



Munich Personal RePEc Archive

# **Factors that Affect the Decision of Having Nuclear Energy and Predictions for Turkey**

Bülent, Köksal and Abdülkadir, Civan

Fatih University - Department of Economics

2009

Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/30513/>

MPRA Paper No. 30513, posted 07 Oct 2013 13:23 UTC

# Nükleer Enerji Sahibi Olma Kararını Etkileyen Faktörler ve Türkiye için Tahminler

Bülent KÖKSAL\*

Abdülkadir CİVAN\*\*

## ÖZET

Bu çalışmada, 67 ülkenin 1980–2005 yılları arasında aldıkları nükleer enerjiye sahip olma kararları ve nükleer santral kurulma durumunda nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki payını etkileyen ekonomik, politik, sosyal ve coğrafi faktörler analiz edilmiştir. Örneklemin seçicilik problemleri olması dikkate alınarak yapılan ekonometrik analiz sonucunda kişi başı reel milli gelir seviyesi ile nükleer enerjiye sahip olma olasılığı arasında pozitif bir ilişki olduğu, ama bu ilişkinin gelir seviyesi arttıkça zayıfladığı bulunmuştur. Nükleer enerjiye sahip olma ihtimali başlangıçta gelir seviyesi ile artmakta, gelir seviyesi \$31800'ı geçtikten sonra ise gelir seviyesindeki artışlar nükleer enerji sahibi olma ihtimalini düşürmektedir. Modelde elde edilen parametre tahminleri kullanılarak yapılan hesaplamalarda Türkiye'nin nükleer enerjiye geçme ihtimalinin 1990'lardan itibaren düzenli olarak artarak 2005 sonunda %45-%46 civarına geldiği, TÜİK'in AB ulusal hesap sistemi ESA 95'e uyum için milli gelir hesaplamalarında yaptığı değişiklik sonucu elde edilen değerler kullanılarak yapılan tahminlere göre ise bu rakamların %60'a ulaştığı görülmektedir. Son olarak tahminler, Türkiye'nin bugün nükleer enerji santraline sahip olması durumunda üreteceği nükleer enerjinin, toplam enerjisinin yaklaşık %14 ila %16'sına karşılık geleceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Nükleer Enerji, Alternatif Enerji, Enerji Güvenliği, Türkiye.

---

\* Yrd.Doç.Dr., Fatih Üniversitesi, İİBF, Ekonomi Bölümü, İstanbul. [bkoksal@fatih.edu.tr](mailto:bkoksal@fatih.edu.tr)

\*\* Yrd.Doç.Dr., Fatih Üniversitesi, İİBF, Ekonomi Bölümü, İstanbul. [kcivan@fatih.edu.tr](mailto:kcivan@fatih.edu.tr)

## **ABSTRACT**

Using data for 67 countries for the period 1980-2005, we analyze to what extent do the decisions of having nuclear power and the share of nuclear energy in total energy use depend on economic, politic, social and geographic factors. Our econometric model that takes the selectivity problems of the sample into consideration reveals a positive relationship between per capita real income and the probability of selecting to have nuclear power. This relationship, however, weakens as the *level* of income further increases. Probability of selecting nuclear energy initially rises with income, but when the income increases beyond \$31800, it starts to decline. We also find that, the probability of opting for nuclear power continuously increases for Turkey starting from 1990s and becomes approximately %45-%46 by 2007. When we use the new GDP series of Turkish Statistical Institute in our estimations, the estimated probability of selection of nuclear energy for Turkey increases to approximately %60. Finally, we find that if Turkey had a nuclear power generator today, the share of nuclear energy in total energy would be approximately %14-%16.

**Keywords:** Nuclear Energy, Alternative Energy, Energy Security, Turkey.

## Giriş

Son yıllardaki hızlı ekonomik büyümeyle birlikte dünya enerji ihtiyacı çok hızlı bir şekilde yükselmektedir. Her ne kadar gelişmiş ülkelerin ekonomik büyümesi enerji talebine aynen yansımaya da gelişmekte olan ülkelerdeki enerji talebi çok hızlı bir şekilde artmaktadır. British Royal Society ve Royal Academy of Engineering'in 1999'da hazırladıkları bir rapora göre gelecek 50 yılda enerji tüketiminin 2 katına, gelecek 100 yılda ise 5 katına çıkması beklenmektedir. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeyle birlikte enerji tüketimi de artmaktadır.<sup>1</sup> Yine aynı rapora göre 2050 yılında dünya kişi başına düşen enerji tüketimi bugünkü ABD'deki kişi başı tüketimin üçte birine ulaşırsa, tüm tasarruf tedbirlerine rağmen enerji üretiminin en azından günümüzdeki seviyesinin 3 katına çıkması gerekmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın World Energy Outlook 2006 raporuna göre 2030 yılına kadar enerji talebinin senelik %1.6 oranında artması öngörülmektedir.<sup>2</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre ise Türkiye'nin yıllık enerji talep artış hızının %6 olması beklenmektedir. Günümüzde Türkiye'deki enerji üretiminin, tüketimin ancak %75'ini karşıladığı da göz önüne alındığında bu konuda önemli yatırımlar yapılması gerektiği daha iyi anlaşılabilir.<sup>3</sup>

Gerek cari açığı artırması gerek arz güvenliğini tehlikeye düşürmesi yönünden oldukça stratejik bir faktör olan enerjideki dışa bağımlılık, ekonomik ve politik yönden ülkeyi zayıflatmaktadır. Doğal olarak bu handikaptan kurtulmak isteyen politika yapıcılar enerji yatırımlarına özel önem vermektedir. Bu yüzden ülkenin tüm potansiyel kaynaklarının harekete geçirilmesine ihtiyaç vardır. Halihazırda Türkiye toplam enerjisinin %33'ünü petrolden %28'ini doğal gazdan, %28'ini kömürden, %4'ünü su kaynaklarından, %1.5'ünü jeotermal kaynaklardan, geri kalanını ise rüzgar ve güneş kaynaklarından elde etmektedir.<sup>4</sup> Her ne kadar bu alanlarda yeni yatırımlar yapılırsa da birçoklarına göre nükleer enerji alternatifini kullanmadan ülkenin enerji bağımlılığının azalması mümkün değildir. Dünya ülkeleri ortalama elektrik üretimlerinin %15'ini

<sup>1</sup> Türkiye'de enerji göstergeleri ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki olması ile ilgili bkz., M. Tarık Çakır et al., "Türkiye'nin Sosyo-Ekonomik Göstergeleri ile Enerji Göstergeleri Arasındaki İlişkinin Çok Değişkenli Veri Analizi ile İrdelenmesi", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 27-56. Gelişmiş ülkelerde ise ekonomik aktivitelerin hizmet sektörü ve bilgi teknolojileri gibi daha az enerji yoğun alanlara kaydığını dolayısıyla ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki bağı zayıfladığını gözlemlemekteyiz.

