,5 | %5,5 |
| 2012 | %7,5 | %6,7 |
| 2013 | %7,5 | %6,7 |
| 2014 | %7,5 | %6,7 |
| 2015 | %7,5 | %6,7 |
| 2016 | %7,4 | %6,6 |
| 2017 | %7,4 | %6,6 |
| 2018 | %7,4 | %6,6 |

Kaynak : ETKB

Bu artışa rağmen, dünya elektrik üretiminin %26,7'sini (2008 yılı), ülkemizin ise %47,2'sini (2010 yılı) yüksek oranda ithal edilen fosil kaynaklarından elde etmekte (Tablo 3) , fakat petrol rezervlerinin 2050 yılında, doğalgaz rezervleri ise 2070 yılında tükeneceği tahmin edilmektedir.³⁴

Tablo 3 : Dünyada ve Türkiye'de üretilen elektriğin yakıt kaynaklarına göre dağılımı

| Kaynaklar | Dünya | Türkiye |
|---------------------------|-------------------|----------------|
| Petrol | %5,5 | %1,0 |
| Doğalgaz | %21,3 | %46,2 |
| Kömür | %41,0 | %25,9 |
| Hidro | %15,9 | %24,4 |
| Nükleer | %13,5 | %0,0 |
| Diğer (Yenilenebilir vb.) | %2,8 | %1,9 |
| TOPLAM | 20 181 Milyar kWh | 212 Milyar kWh |

Kaynak : ETKB

Gerek birincil enerji kullanımında, gerekse de elektrik üretiminde ithal hidrokarbonlara olan bağımlılığının yanında Türkiye, küresel iklim değişikliği ve Kyoto Protokolüne ilişkin önemli girişimlerde bulunmuştur. Her ne kadar Türkiye karbon emisyonu salımı yapan ülkeler sıralamasında % 0,9 gibi düşük bir düzeyde listede 23'üncü sırada yer alıyor olsa dahi konuyla ilgili olarak Çin'den sonra en yüksek artış hızına sahip olması

³⁴ TPAO , **Hampetrol ve Doğalgaz Sektör Raporu 2010** , Ağustos , 2011 , s.5.

münasebetiyle ilerleyen yıllarda çeşitli sorunlarla karşı karşıya gelecektir. Fosil yakıt üretimi, tüketimi ve karbondioksit salımı gibi birçok faktörün istatistik yöntemleriyle oluşturulan FFSI (*Fossil Fuel Sustainability Index*) endeksinde Türkiye 55’inci sırada yer almaktadır. Ediger’in belirttiği üzere bu durum Türkiye’nin ithal fosil yakıtlara dayalı güncel enerji politikasının sürdürülebilir olmadığını gözler önüne sermektedir.³⁵

Toparlamak gerekirse, Türkiye’nin, yeni enerji düzeninin kurulma gayretlerinin devam ettiği günümüzde atacağı adımlar bu süreçte nerede yer alacağını tayin edecektir. Bu bakımdan, günümüzde girişilecek enerji yatırımları, ülkenin en az 50–60 yıllık enerji geleceğini yakından etkileyecek, geçiş dönemini ne oradan başarıyla atlatacağının belirleyicisi olacaktır. Çalışmanın amaçları açısından Türkiye’nin sürdürülebilir enerji geleceğinde nükleer enerji politikasının nereye oturduğu tartışılacaktır.

Türkiye’nin Nükleer Enerji Politikası

ETKB, “Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler” isimli raporunda Türkiye’nin nükleer enerji üretme ihtiyacını şu şekilde gerekçelendirmiştir: “Enerjiyi ucuz, kaliteli ve sürdürülebilir olarak elde eden ülkeler, küresel ticaret ve kalkınma yarışında ön sıralarda yer almaktadır. Bu nedenle, ortalama yıllık enerji talep artışı % 7–8 civarında olan ve dünyada elektrik talep artışında 1,4 milyara yakın nüfusu olan Çin’den sonra 75 milyon nüfuslu bir ülke olarak ikinci sırada yer alan ülkemizin mutlak surette nükleer enerjiyi, enerji arz sepetine katması gerekmektedir.”³⁶ Ayrıca raporda, nükleer enerjinin, Türkiye’nin enerji arz güvenliğinin sağlanmasının yanı sıra enerji ithal bağımlılığının ve cari açığının azaltılması bakımından büyük önem taşıdığı belirtilmiştir.³⁷

Bu düşünsel temelden yola çıkan Türkiye, 2023 yılına kadar kurulacak olan üç nükleer santralden elektrik üretme kararı vermiştir. İlk Mersin Akkuyu’da kurulacak olan nükleer santral için Rus devlet şirketi ASE’yle anlaşılmıştır. İkinci santralin ise Sinop’ta kurulması düşünülmektedir. Üçüncü nükleer santralin kurulacağı yer olarak ise Trakya Bölgesi’ndeki İğneada’nın ismi öne çıkmaktadır. ETKB’nin öngörüsüne göre, “2023 yılına kadar Akkuyu ve Sinop Nükleer Santrallerinin işletmeye alınması durumunda, bugünkü kurulu gücümüzün % 20’si nükleer santrallerden üretilen elektrikten oluşacaktır.”³⁸

³⁵ Ediger, *Enerji Yeni Dünya Düzeni ve Türkiye*, s.40-41.

³⁶ **Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler**, Yayın No:1, ETKB, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2012, s.5. Nükleer enerjinin kısa vadede Türkiye’nin elektrik arzına önemli katkısı olacağını ama uzun vadede fiyat olarak uygun olması durumunda yararlanılması gereken bir kaynak olduğuna yönelik analiz için bkz. Erkan Erdoğdu, “Nuclear power in open energy markets: A Case study of Turkey”, *Energy Policy*, Cilt.35, 2007, s.3061-3073. Türkiye’nin ithal enerji bağımlılığının azaltılması için nükleer enerjinin en gelecek vadede çözüm olduğunu tartışan bir başka çalışma için bkz. T. Uslu, “Turkey’s Foreign Dependence on Energy”, *Energy Sources*, Part B: Economics, Planning, and Policy, 2008, 3:2, s.113-120

³⁷ **Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler**, s.6.

³⁸ *Ibid*, s.29.

Türkiye'nin nükleer enerji konusundaki son dönemki girişimini sürdürülebilirlik perspektifinden ele almadan önce ülkenin nükleer serüvenine kısaca değinmek yerinde olacaktır. Ankara'nın daha önce giriştiği üç nükleer santral deneyimi de, Ediger'in tabiriyle, "tam anlamıyla fiyaskoyla" sonuçlanmıştır.³⁹ Bu girişimlerden ilki 1960'lı yıllarda gerçekleştirilmiştir. O dönem Mersin Akkuyu'da 300 megavatlık santral kurulması düşünülmüş ve bununla ilgili olarak Küçükçekmece'de Nükleer Araştırma Reaktörü kurulmuştur. Bu kapsamda ayrıca 1967-74 yılları arasında çeşitli faaliyetlere girişilmiş, fakat bu ilk deneme başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Nükleer santral kurulması yolunda ikinci deneyim 1983 yılında Turgut Özal hükümeti döneminde yaşanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yine Mersin Akkuyu'da bu sefer 600 megavatlık yap-işlet-devret modeliyle bir santral kurulması planlanmıştır. Bu deneme ise 1987'deki Çernobil kazasından dolayı – dünya genelinde olduğu gibi- Türkiye'de de nükleere yönelik olumsuz bir hava yaratmış ve süreç daha ihale aşamasına girilmeden askıya alınmıştır. Üçüncü deneyim 1998 yılında yaşanmış, bu sefer ise gerçekleşen ihalenin ardından 25 Temmuz 2000'de Bakanlık Kurul kararıyla iptal edilmiştir.

İhaleden geri adım atılması sebebini ise dönemin Başbakanı Bülent Ecevit şu sözlerle açıklamıştır: "Nükleer enerjinin planlanandan çok daha pahalı olduğu gerekçesiyle vazgeçilmiştir." Günümüzde, Türkiye dördüncü nükleer deneyimini yaşamaktadır. 2000'li yılların ikinci yarısında nükleer santral kurulması konusu gündeme tekrardan gelmiştir. 2007 yılında nükleer bir kanun geçirilerek, daha sonra ihaleye çıkılması tasarlanmıştır. İlk etapta çıkan Kanun dönemin Cumhurbaşkanı Necdet Sezer tarafından şu sebeplerden ötürü Meclis'e iade edilmiştir: Santrali kuracak şirketin yapısı, denetimi, sorumluluğun tamamen özel sektöre yüklenmesi ve sökülme giderlerinin Hazineye kalması. Cumhurbaşkanı'nın iade gerekçelerinin dikkate alındığı değişikliklerin ardından, Kanun kabul edilmiş, yürürlükteki 5710 sayılı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesiyle Enerji Satışına İlişkin Kanun, 21 Kasım 2007 tarihli ve 26707 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmamıştır.⁴⁰

İlgili Kanun'un sınırlarını çizdiği hukuki çerçevede Türkiye, nükleer santral ihalesine çıkmıştır. Çeşitli düzeltmelerle yaklaşık iki sene süren ihale sürecinin ardından ise son olarak 27 Ağustos 2010'da Ankara ile Moskova arasında Mersin Akkuyu'da bir nükleer güç santralinin tesisine ve işletimine dair anlaşma onaylanmıştır. 6 Ekim 2010 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında Türkiye Cumhuriyeti'ndeki Akkuyu Sahası'nda bir nükleer güç santral tesisine ve işletimine dair anlaşma Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Buna göre yürütücü Rus ASE şirketi Mersin Akkuyu Sahası'nda toplam 4800 MWe kapasiteli dört adet VVER 1200/491 tipi (AES-2006 tasarımı) nükleer güç reaktöründen oluşan bir nükleer güç tesisini başlangıçta tamamen Rus sermayesiyle kuracak ve işletecektir. İlk reaktörün 2018'de devreye alınması planlanmakta olan projenin toplam maliyeti yaklaşık 20 milyar

³⁹ Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Nükleer Enerji Paneli, s.9.