<sup>2</sup> International Energy Agency, "World Energy Outlook 2006", <http://www.worldenergyoutlook.org/2006.asp> (Erişim tarihi 4 Şubat 2009).

<sup>3</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı web sitesi, Enerji sayfası:

<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=11&hn=12&nm=384&id=384> (Erişim tarihi 4 Şubat 2009).

<sup>4</sup> 2006 Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre toplam birincil enerji arzı (TPES: Total Primary Energy Supply). [http://www.iea.org/Textbase/stats/balancetable.asp?COUNTRY\\_CODE=TR](http://www.iea.org/Textbase/stats/balancetable.asp?COUNTRY_CODE=TR) (Erişim tarihi 6 Ağustos 2009).

nükleer kaynaklardan elde ederken bu oran Fransa'da %79'lara kadar çıkabilmektedir.<sup>5</sup> Doğal olarak Türkiye de uzun yıllardan beri nükleer enerji alternatifleriyle ciddi olarak ilgilenmiş ve birkaç kez bu konuda somut adımlar atmıştır. Ancak siyasi ve ekonomik nedenlerden dolayı günümüze kadar herhangi bir nükleer enerji santralının kurulması mümkün olmamıştır. Son yıllarda nükleer enerjiye olan ilgideki genel artışın yanında, nükleer enerjinin bazı yönlerden çevre dostu olması, enerjideki dışa bağımlılığın tahammül edilemez seviyelere çıkması ve cari açığı hızlı yükseliş, nükleer enerji alternatifinin kamuoyunda ve politika yapıcı çevrelerde daha ciddi bir şekilde gündeme gelmesini sağlamıştır.<sup>6</sup>

Nükleer enerji ile ilgili tartışmada problemin ekonomik, sosyal ve politik yönlerine bakmak gerekmektedir. Nükleer santrallerin ekonomik performansı, operasyonları sırasında çevreye verecekleri potansiyel zarar, nükleer atık depolama problemleri, terörist faaliyetlere ve kazalara karşı güvenliklerinin sağlanması ve nükleer silaha yönelik bir basamak olması endişesiyle yurt içi ve yurt dışı kaygılar sıklıkla dile getirilen problemlerdendir. Buna karşın enerji arzında çeşitliliğe ve dolayısıyla arz güvenliğine katkısı, fosil yakıtlara göre sera gazı salmaması, küresel ısınma katkısının olmaması, nükleer silahlara sahip olmak için bir atlama taşı olması gibi avantajları nükleer enerjiyi destekleyenler tarafından öne çıkarılmaktadır.<sup>7</sup>

Nükleer enerjinin alternatiflerine karşı ekonomik performansı ile ilgili çok sayıda fayda maliyet analizi yapılmaktadır. Ancak araştırma sırasında yapılması gerekli olan varsayımların sayıca çokluğu ve bunun sonuçlara büyük etkisi, bu çalışmalara duyulan güveni azaltmaktadır. Kullanılacak faiz oranı (social discount rate), uranyum, petrol, kömür, doğal gaz gibi yakıtların piyasa fiyatları, fosil yakıtlardan kaynaklanan karbon ve diğer zararlı emisyonların global ısınmaya ve insan sağlığına etkisi gibi dışsal maliyetlerinin hesaplanması konularında birçok varsayım yapmak gerekmektedir. Bu değişkenlerin hemen hepsi sıklıkla büyük varyasyonlar geçirmekte, dolayısıyla bugün yapılan hesaplamalar gelecek sene çok az değer

---

<sup>5</sup> Şu anda 31 ülke enerji ihtiyaçlarının bir kısmını nükleer kaynaklardan elde etmektedir.

<sup>6</sup> Son birkaç yıldır gelişmekte olan Asya ülkelerinin yanı sıra, Finlandiya, Fransa, Japonya, ABD gibi uzun zamandır nükleer yatırımlarını yavaşlatan ülkeler de nükleer enerjiye tekrar eğilmeye başlamıştır (Bkz., Peter Stoett, "Toward Renewed Legitimacy? Nuclear Power, Global Warming, and Security", *Global Environmental Politics*, Cilt 3, Sayı 1, 2003, s. 99-116). Bununla beraber İsveç, Belçika, Almanya gibi ülkelerde nükleer jeneratörlerin kapatılması kararları halen tartışılmaya devam etmektedir.

<sup>7</sup> Nükleer silah sahibi olma ile nükleer santraller arasındaki ilişki için bkz., Mert Bilgin, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı – Türkiye'nin Durumu ve Gelecek Alternatifleri", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 57-88, ve bu makalede atıf yapılan Roger G. Steed, *Nuclear Power: In Canada and Beyond*, Renfrew, General Store Publishing House, 2002, s.126.

taşıyabilmektedir.<sup>8</sup> Ancak genel bir fikir vermek gerekirse bu konudaki araştırmalar, genellikle nükleer santrallerin kömürle çalışan santrallerden daha pahalıya elektrik ürettiği, doğal gaz santrallerine yakın, rüzgar ve solar enerji türlerinden ise daha iyi bir ekonomik performansa sahip olduğu sonucuna ulaşmaktadır.<sup>9</sup> Ayrıca yükselen küresel ısınma kaygılarından dolayı en fazla karbondioksit emisyonuna yol açan kömür ve petrol kullanımının lokal ve global bazda Kyoto gibi anlaşmalar çerçevesinde sınırlandırılma ihtimali, nükleer enerji teknolojisini cazip hale getirebilir.<sup>10</sup> Gündemdeki yerini koruyan küresel karbon vergisi ve/veya emisyon ticareti gibi kömür ve petrol maliyetlerini artıran unsurlar da nükleer enerjiyi daha da ekonomik kılabilir.<sup>11</sup> Ancak bu konudaki belirsizlik halen sürmekte olduğundan kesin bir şey söylemek mümkün değildir.

Nükleer enerjinin en büyük avantajlarından bir tanesi, hem tüketimde hem de üretimde çok stratejik bir faktör olan enerjinin kaynak çeşitliliğine ve arz güvenliğine katkısıdır.<sup>12</sup> Alternatif enerji kaynaklarından kömür, petrol ve doğal gazın fiyatlarında kısa süreler içerisinde büyük dalgalanmalar gerçekleşmektedir (Sovacool, 2007). Her ne kadar nükleer yakıt olarak kullanılan uranyum fiyatlarında da dalgalanmalar görülse de, bunun enerji maliyetine etkisi daha sınırlı olmaktadır. Bunun temel sebebi, yakıt maliyetlerinin nükleer santrallerin toplam üretim maliyetlerindeki oranı %5-10'lar seviyesindeyken, kömür ve doğal gaz gibi alternatif yakıtlarla çalışan santrallerdeki yakıt maliyetinin toplam maliyetteki oranının %55-60'larda seyretmesidir (Nera, 2006). Bu da nükleer santrale sahip olmanın enerji fiyatlarındaki dalgalanmayı azaltıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra uranyum, oldukça konsantre ve taşınabilir olmak gibi avantajlara sahiptir. Aynı miktarda enerji üretiminde kullanılacak kömürün yaklaşık olarak 20000'de biri kadar ağırlığa sahip olduğundan, tabii olarak uranyum rezervlerine sahip olmayan

---

<sup>8</sup> Sadece petrol fiyatlarındaki ve faiz oranlarındaki bir sene içindeki değişimler bu konudaki hesaplamaların güvenilirliği hakkında bir fikir vermektedir. Bunun yanı sıra bilim adamları, global ısınma, sebepleri ve sonuçları hakkında çok değişik görüşler ortaya koymaktadırlar.

<sup>9</sup> Bu konudaki araştırmaların özet çalışması için bkz., NERA Economic Consulting ve University of Sussex, *The Economics of Nuclear Power*, March 2006, Paper 4, ve tipik bir çalışma için bkz., International Energy Agency, *World Energy Outlook (2006)* <http://www.worldenergyoutlook.org/2006.asp> (Erişim tarihi 4 Şubat 2009).

<sup>10</sup> Fransa ve İskandinav ülkelerinin çevre verimliliğinde yüksek performans göstermesinin sebebinin enerji ihtiyaçlarının çoğunu nükleer santrallerden karşılıyor olmaları ile ilgili bkz., Fatih Karanfil, "Enerji-Büyüme-Çevre: Türkiye Üçgenin Neresinde?", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 1-26.

<sup>11</sup> Bu konudaki ayrıntılı tartışmalar için bkz., John Holdren, ve Kirk Smith, "Energy, the Environment, and Health", Jose Goldemberg (Der.), *The World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, New York, UN Development Programme, 2000, s. 61-110.

<sup>12</sup> Türkiye'nin nükleer enerjiye yatırım yapmasının arz edici ülkelerle pazarlık gücünü artırması ile ilgili bkz, Mert Bilgin, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı-Türkiye'nin Durumu ve Gelecek Alternatifleri", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 57-88.

ülkelerin de kolaylıkla ithal edip büyük miktarlarda depolama yapması da mümkündür.<sup>13</sup> Ayrıca dünya üzerinde değişik coğrafyalarda, değişik politik ve ideolojik yapıya sahip birçok ülke uranyum sattığından, arz güvenliği ve bağımsızlığı problemleri büyük ölçüde çözümlenmektedir.

Son olarak da nükleer enerji teknolojisine sahip olmanın nükleer silaha sahip olmayı kolaylaştırıcı etkisinden söz edilebilir. Her ne kadar nükleer silaha sahip olmanın her ülke için faydalı olduğu söylenemese de, bu konudaki istek yadsınmaz. Eski ABD Başkan Yardımcısı Al Gore bir konuşmasında, karşı karşıya kaldıkları her tartışmalı nükleer silahlanma çalışmasının bir şekilde nükleer enerji santralleriyle ilgili olduğunu dile getirmiştir. (Gore, 2006)

Biz bu çalışmada Türkiye'nin nükleer enerji teknolojisine sahip olup olmama kararını değerlendireceğiz. Ancak nükleer enerjinin yukarıda kısaca özetlenen avantajlarını ve dezavantajlarını ayrıntılı bir şekilde değerlendirmektense, dünyada nükleer enerji teknolojisine sahip ülkelerle Türkiye'nin durumun karşılaştırma yoluna gideceğiz. Bir başka ifadeyle eğer Türkiye kendi sosyal, ekonomik, ve tabii zenginlik şartlarına sahip ülkeler gibi davransaydı nükleer enerji teknolojisine sahip olur muydu, eğer olurduysa toplam enerji üretiminin ne kadarını nükleer kaynaklardan elde ederdi sorusuna cevap arayacağız.<sup>14</sup>

## **Analitik Çerçeve**

Bu çalışmada ülkelerin nükleer enerji teknolojisine sahip olup olmama ve de sahip olan ülkelerin nükleer enerjinin toplam enerji üretimindeki payı ile ilgili kararlarını analitik olarak incelemekteyiz. Ayrıca bu incelemeden elde edilen bulgular ışığında Türkiye'nin nükleer enerji projeksiyonlarını yapmaktayız. Bizim hipotezimize göre ülkelerin nükleer enerji konusundaki kararları gelirleriyle sıkı bir bağ içerisinde. Çevre kirliliği oluşturan birçok faktörde olduğu gibi, nükleer enerji ile gelir arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu öngörmekteyiz. Aşağıda konu hakkındaki teorik modelimizi ve modelimizi ampirik olarak test ettiğimiz değişkenleri tartışmaktayız.