⁴⁰ Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Nükleer Enerji Paneli, s.9-10. Ayrıca bkz., Hamit Palabıyık, Hikmet Yavaş ve Murat Aydın, **Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul**, Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kurumu: Ankara, 2010, ss. 105-120.

Amerikan doları düzeyindedir. Proje yap-işlet modeli üzerine kurulmuştur ve nükleer güç tesisinin sahibi Rus ortak tarafından kurulacak olan bir proje şirkettir. İnşa edilecek olan reaktör bir üçüncü nesil basınçlı su reaktörü olup, ömrü 60 yıl olarak belirlenmiştir.⁴¹

Çalışmanın amaçları açısından bu noktada sorulması gereken soru şu olacaktır: Rus firmasının Akkuyu’da yapacağı santral ne oranda Türkiye’nin sürdürülebilir enerji geleceğine hizmet etmektedir? Bu soruya verilecek olan cevabı – birbirini dışlamamakla beraber - üç alt başlık çerçevesinde toplamak uygun olacaktır: Çevre, Sosyal ve Ekonomik.

Çevre

Hacettepe Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü’nden Yrd. Doç. Dr. Şule Ergün, 2017 yılına ait Referans Senaryo ve Nükleer Senaryo analizlerine dayanarak Türkiye elektrik piyasasına nükleer santrallerin eklenmesi durumunda çevreye ilişkin şu tip etkilerin olacağı sonucuna varmıştır:

- Nükleer santrallerin eklenmesi ve bunların baz yük olması nedeniyle Türkiye’deki yerli kaynakların [kömür ve yenilenebilir enerji kaynakları] tüketiminin azalmasına sebebiyet vereceğini belirtmiştir.
- Karbon emisyon salım değerlerinin düşmesi.
- Yakıt çeşitliliğinin artması sonucunda doğalgaza olan talebin düşmesi⁴².

Ergün’ün değerlendirmesinden yola çıkacak olursak, çevresel açıdan nükleer enerjinin hem avantajlı hem de dezavantajlı yönlerinin olduğunu söylemek mümkün olacaktır. Hidrokarbonlara olan bağımlılığın azalıp – özellikle yerli kömür -, Türkiye’nin karbon emisyonlarını düşürecek olmasından ötürü çevresel etkilerinin olumlu olacağı söylenebilir. Nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının birbirine rakip olduğu varsayımıyla Ergün, nükleer enerjiden elektrik üretiminin yenilenebilir enerji kaynak geliştirilmesinin önünü tıkayacağını öngörmektedir. Bu durum ise hiç şüphesiz çevresel olarak olumsuz bir gelişme olacaktır. Hâlbuki yeni fikirler ve teknolojiler nükleer ve yenilenebilir kaynakların birbirilerinin tamamlayıcısı olabileceklerini ortaya koymaktadır. Mesela, artık yenilik nükleer-yenilenebilir bütünleşmiş akıllı enerji sistemleri vasıtasıyla hidrojen üretilebilmekte, elektrik tüketimi zirve yaptığında ise depolanmış olan hidrojen elektriğe dönüştürülüp şebekeye arz edilebilmektedir.⁴³

⁴¹ Bilge Özgener, “ Türkiye’nin Nükleer ‘açılımı’ ”, *Cumhuriyet Enerji Dergisi* , 5 Nisan 2011 , s.13.

⁴² Şule Ergün, “ Nükleer santraller ve Türkiye’de 5000 Mwe kurulu gücünde bir nükleer santral yapılmasının Türkiye elektrik piyasasına etkilerinin incelenmesi ”, *Avrupa’da Türkiye: Türkiye ve Avrupa Birliği’inde enerji güvenliği Nükleer enerji – Türkiye için seçenek mi?* , Heinrich Böll Stiftung Demeği Türkiye Temsilciliği, İstanbul, Eylül 2011, ss. 56–57.

⁴³ C.W Forsberg, “Sustainability by combining nuclear, fossil, and renewable energy sources *Progress in Nuclear Energy*”, 51(1), 2009, ss.192-200.

Sosyal

Green Peace Mediterranean'ın " Nükleer Enerji: Sürdürülebilir kalkınmanın önünde bir tehdit" isimli raporu nükleer enerji planlarının sadece yenilebilir enerji geliştirilmesine değil aynı zamanda ilgili bölgenin sosyo-ekonomisini/toplumsal yapısını ne yönde şekillendirdiğini gözler önüne sermektedir. Rapor, tarihsel bir perspektifle, nükleer santral yapılması planlanan ve bu yüzden her türlü turizm/tarım desteğinden mahrum kalan Büyükeceli (Akkuyu) ve Sinop ile rüzgâr enerjisine yatırım yapılmasıyla paralel olarak organik tarım/turizm cennetlerine dönüşen Bozcaada ve Alaçatı'nın (Çeşme) sosyo-ekonomik evrimleri karşılaştırılmaktadır. Çalışmanın sonucunda ise şu noktaya varılmaktadır: Bozcaada ve Çeşme'nin aksine Sinop ve Büyükeceli'de iklim ve topraklarının uygunluğunun yanında turizm potansiyeline rağmen özel yatırımcılar veya devlet tarafından organik tarım ve turizm için hiçbir girişimde bulunulmamıştır. Bunun nedenlerinin başında nükleer enerji ile anılan bölgelerin gelecekleri konusundaki belirsizlik ve nükleer tehlike altındaki topraklarda yapılacak tarımın ekonomik değerinin düşeceği ve turistler için çekim merkezi olmayacağı düşüncesi yatmaktadır.⁴⁴

Bu bölgelerin yatırım çekmemesi radyasyon riskinden ziyade siyasi içeriklidir. Kamuoyunda yanlış anlaşılan konuların başında nükleer santrallerin normal çalışma süreçleri içerisinde yaydıkları radyasyon miktarı gelmektedir. Bu konuyu aydınlatmak için bazı kıyaslamalar yapmak faydalı olacaktır. Dünya ortalaması alındığında, bir insanın maruz kaldığı tamamen doğal kaynaklı çevresel radyasyon miktarı 2.4 mSv civarındadır. Buna karşın bir nükleer santrale 80 km.'den daha yakın mesafede yaşayan bir insanın bir yılda alacağı ek radyasyon miktarı bu miktarın sadece 24.000'de birine karşılık gelen 0.0001 mSv'den daha azdır. Üstelik bu rakam, bir insanın aynı süre içinde kömür yakıtlı bir termik santralden alacağı radyasyon miktarının da üçte biri kadardır. Bu sebeple, nükleer santrallerin bir nükleer kaza olmadıkça tarım veya turizm üzerine kayda değer negatif bir etkisi söz konusu değildir. Tüm ülke çapında yayılmış 58 nükleer reaktörü ile dünyanın nükleer enerjiye en çok bağımlı ülkesi olan Fransa örneğinde, kaliteli tarım ürünleri ve yüksek rağbet gören turistik yöreleri açısından, bir kaza olmadıkça nükleer santrallerin varlığının bir kaygı sebebi olmadığını rahatlıkla söyleyebiliriz.⁴⁵

Türkiye gibi deprem riski altında bulunan ülkeler için nükleer santrallerin depremlere karşı güvenilirliği konusu ayrı bir öneme sahiptir. Tüm dünya üzerinde nükleer santrallerin beşte birinin deprem bölgelerinde bulunduğu tahmin edilmektedir. Nükleer santrallerin depremlere karşı direncini niceleme açısından birkaç unsuru ele almakta fayda olacaktır. Öncelikle, bir depremin yıkıcı etkisi, Richter ölçeği ile ifade edilen enerjisinden ziyade, yüzeyde oluşturduğu salınımların şiddetine bağlıdır. Bu sebeple, binaların depreme

⁴⁴ Greenpeace, **Nükleer Enerji: Sürdürülebilir kalkınmanın önünde bir tehdit**, 28.04.2010, <http://www.greenpeace.org/turkey/Global/turkey/report/2010/4/nukleer-enerji-skobt.pdf> (27.01.2012).

⁴⁵ World Nuclear Association, "Nuclear radiation and health effects", Kasım 2011, <http://www.world-nuclear.org/info/inf05.html> (31.01.2012).

dayanıklılıkları genelde Gal birimi cinsinden ölçülen tepe salınım şiddetine olan dirençleri ile nicelendirilir. Bu birim belli bir coğrafi lokasyonda cereyan eden tepe salınımlarının şiddetini saniye kare başına santimetre cinsinden ölçen bir birimdir. Yüzeysel salınımlarının şiddetini belirleyen ana faktörler depremin şiddeti, deprem odağının santrale olan uzaklığı ve santral yöresindeki zemin yapısıdır. Nükleer santrallerin depreme dayanıklılık parametrelerinin saptanmasında santral bölgesinden 150-200 km. mesafeye kadar uzanan bir alanda uluslararası standartlarla belirlenmiş jeolojik, sismik ve jeoteknik etütler ve bunlarla ilgili deprem risk analiz hesapları yapılması esas alınmaktadır. Yüzeysel salınım seviyelerini ve yörede olası deprem olasılıklarını hesaba katan bu risk analizlerinde kabul görmüş kıstas, santralin 10.000 yılda bir gerçekleşebilecek şiddetteki depremlere karşı dayanıklı olmasıdır.⁴⁶ Türkiye’nin deprem risk analizlerinde en uygun yöreler arasında bulunan Sinop ve Akkuyu’da kurulması beklenen santraller sırasıyla 300 ve 245 Gal tepe salınım şiddetindeki ciddi depremlerde dahi önemli bir sorun olmadan devre dışı kalabilecek şekilde tasarlanmışlardır.⁴⁷