---

<sup>13</sup> Bakınız: Economics of Nuclear Power (2008), World Nuclear Association Information Papers, <http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/info/pdf/EconomicsNP.pdf> (Erişim tarihi 2 Aralık 2009).

<sup>14</sup> Türkiye ve nükleer enerji ile ilgili bir tartışma için bkz, Mert Bilgin, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı-Türkiye'nin Durumu ve Gelecek Alternatifleri", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 57-88.

Son 20-25 yıldır ekonomistler ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi yoğun bir şekilde incelemişlerdir.<sup>15</sup> Grossman ve Krueger, 1991 yılında yaptıkları çalışmalarında daha önceki ortodoks görüşün aksine, ekonomik büyümenin her zaman çevre kirliliğinde artışa yol açmadığını göstermiştir. Bu çalışmaya göre düşük gelir seviyelerinde beklendiği gibi ekonomik büyüme çevresel kirliliği artırırken, yüksek gelir seviyelerinde tam tersine çevre kalitesini artırmaktadır. Oldukça sağlam olan bu ampirik gözlemi açıklamak için birçok argüman ortaya konmuştur. Öncelikle ekonomilerin makro yapıları ile ilgili sebepler ortaya konmuştur. Ülkeler tarihsel süreçleri içerisinde öncelikle tarıma dayalı ekonomilere sahip olurlar ve tarımsal ekonomik aktiviteler çevreye önemli ölçüde zarar vermezler. Bu devredeki büyüme genellikle tarım toplumundan sanayi topluma geçiş şeklinde gerçekleşir. Sanayiye dayalı üretim ve tüketim faaliyetleri yapıları gereği çevreye daha fazla zarar verdiğinden, bu devredeki ekonomik büyümenin çevre kirliliğine yol açtığını gözlemleriz. Bu devrede olgunlaşan ülkelerdeki ekonomik faaliyetler, yavaş yavaş bilgiye dayalı ve/veya hizmet sektörüyle ilişkili alanlara kaymaktadır. Hizmet sektörü ve bilgiye dayalı ekonomik aktiviteler sınaî üretim kadar çevreye zarar vermediğinden, bu devredeki ekonomik büyüme çevre kirliliğinde azalmaya yol açmaktadır. Ayrıca bireyler ve toplumlar zenginleştikçe çevresel kaliteye daha fazla önem vermekte ve çevre kalitesini artırıcı önlemlere daha fazla para harcamaktadır. Başka bir ifadeyle düşük gelir seviyelerinde çevre kalitesinin marjinal faydası oldukça az iken, yüksek gelir seviyelerinde marjinal fayda daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla gelir ile çevre kirliliği arasında doğrusal bir ilişki olmasını bekleyemeyiz.

Grossman ve Krueger'in makalesini takip eden birçok teorik ve ampirik çalışma yapılmıştır.<sup>16</sup> Çevre kirliliği ile ekonomik gelişme arasındaki ters-U şeklindeki ilişkiyi ifade eden Çevresel Kuznets Eğrileri (Environmental Kuznets Curve, EKC) terimini ilk defa Panayotou (1993) kullanmıştır. Uluslararası ticaret, küreselleşme, teknolojik gelişme, mülkiyet hakları, kurumsallaşma gibi faktörlerin Çevresel Kuznets Eğrileri (EKC) üzerindeki etkileri literatürde kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Havadaki sülfür dioksit, nitrojen dioksit, kloroflorokarbon,

<sup>15</sup> Simon Kuznets, "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, Cilt 45, Sayı 1, 1955, p.1-28, benzer bir ilişkiyi gelir dağılımı ve gelir arasında öngörmüştür. Kuznets'in hipotezine göre düşük gelir seviyelerinde ekonomik büyüme gelir dağılımında bozulmaya yolaçarken yüksek gelir seviyelerinde ekonomik büyüme gelir dağılımında düzelmeye yolaçmaktadır. Bu ilişkiyi gösteren eğrilere Kuznets Eğrileri adı verilmiştir.

<sup>16</sup> Bu konudaki kapsamlı literatür özetleri için bkz., Soumyananda Dinda, "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, Cilt 49, Sayı 4, 2004, s. 431-455, ve Bruce Yandle et al., "Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications", PERC research Study 2004, [http://www.perc.org/pdf/rs02\\_1a.pdf](http://www.perc.org/pdf/rs02_1a.pdf) (Erişim Tarihi 15 Şubat 2009).



duman gibi, su kirliliği ile ilgili belirtiler ya da sera gazı emisyonları, ormanları tahrip etme oranları gibi birçok farklı çevre kirliliğini ölçen gösterge, bu hipotezi test etmek için kullanılmıştır. Ancak nükleer enerji her ne kadar çevre ile ilgili tartışmalarda önemli yer tutmuş olsa da, şimdiye kadar Çevresel Kuznets Eğrileri çerçevesi nükleer enerji ile ilgili ciddi bir çalışmanın konusu olmamıştır. Aktar, 2004 yılındaki doktora tezi çalışmasında nükleer enerji kullanımını aynı çerçevede modelleyebileceğimizi öne sürmüştür. Her ne kadar nükleer enerji kullanımı klasik anlamda çevre kirliliği olarak adlandırılmasa da, ülke geliriyle ilişkisi Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi çerçevesinde değerlendirilebilir.

Toplumların nükleer enerji kararlarının incelenmesinde Çevresel Kuznets Eğrileri analitik çerçevesinin kullanılmasıyla ilgili olarak yapısal ve taleple ilgili argümanlar ortaya konulabilir. Göreceli olarak fakir ülkelerdeki ekonomik aktiviteler fazla enerjiye ihtiyaç duymadığından, düşük enerji gereksinimi kömür, doğal gaz ve hidro gibi alternatif kaynaklardan kolaylıkla karşılanabilir. Dolayısıyla nükleer enerji teknolojisine fazla ihtiyaç olmamaktadır. Çok yüksek gelir seviyelerinde ise bireyler yaşadıkları çevrenin kaliteli olmasına daha fazla önem verdiklerinden nükleer enerjinin muhtemel çevresel etkileri, nükleer teknolojinin az kullanılmasını netice verebilir.<sup>17</sup> Bu da Çevresel Kuznets Eğrileri'nde olduğu gibi gelir ile nükleer enerji kullanımı arasında ters-U şeklinde bir ilişki gözlemlememizi sağlayabilir. Ayrıca nükleer enerji nispeten yüksek bir teknolojik seviyeye sahip olmayı gerektirdiğinden, gelişmiş ülkelerin nükleer enerjiye sahip olması pek olanaklı olmamaktadır. Dolayısıyla ülke ekonomik olarak güçlendikçe nükleer enerjiye sahip olma olasılığı artmaktadır. Bununla beraber nükleer enerji birçokları tarafından nükleer silah teknolojisine erişmek için bir basamak olarak görülmektedir. Ekonomik olarak güçlenen ülkeler, askeri ve siyasi açılardan da güçlenmek için nükleer silah teknolojisine sahip olmak istemekte ve nükleer enerjiye sahip olma ihtimalleri yükselmektedir.

Ancak ülke zenginleşmeye devam ettikçe ekonomik aktiviteler enerji yoğun sınaî üretimden daha az enerji gerektiren hizmet sektörüne doğru kaymakta ve enerji ihtiyacı kısmen azalmaktadır. Bu durumda doğal olarak nükleer enerjiye olan ihtiyaç da azalmaktadır. Ayrıca hizmet ve bilgi teknolojilerine dayalı üretim süreçlerinde enerji maliyetinin toplam maliyete oranı

---

<sup>17</sup> Gelir seviyesi yüksek ülkelerin nükleer atık sorununu daha kolay bir şekilde çözebilecekleri dolayısıyla gelir seviyesi ile nükleer enerji sahipliği arasındaki başlangıçtaki pozitif ilişkinin devam edebileceği de düşünülürse, gelir seviyesi ile nükleer enerji kullanımı arasındaki ilişkinin ampirik bir şekilde ortaya konmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

azalmaktadır. Dolayısıyla nihai ürün fiyatına etkisi sınırlı olduğundan firmalar ve nihai tüketiciler göreceli olarak daha pahalı olan rüzgar ve güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarını kullanmakta daha istekli olabilmektedirler. Sosyal ve politik sistemleri daha iyi işleyen gelişmiş toplumlarda çevreye duyarlı bireylerin örgütlenmesi daha kolay olmakta ve bu örgütler, politikaların çevreye daha duyarlı hale getirilmelerinde daha başarılı olabilmektedirler. Son olarak, gelişmiş ülkelerdeki nükleer santrallerdeki kazaların ve sızıntıların daha maliyetli olması, nükleer enerji kullanımının azaltılması yönünde bir baskı oluşturmaktadır.<sup>18</sup>

Özetlemek gerekirse bu çalışmada, nükleer enerji kullanımı ile ülkedeki kişi başına düşen gelir arasında Çevresel Kuznets Eğrileri'nde belirtildiği gibi bir ilişki olduğu hipotezini test etmekteyiz. Çalışmada kullanılan diğer değişkenler, bu gibi analizlerde kullanılan standart faktörler olarak değerlendirilebilir. Ülkelerin diğer alternatif enerji kaynakları yönünden zenginliği, nükleer enerjiye olan taleplerini büyük ölçüde etkileyebilir. Enerjide arz güvenliği, nükleer enerji taraftarlarının en büyük argümanlarından biri olarak dile getirildiğinden, diğer enerji kaynaklarına sahip olmanın nükleer enerjiye ihtiyaç ve talebi azaltacağı öngörülebilir. Bu etkiyi ölçmek için, analizlerimizde, ülkelerin kömür, doğal gaz, petrol ve hidro enerji kaynaklarını bağımsız değişken olarak kullandık. Ülkeler kendi doğal kaynaklarının yanında bazı enerji kaynaklarını ithal edebilmektedirler. Göreceli olarak çeşitli coğrafyalarda ve çeşitli politik sistemlere sahip ülkeler tarafından ihracatı yapılan petrolün bu konuda ayrıcalıklı bir yere sahip olduğu söylenilebilir. Bir baksa ifadeyle ülkeler genellikle dünya piyasalarından rahatlıkla petrol ithal edebilmektedir. Bu nedenle Alternatif bir enerji kaynağı olarak ithalatı yapılan petrol fiyatının da nükleer enerjiye talebi etkileyeceğini düşünmekteyiz.

Ayrıca ülkelerin sosyal, politik ve teknolojik karakteristiklerinin nükleer enerji taleplerine etkilerini ölçmek için daha başka değişkenler de kullandık. “Bir dolarlık milli gelir oluşturmak için kullanılan enerji” şeklinde tanımlanan enerji yoğunluğu değişkenini, ülkenin enerji ihtiyacını etkilediği için analizimizde bağımsız değişken olarak kullandık. Milli gelir oluşumunda yoğun şekilde enerji kullanan ülkeler daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacak, dolayısıyla ellerindeki alternatif enerji kaynakları daha az yeterli olacak ve nükleer enerjiye daha fazla talepte bulunacaklardır. Nüfus yoğunluğunun artması enerji ihtiyacını artıracığı için nükleer enerjiye sahip olma ile nüfus yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki beklenebilir. Ancak, nüfus yoğunluğu

---

<sup>18</sup> Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC) ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltması yönündeki taleplerinin, nükleer enerjinin kullanımının azaltılması yönündeki baskıların gücünü sınırlandıracağını söyleyebiliriz.

potansiyel kazaların ve sızıntıların etkisini artıracığından nükleer enerjiye talebi azaltıcı bir etkide de bulunabilir. Bunun yanı sıra yoğun nüfus, nükleer enerjinin alternatifleri olan termik ve hidroelektrik santrallerin zararlarını da artıracak, bu da yine nükleer enerji talebini artırıcı bir etki oluşturacaktır. Nüfus yoğunluğunun bu etkilerinden hangisinin baskın çıkacağı analizimiz sonucunda ortaya çıkacaktır.