Ekonomik

Türkiye, eğer dünya pazarlarıyla rekabet edebilen, büyüeyebilen [daha da önemlisi kalkınan] bir ülke olmak niyetindeyse enerjisini ucuza elde etmek zorundadır. Ucuz enerji elde etmenin yolu ise bugün % 90 fosil yakıtlara bağımlı olan enerji sektörünü çeşitlendirmekten geçmektedir. Bu düşünceyle, Türkiye, nükleer enerjiye evet diyerek yola koyulmuştur.⁴⁸

Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ), ilk iki ünitenin üreteceği enerjinin %70’ini, üçüncü ve dördüncü ünitenin üreteceği enerjinin %30’unu, 15 yıllık bir satın alma anlaşması süresince, KDV hariç 12,35 ABD senti/ kWh ortalama fiyattan satın almayı garanti etmiştir. Peki, dünyada kilovat saati 5.4-7.4 ABD centi (yukarıda bahsedildiği gibi 2009 verilerine göre bu miktar ABD özelinde 2 cente kadar düşmektedir) düzeyinde olan nükleer enerji üretim maliyetleriyle karşılaştırmalı bir analiz yapıldığında (Tablo 4), 12,35 ABD sentlik maliyet Türkiye açısından ne oranda avantajlıdır? Bu soruya dengeli bir yanıt verebilmek adına karşıt görüşlere değinmek yerinde olacaktır.

⁴⁶ Bkz. Şener Tiniç Kızıldoğan , “Earthquake Safety of Nuclear Power Plants and Nuclear Waste Intermediate Storage Facilities” , http://www.zlg.ethz.ch/downloads/publ/publ_B115/Tinic.pdf (31.01.2012).

⁴⁷ World Nuclear Association , “ Nuclear Power Plants and Earthquakes” , Ocak 2012 , <http://www.world-nuclear.org/info/inf18.html> (31.02.2012) ; Sang-Seob Lee, Sung-Hwan Kim ve Kune-Yull Suh , “The Design features of the advanced power reactor 1400 ” Nuclear Engineering and Technology” , Cilt.41 No.8 Ekim 2009 , s. 995-1004 ; Rosatom, **Design AES-2006 Concepts Solutions by the example of Leningrad NPP-2, 2011** , http://www.rosatom.ru/wps/wcm/connect/spb_aep/site/resources/f3b59380478326aaa785ef9e1277e356/AES-2006_2011_EN_site.pdf

⁴⁸ Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Nükleer Enerji Paneli, s.34.

Tablo 4: Birim elektrik üretim maliyetleri, ABD senti/Kilovatsaat.

| | MIT ¹ | Fransa ² | İngiltere ³ | Chicago ⁴ | Kanada ⁵ | AB ⁶ |
|-----------------|------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Nükleer | 4.2 | 3.7 | 4.6 | 4.2 - 4.6 | 5.0 | 5.4 - 7.4 |
| Kömür | 4.2 | - | 5.2 | 3.5 - 4.1 | 4.5 | 4.7 - 6.1 |
| Doğal gaz | 5.8 | 5.8, 10.1 | 5.9, 9.8 | 5.5 - 7.0 | 7.2 | 4.6 - 6.1 |
| Rüzgar, karada | - | - | 7.4 | - | - | 4.7 - 14.8 |
| Rüzgar, denizde | - | - | 11.0 | - | - | 8.2 - 20.2 |

1. MIT, The Future of Nuclear Power, 2003.
2. French Energy Secretariat, 2003.
3. Royal Academy of Engineering, The costs of generating electricity, 2004.
4. University of Chicago, The Economic Future of Nuclear Power, August 2004.
5. Canadian Energy Research Institute, Levelised Unit Electricity Cost Comparison, Ontario, August 2004.
6. EC Energy policy papers, January 2007.

Kaynak: “Nükleer Enerji Gerekli mi ?” *Cumhuriyet Enerji Dergisi* Sayı 3, 25.03.2008, s.13

Enerji uzmanı Arif Künay’ın iddiasına göre, Rusya’yla yapılan doğal gaz anlaşmasından sonra, 12,35 cent ile Türkiye, dünyanın en pahalı nükleer elektriğini kullanan tek ülke olma unvanını da ele geçirmiş olacaktır. Künay ayrıca şu soruyu da yöneltmektedir: Dünyada kilovat saati en fazla 6–7 cent civarında olan fiyat, neden ülkemizde yaklaşık iki katıdır? Kendisinin kaba hesabına göre 15 yıllık alım garantisi süresince yarısı kamu, yarısı da özel sektörden olmak üzere toplam Rusya’ya ödenecek elektrik faturası 71 milyar Amerikan doları olacak, 60 yıllık uzatmalarla beraber rakam 285 milyar Amerikan dolarını bulacaktır. Bunlara ilave olarak ise santral maliyeti ve dolayısıyla elektrik maliyetinin Türkiye için çok pahalı olduğunu belirtmektedir. Hatta nükleer enerji anlaşmasının– doğal gaz, ithal kömür anlaşmalarının yanında– Türkiye’deki enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji çalışmalarının son derece yavaş ilerlemesine neden olduğunu iddia etmektedir. Ankara’nın önceliğini enerji verimliliğine yönlendirmesi durumunda, Rusya’ya verilecek olan 71 milyar doların yalnızca yüzde 10’luk miktarıyla, yılda en az 10 milyar dolar enerji tasarrufu-verimliliğinin sağlanabileceğini ön görmektedir.⁴⁹