Son olarak ülkelerin ekonomik serbestliğini ölçen bir indeks kullandık. Çevresel Kuznet Eğrileri analitik çerçevesinin önemli argümanlarından bir tanesi, ülkeler zenginleştikçe bireylerin çevre kalitesine verdikleri önemin artması ve bu bireylerin politik baskı unsuru oluşturarak enerji politikalarının çevreye daha duyarlı olmalarını sağlamaları idi. Ancak serbestiyetin olmadığı ülkelerde bireylerin politikalar üzerinde etkili olması nispeten zor olduğundan, bu etkinin daha serbest olan ülkelerde daha baskın olmasını beklemekteyiz. Bu açıdan ülkedeki ekonomik serbestliğin artmasının nükleer enerji talebini negatif yönde etkilediği düşünülebilir. Bunun yanı sıra ekonomik serbestiyetin ekonomik kalkınmayı hızlandıracağı ve nükleer enerji talebine pozitif yönde bir etki yapacağı da varsayılabilir. Dolayısıyla ekonomik serbestiyet ile nükleer enerji talebi arasındaki ilişkinin yönünü önceden tahmin etmek mümkün değildir ve bu ilişki analizimiz sonunda ortaya çıkacaktır.

## Veri Seti

Çalışmamızda kullandığımız kişi başına gelir, nüfus, ve nüfus yoğunluğu verilerine Dünya Bankası'nın World Development Indicators adlı veri setinden ulaştık.<sup>19</sup> Enerji kaynaklarıyla (petrol rezervleri, doğal gaz rezervleri, kömür rezervleri, hidroelektrik kapasitesi, enerji yoğunluğu, toplam elektrik üretim kapasitesi ve net elektrik üretimi) ilgili verilere ise ABD Enerji Bakanlığı'nın web sayfasından eriştik.<sup>20</sup> Ekonomik serbestlik indekslerini ise Fraser Institute of Canada adlı organizasyonun web sayfasından aldık.<sup>21</sup>

ABD Enerji Bakanlığı'nın veri tablolarında kömür, doğal gaz ve petrol rezervleri milyon ton, trilyon feet küp ve milyar varil olarak sunulmaktadır. Hidroelektrik kapasite ise milyon kilowatt şeklinde belirtilmektedir. Standardizasyonu sağlamak için tüm enerji kaynaklarını kilowatt-saat cinsine çevirdik. (1000 kilowatt-saat=0,47 ton kömür=10000 feet küp doğal gaz=1,8 varil petrol). Hidroelektrik kapasiteyi kilowatt-saate çevirmek için bir senede toplam saat

<sup>19</sup> Dünya Bankası, <http://econ.worldbank.org> (Erişim Tarihi 6 Mayıs 2008).

<sup>20</sup> ABD Enerji Bakanlığı, <http://www.eia.doe.gov/> (Erişim Tarihi 6 Mayıs 2008).

<sup>21</sup> Fraser Enstitüsü (Kanada), <http://www.fraserinstitute.org/> (Erişim Tarihi 6 Mayıs 2008).

sayısı olan  $365 \times 24 = 8760$  ile çarptık.<sup>22</sup> Toplam elektrik üretimi kilowatt-saat cinsinden toplam elektrik üretimi kapasitesi ise kilo-watt cinsinden ifade edilmiştir. Dolayısıyla elektrik kapasite kullanım oranını hesaplamak için elektrik üretim kapasitesini de aynı şekilde 8760 ile çarptık.

Fraser Institute of Canada'nın hazırladığı Ekonomik Serbestlik İndeksi, ülkelerin kurumlarının ve politikalarının ekonomik serbestiyeti ne dereceye kadar sağlayabildiğini ölçmeyi amaçlamaktadır. Fraser Enstitüsü, bireysel tercih, gönüllü ticaret, rekabet özgürlüğü ve özel mülkiyeti ekonomik serbestliğin yapıtaşları olarak görmektedir. Enstitü, 42 değişkeni kullanarak ülkelere ekonomik serbestliklerine göre 0 ile 10 arasında değişen puanlar vermektedir. Yüksek puanlar, ülkenin ekonomik yönden daha serbest olduğunu göstermektedir.

Kullanılan değişkenler aşağıda özetlenmiştir:

**GSYİH:** Alım gücüne göre kişi başına düşen gelir, PPP (sabit uluslararası 2000 \$'1)<sup>23</sup>

**GSYİH<sup>2</sup>:** GSYİH'nın karesi.

**Kömür:** Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden kullanılabilir kömür rezervlerinin logaritması.

**Doğal Gaz:** Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden kullanılabilir doğal gaz rezervlerinin logaritması.

**Petrol:** Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden kullanılabilir ham petrol rezervlerinin logaritması.

**Hidroelektrik:** Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden hidroelektrik üretim kapasitesinin logaritması.

**Enerji Yoğunluğu:** 1 \$ milli gelir (PPP) üretmek için kullanılan enerji tüketimi.

**Elektrik Kapasite Kullanım Oranı:** Toplam net elektrik üretiminin toplam elektrik üretim kapasitesine oranı.

**Ekonomik Serbestlik Endeksi:** Ülkelerin kurumlarının ve politikalarının ekonomik serbestliği teşvik ölçüsü. Yüksek endeks değerleri ekonomik yönden daha serbest ülkeleri temsil etmektedir.

**Nüfus yoğunluğu:** Kilometrekare başına düşen nüfus.

**Varşova:** Varşova Paktına üye olmuş olan ülkeler için kukla değişkeni.<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> Bkz., İsmail Aktar, *The Future of Nuclear Power: A Worldwide Perspective*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Clemson, Clemson University, ABD, 2004.

<sup>23</sup> Uluslararası dolar ya da Geary-Khamis doları, herhangi bir zamanda Amerikan dolarının ABD'deki satın alma gücüne eşit olan farazi bir para birimidir. Ülkeler arasında ve zaman içerisinde yaşam standardının karşılaştırılması gibi çeşitli karşılaştırmaların daha sağlıklı yapılması amacıyla kullanılır. Dünya Bankası ya da IMF gibi uluslararası kuruluşlar istatistiklerinde bu para birimini kullanmaktadırlar. İstatistiksel tanım için Birleşmiş Milletlerin şu web sayfasına bakılabilir: <http://unstats.un.org/unsd/methods/icp/ipc7.htm> (Erişim Tarihi 3 Aralık 2009).