Künay’ın nükleer anlaşmanın ekonomik olarak dezavantajlı oluşuna yönelik değerlendirmelerinin aksine, Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç.Dr. Gürkan Kumbaroğlu ise – belli şartların sağlanması durumunda – Rusya’yla yapılan anlaşmanın Türkiye için ekonomik olarak avantajlı olduğunu savunmaktadır. Kumbaroğlu, geçmişten günümüze hayata geçirilen santrallere dayanarak, dünya genelinde nükleer enerji üretim maliyetine ilişkin uluslararası veriler ışığında

⁴⁹ Arif Künay, “Nükleer yanlışlıktan vazgeçelim... enerjimizi ve geleceğimizi Rusya’ya teslim etmeyelim”, **Avrupa’da Türkiye: Türkiye ve Avrupa Birliği’nde enerji güvenliği Nükleer enerji – Türkiye için seçenek mi?**, Heinrich Böll Stiftung Derneği Türkiye Temsilciliği, İstanbul, Eylül 2011, ss. 73–75.

yapmış olduğu değerlendirilme sonrası şu sonuca ulaşmıştır: “ Nominal değer olarak KDV hariç 12,35 ABD senti/kWh’lik ortalama alım fiyatının; seviyelendirilmiş üretim maliyetleri, elektrik fiyatlarının zaman içerisinde gösterdiği değişim, söz konusu olan uzun vadeli (tüm mali riskin proje şirketi tarafından üstlenildiği) ‘Yap-İşlet’ yatırım modeli değerlendirildiğinde Türkiye için *ekonomik açıdan avantajlı olduğu* görülmektedir.”⁵⁰ [vurgu eklendi] Bu ekonomik avantajın mümkün olabilmesini ise şu şartlara bağlıdır: “Türkiye’nin uzun vadeli resmi enerji stratejisinde öngörüldüğü üzere nükleer enerji alanında bir geleceği söz konusu olacaksa, sızıntı ve ciddi nükleer kaza olasılıkları bertaraf edildiği, atık yönetimi herhangi bir endişeye mahal vermediği ve gerekli düzenleyici ve kontrol edici mekanizmalar başarıyla yürürlüğe konduğu müddetçe anlaşma ekonomik açıdan *iyi bir başlangıç noktası* olarak görünmektedir.”⁵¹

Konuya ekonominin çarklarının dönmesini sağlayan enerjinin devamlılığı açısından yaklaşıldığında ise yukarıda bahsedildiği üzere ETKB, nükleer enerjiyi, enerji arz sepetinde katması gerekliliğini enerji arz güvenliği ve ithal kaynaklara bağımlılığın azaltılacak olmasıyla açıklamaktadır. Hâlbuki fosil kaynaklarda zaten yüksek oranda bağımlı olunan Rusya’ya nükleer santral ihalesinin verilmesi, birçokları tarafından şüpheyle yaklaşmıştır. Türkiye’nin Rusya ile yaptığı nükleer santral anlaşmasının akla getirdiği bir diğer konu enerji açısından dışa bağımlılığın artıp artmayacağıdır. Hesaplara göre, Akkuyu santralının devreye girmesiyle doğalgazda yıllık yaklaşık 8 milyar metreküplük bir tasarrufa gidilecektir. Bunun sonucunda, doğalgazı büyük ölçüde Rusya’dan ithal eden Türkiye için enerjide Rusya’ya bağımlılığın ne ölçüde değişeceği, santralin işletiminde ve yakıt olarak kullanılacak uranyumun tedarikinde Rusya ile yapılan anlaşmanın detaylarına bağlıdır. Başlangıçta her ne kadar yakıtın Rusya’dan alınması öngörülmekte ise de, anlaşmada böyle bir bağlayıcı unsur bulunmamaktadır. Anlaşmada, zaman içerisinde yakıtın Türkiye’de üretilmesine olanak tanıyan bir maddesi de bulunmaktadır.⁵² Bununla birlikte, projeyi üstlenen Rus devlet firmasının, santralin yapılmasını, işletilmesini ve sahipliğini üstlenecek firmada, uzun vadede en az % 51 hisseye sahip olmak niyetinde olduğu da değerlendirilmelidir.⁵³

Türkiye’nin nükleer enerjide dışa bağımlılığında nihai kıstas sahip olunan rezervler olacaktır. OECD Nükleer Enerji Ajansı ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından hazırlanan 2007 yılı “Uranium Resources, Production and Demand” kaynağına göre, Türkiye’nin 7400 tU civarında kayda değer bir işlenebilir uranyum rezervi bulunmaktadır. Bu bakımdan Türkiye’nin uzun vadede ithal uranyum bağımlılığının sınırlı olacağı söylenebilir.

⁵⁰ Gürkan Kumboğlu , “ Türkiye Açısından Nükleer Enerji Ekonomisi” içinde Sinan Ülgen (ed.), **Nükleer Enerji Geçişte Türkiye Modeli**, EDAM: İstanbul, Ekim 2011, s. 103.

⁵¹ *Ibid*,s.105.

⁵² ETKB , **Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler**, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Yayın No: 1 , s.43-53.

⁵³ World Nuclear Association, “ Nuclear Power in Turkey”, Aralık 2011, http://www.world-nuclear.org/info/inf128-nuclear_power_in_turkey.html (31.01.2012).

Sonuç

Nükleer enerji politikasının – aynı Büyük Hidro Elektrik Santral yatırımlarında olduğu gibi - bir ülkede başarıyla yürütülmesinin en temel dayanağı siyasi iradenin nükleer enerji konusunda toplumla samimi uzlaşısı içerisinde olup ilgili tartışmaları teknik konular olmanın ötesine taşımalarından geçmektedir. Bir diğer ifadeyle ilgili bölgeden yükselen eleştirileri ve kaygıları gözeterek teknik konularla sosyal içeriğin birleştirilip toplumsal sosyal kabulün sağlanması⁵⁴ ve böylece daha etkin ve katılımcı süreçlerin oluşturulması gerekmektedir. Bu bakımdan Türkiye'nin uygun yasal çerçeve oturtulmuş ve yerel sanayi katılımını gözetilen sürdürülebilir bir iktisadi kalkınma planı ışığında kapsamlı bir nükleer enerji planı oluşturması gerekmektedir; ancak bu şartlar yerine getirilirse ülkenin nükleerden sürdürülebilir bir enerji olarak fayda elde etmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akyazı, P.E., et.al., “Citizens’ preferences on nuclear and renewable energy sources: Evidence from Turkey”, *Energy Policy*, 47, 2012, ss.309-320.
- Ateş, Zafer, “Küresel Enerji Sisteminde Köklü Dönüşüm İhtiyacı”, *Uluslararası Ekonomik Sorunlar*, Yıl:11, Ağustos 2011, s.43-70.
- Bilgin, Mert, “New Energy Order and Fast Principles: premises of equitable and sustainable energy security in the 21st century”, *Int. J. Global Energy Issues*, Cilt. 33, No. 1/2, 2010, s. 4-21.
- Desai, M., *Greening of the HDI*, Background Paper for Human Development, UNDP, New York, 1994.
- Dış Ticaret Müsteşarlığı, www.dtm.gov.tr
- Ediger, V.Ş. & Ö.Huvaz, “Examining the sectoral energy use in Turkish economy (1980-2000) with the help of decomposition analysis”, *Energy Conversion and Management*, 47(6), 2006, s.732-745.
- Ediger, V.Ş., “Türkiye’nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi”, TÜBA Günce, 39, 2009.
- Ediger, V.Ş., **Enerji Yeni Dünya Düzeni ve Türkiye**, Türkiye Bilimler Akademisi ,

⁵⁴ Nükleer santral yapılması planlanan bölgelerdeki 2422 kişiyle yüz yüze görüşülerek yapılmış olan bilimsel bir anket çalışmasının sonuçlarına göre deneklerin % 62,5 nükleere tamamen karşı çıkma, sadece % 7,2’lik kısmı nükleeri desteklemektedir. Bu karşıtlıktaki nedenler arasında çevresel risk unsurları öne çıkmaktadır. İlgili anket çalışması için bkz; P.E.Akyazı, et.al., “Citizens’ preferences on nuclear and renewable energy sources : Evidence from Turkey”, *Energy Policy* 47, 2012, ss.309-320. Ayrıca bakınız, Hamit Palabıyık,et.al, **Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul** , Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kurumu: Ankara, 2010.

Akademik Forum, No: 67, 2011.

– Erdoğan, Erkan, “ Nuclear power in open energy markets : A Case study of Turkey”, *Energy Policy*, Cilt.35, 2007, s.3061-3073.

– Ergün, Şule, “ Nükleer santraller ve Türkiye’de 5000 Mwe kurulu gücünde bir nükleer santral yapılmasının Türkiye elektrik piyasasına etkilerinin incelenmesi”, **Avrupa’da Türkiy : Türkiye ve Avrupa Birliği’inde enerji güvenliği Nükleer enerji – Türkiye için seçenek mi?**, Heinrich Böll Stiftung Derneği Türkiye Temsilciliği , İstanbul , Eylül 2011.