**Enerji Maliyeti:** Varil Başı Reel Ham Petrol Fiyatı (\$).

**Geçmiş Enerji Maliyeti:** 10 yıl önceki Varil Başı Reel Ham Petrol Fiyatı (\$).

**Çernobil:** Çernobil sonrası için bire eşit olan kukla değişkeni.

## Ekonometrik Model

Çalışmamızda nükleer enerjinin toplam enerji içindeki yüzdesinin diğer faktörler tarafından nasıl etkilendiğini inceliyoruz. Elimizdeki örneklem tesadüfi bir örneklem olsaydı, klasik en küçük kareler tahmincilerini kullanabilirdik. Ancak, bir örneklem bağımlı değişkenin aldığı değerlere göre oluşmuşsa, parametre tahminleri tutarsız olacaktır. Bu örneklemere seçilmiş örneklem adı verilir ve tahmin sürecinde bu problemin dikkate alınması gerekir.

Bizim örneklemimizde seçim problemi olduğu aşikârdır. Ülkeler ilk olarak, alternatif bir enerji kaynağı olarak nükleer enerjiye sahip olup olmayacaklarına karar verirler. Bu kararı verip nükleer reaktörü inşa ettikten sonra ise bu reaktörü kullanarak ne kadar enerji üreteceklerine karar verirler. Örneklemimizde, nükleer enerjiye sahip olmayı seçmiş ülkelerin ne kadar nükleer enerji ürettikleri ile ilgili pozitif değerler mevcuttur. Bu ülkelerin yüksek enerji talebi olan ülkeler olduklarını varsayarsak, örneklemimiz tesadüfi örneklem olmaktan çıkacak ve parametre tahminleri sapmasızlık özelliklerini yitireceklerdir.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Arnavutluk, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Rusya, Slovakya, Doğu Almanya, Macaristan, Polonya, Romanya ve eski SSCB.

<sup>25</sup> Seçim modeli, seçim probleminin uluslararası ilişkiler araştırmalarında doğuracağı problemler ve uluslararası ilişkiler araştırmalarındaki uygulamaları için *International Interactions* dergisinin seçim problemi özel sayısı (Cilt 28, Sayı 1, 2002) ve şu makaleler incelenebilir: James Fearon, "Selection Effects and Deterrence." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, Sayı 1, 2002, s. 5 – 29; Irfan Nooruddin, "Modeling Selection Bias in Studies of Sanctions Efficacy." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, Sayı 1, 2002, s. 59 – 75; William Reed ve David Clark, "Toward a Multiprocess Model of Rivalry and the Democratic Peace." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, Sayı 1, 2002, s. 77 – 92; Paul Huth, *Standing Your Ground: Territorial Disputes and International Conflict*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1996; , Steven C. Poe ve James Meernik, "US Military Aid in the 1980s: A Global Analysis." *Journal of Peace Research*, Cilt 32, Sayı 4, 1995, s. 399-411; Douglas Lemke ve William Reed, "War and Rivalry among Great Powers." *American Journal of Political Science*, Cilt 45, Sayı 2, 2001, s. 457-69; Matthew Rendall , "Defensive realism and the Concert of Europe." *Review of International Studies*, Cilt 32, Sayı 3, 2006, s. 523-40; Jana von Stein, "Do Treaties Constrain or Screen? Selection Bias and Treaty Compliance." *American Political Science Review*, Cilt 99, Sayı 4, 2005, s. 611-22; Branislav L Slantchev et al., "Probabilistic Causality, Selection Bias, and the Logic of the Democratic Peace." *American Political Science Review*, Cilt 99, sayı 3, 2005, s. 459-62; J. Joseph Hewitt, ve Gary Goertz, "Conceptualizing Interstate Conflict: How Do Concept-Building Strategies Relate to Selection Effects?" *International Interactions*, Cilt 31, Sayı 2, 2005, s. 163-82; ve Vesna Danilovic, "Conceptual and Selection Bias Issues in Deterrence." *Journal of Conflict Resolution*, Cilt 45, Sayı 1, 2001, s. 97-126.

Bir nükleer reaktör inşası 5 ila 10 yıl sürmektedir. Dolayısıyla, nükleer güce sahip olmayan bir ülke, bir kaç ay içinde nükleer enerji sahibi olmayı seçemez, ya da nükleer reaktöre sahip bir ülke, bu reaktörün belli bir zaman için atıl durumda kalmasını istemez. Bu durum, ülkelerin nükleer enerjiye sahip olup olmadıklarına göre bazı kararları alamayacaklarını göstermektedir. Dolayısıyla alternatif enerji kaynağı olarak nükleer enerjiye sahip olma kararı dikkatle analiz edilmesi gereken karmaşık bir süreçtir.

Nükleer güce sahip olma kararını iki aşamalı bir süreç olarak aşağıdaki şekilde modelliyoruz: Ülkelerin nükleer enerjilerinin toplam enerji içerisindeki yüzdesinin diğer ülke özellikleri tarafından aşağıdaki ekonometrik modele göre belirlendiğini varsayıyoruz.

$$y_i = \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{1i} \quad (1)$$

Yukarıdaki modelde,  $y_i$  nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payı ve  $\mathbf{x}_i$  ise bir önceki bölümde bahsettiğimiz diğer ülke özelliklerinden oluşan bağımsız değişken vektörüdür.  $y_i$  her zaman gözlemlenmemektedir. Bağımlı değişkenimiz,  $i$  ülkesi için ancak aşağıdaki denklem 2'deki şart sağlandığı zaman gözlemlenmektedir.