– Forsberg,C.W, “Sustainability by combining nuclear, fossil, and renewable energy sources Progress in Nuclear Energy”, 51(1), 2009, ss.192-200.

– ETKB, <http://www.enerji.gov.tr>

– ETKB, **Stratejik Plan : 2010-2014**, Nisan 2010.

– ETKB, **Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler** , Yayın No:1 , Enerji İşleri Genel Müdürlüğü , 2012.

– EPDK , <http://www.epdk.gov.tr>

– Greenpeace, **Nükleer Enerji: Sürdürülebilir kalkınmanın önünde bir tehdit**, 28.04.2010,<http://www.greenpeace.org/turkey/Global/turkey/report/2010/4/nukleer-enerji-skobt.pdf> (27.01.2012).

– Kessides, Ioannis N., “Nuclear power: Understanding the economic risks and uncertainties”, *Energy Policy*, Cilt.38, 2010, s.3849-3864.

– Kızıldoğan, Şener Tiniç, “Earthquake Safety of Nuclear Power Plants and Nuclear Waste Intermediate Storage Facilities”, http://www.zlg.ethz.ch/downloads/publ/publ_B115/Tinic.pdf (31.01.2012).

– Künay, Arif, “ Nükleer yanlışıktan vazgeçelim...enerjimizi ve geleceğimizi Rusya’ya teslim etmeyelim”, **Avrupa’da Türkiye: Türkiye ve Avrupa Birliği’inde enerji güvenliği Nükleer enerji – Türkiye için seçenek mi ?**, Heinrich Böll Stiftung Derneği Türkiye Temsilciliği, İstanbul, Eylül 2011.

– MacKerron, Gordon, “ The Economics of Nuclear Power after Fukushima”, **Oxford Energy Forum**, Ağustos, 2011.

– Neumayer, E., “ The Human Development Index and sustainability – A Constructive Proposal”, *Ecological Economics*, Ekim 2001, s.101-114.

– Oksay, Serhan ve Emre İşeri, “A new Energy Paradigm for Turkey: A political risk-inclusive cost analysis for sustainable energy”, *Energy Policy*, 39, 2011, ss. 2386-2395.

– International Energy Agency, **Energy Technology Perspective 2010**, 2011, <http://www.iea.org/techno/etp/etp10/English.pdf> (26.01.2012).

– ITER, <http://www.iter.org/>

- Rosatom, **Design AES-2006 Concepts Solutions by the example of Leningrad NPP-2**, 2011, http://www.rosatom.ru/wps/wcm/connect/spb_aep/site/resources/f3b59380478326aaa785ef9e1277e356/AES-2006_2011_EN_site.pdf (31.01.2012).
- Sözen, Ahmet, “ Future Projection of the energy dependency of Turkey using artificial neural network”, *Energy Policy*, 37 (2009), s. 4827–4833.
- **Our Common Future**, Report of the World Commission on Environment and Development, UN, 1987, <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm#1.2> (25.12.2011).
- Özgener, Bilge, “ Türkiye’nin Nükleer ‘açılımı’”, *Cumhuriyet*, Enerji eki, 5 Nisan 2011.
- Palabıyık, Hamit, Hikmet Yavaş ve Murat Aydın, **Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul**, Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kurumu: Ankara, 2010.
- Uslu, T., “ Turkey’s Foreign Dependence on Energy”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2008, 3:2, s.113-120.
- Saygın, Hasan, “ Sürdürülebilir Enerji Politikalarında Nükleer Enerjinin Yeri ve Türkiye”, Türkiye Tekstil Sanayi İşverenleri Sendikası, Konferans, 31 Ağustos 2006, http://eppamtr.weebly.com/uploads/5/6/2/5/5625734/surdurulebilir_enerji_politikalarinda_nukleer_enerjinin_yeri_ve_turkiye.pdf (25.01.2012).
- Tester, Jefferson W., et.al, **Sustainable Energy: Choosing Among Options**, MIT Press: MA, 2005.
- TPAO, **Hampetrol ve Doğalgaz Sektör Raporu 2010**, Ağustos, 2011.
- Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Nükleer Enerji Paneli.
- World Nuclear Association, “Policy Responses to the Fukushima Accident”, 31.03.2011, http://www.world-nuclear.org/briefings/policy_responses_fukushima_accident.html (28.01.2012).
- World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html> (27.12.2011).
- World Nuclear Association, “Nuclear radiation and health effects”, Kasım 2011, <http://www.world-nuclear.org/info/inf05.html> (31.01.2012).
- World Nuclear Association, “ Nuclear Power in Turkey”, Aralık 2011, http://www.world-nuclear.org/info/inf128-nuclear_power_in_turkey.html (31.01.2012).
- Yazar, Yusuf, “Türkiye’nin Enerjideki Durumu ve Geleceği”, SETA Analiz, Sayı:31, Aralık 2010.
- “ Nükleer Enerji Gerekli mi ?” *Cumhuriyet Enerji Dergisi* Sayı.3, 25.03.2008.