$$\mathbf{z}_i \boldsymbol{\alpha} + \varepsilon_{2i} > 0 \quad (2)$$

Yukarıdaki modelde,

$$\varepsilon_1 \sim N(0, \sigma)$$

$$\varepsilon_2 \sim N(0, 1)$$

$$\text{korelasyon}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \rho$$

olduğunu varsayıyoruz. 2. denkleme seçim denklemi adı verilmektedir ve  $\mathbf{z}_i$  seçimi etkileyen bağımsız değişkenlerin vektörüdür. Bizim çalışmamız bağlamında nükleer enerjiye sahip olma kararı 2. denklemdeki modele göre belirlenmekte ve bir ülke bu kararı verip nükleer santralı inşa ettikten sonra ne kadar nükleer enerji üreteceği, yani nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki yüzdesi 1. denklemdeki ekonometrik modele göre belirlenmektedir.  $\rho \neq 0$  olduğu zaman, 1. denkleme uygulanacak standart tahminleme yöntemleri sapmasız sonuçlar ortaya çıkarmamaktadır. Yukarıdaki seçim modelinin parametreleri en çok olabilirlik tahmincisi veya Heckman'ın iki aşamalı tahmin yöntemi ile tahmin edilebilir.<sup>26</sup> En çok olabilirlik tahmincisi tutarlı ve yanaşimli (asimtotik) olarak etkindir ama  $\varepsilon_1$  ve  $\varepsilon_2$ 'nin birleşik normalliğini

<sup>26</sup> James Heckman, "Sample Selection as a Specification Error", *Econometrica*, Cilt 47, Sayı 1, 1979, p. 153–161.

gerektirmektedir. Heckman'ın iki aşamalı tahmincisi ise tutarlıdır ama en çok olabilirlik tahmincisine göre bir etkinlik kaybı söz konusudur. Ama birleşik normalliğe göre daha zayıf dağılımsal varsayımlara bağlı olma avantajını taşımaktadır.<sup>27</sup> Biz bu makalede tahmin yöntemi olarak daha etkin olan en çok olabilirlik tahmincisini tercih ettik. Bununla birlikte, sonuçların sağlamlığını test etmek için Heckman'ın iki aşamalı tahmincisini de kullanarak elde ettiğimiz sonuçlar, en çok olabilirlik tahmincisini kullanarak bulduğumuz sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Seçim modelinin tahminleyebilmek için gözlem ihtimalini etkileyen (nükleer enerjiye sahip olma kararı) ama çalışmadaki bağımlı değişkeni (nükleer enerji yüzdesi) etkilemeyen bazı değişkenlerin (faktörlerin) olması gerekmektedir. Yukarıdaki 1. ve 2. denklemler bağlamında, 2. denklemdaki (seçim denklemi)  $z_i$  vektöründeki bazı değişkenlerin  $y_i$ 'yi etkilememesi, yani  $x_i$  içerisinde olmaması gerekmektedir.

Biz elektrik kapasite kullanım oranı, ekonomik serbestlik endeksi ve nüfus yoğunluğu değişkenlerinin nükleer enerjiye sahip olma kararında etkili olduğunu, ama nükleer santral kurulduktan sonra ne kadar nükleer enerji üretileceği kararını etkilemediğini varsayıyoruz. Kurulan santral ile ne kadar nükleer enerji üretileceği güncel enerji ihtiyaçları ve var olan alternatif enerji kaynakları gibi faktörler tarafından belirlenmektedir.

Özetle, ülkelerin nükleer enerjilerinin toplam enerji içerisindeki yüzdesinin diğer ülke özellikleri tarafından belirlendiği 1. denklemdaki  $x_i$  vektörü, *GSYİH*, *GSYİH<sup>2</sup>*, *Kömür*, *Doğal Gaz*, *Petrol*, *Hidroelektrik*, *Enerji Yoğunluğu*, *Varşova*, ve *Enerji Maliyeti* değişkenlerinden oluşmakta, ülkelerin nükleer enerjiye sahip olma kararının belirlendiği 2. denklemdaki  $z_i$  vektörü ise *GSYİH*, *GSYİH<sup>2</sup>*, *Kömür*, *Doğal Gaz*, *Petrol*, *Hidroelektrik*, *Elektrik Kapasite Kullanım Oranı*, *Ekonomik Serbestlik Endeksi*, *Nüfus yoğunluğu*, *Enerji Yoğunluğu*, *Varşova*, *Çernobil* ve *Geçmiş Enerji Maliyeti* değişkenlerinden oluşmaktadır. Bu değişkenlerin tanımları bir önceki bölümde tartışılmıştı.

---

<sup>27</sup> Seçim modellerinin ayrıntıları için bkz., Takeshi Amemiya, "Tobit Models: A Survey," *Journal of Econometrics*, Cilt 24, Sayı 1-2, 1984, s. 3-61 veya Colin Cameron ve Pravin Trivedi, *Microeconometrics Methods and Applications*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2005.

## Bulgular ve Değerlendirme

Tablo 1, tanımlayıcı istatistikleri vermektedir. Örneklemimizde analizimiz için gerekli bütün verilere sahip olan 67 ülke bulunmakta ve bunların ortalama %19.12'si nükleer enerjiye sahip bulunmaktadır.<sup>28</sup> Nükleer enerji sahibi ülkeler ortalama olarak enerjilerinin %4.89'unu nükleer kaynaklardan karşılamaktadırlar. Bu ülkeler arasında %80'lere ulaşan oranlarla Litvanya ve Fransa başı çekmektedir.

Sonuçlar Tablo 2'de sunulmaktadır. Seçim modelinin sonuçları (2. denklem parametre tahminleri), Tablo 2'nin birinci sütununda sunulmaktadır. Bu model'de ülkelerin nükleer santral sahibi olma ihtimalleri incelenmektedir. Bulunan sonuçlar tahmin öncesi beklentilerimize uygundur. Kişi başı GSYİH değişkeninin katsayısının pozitif olması, zengin ülkelerin nükleer enerji sahibi olma ihtimalinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Daha önce bahsettiğimiz gibi bunun birçok açıklaması olabilir. Gelir seviyesi düşük ülkeler genellikle daha az enerji kullanmakta ve hidroelektrik ve termik santrallerden elde ettikleri enerji, ihtiyaçları için yeterli olmaktadır. Ayrıca, nükleer enerji daha karmaşık teknoloji gerektirdiği için zengin ülkelerin bu teknolojiye sahip olma ihtimalleri daha fazladır. Gelir seviyesi düşük ülkeler genellikle daha istikrarsız oldukları için, gerekli teknolojiyi gelişmiş ülkelere transfer etmeleri politik sebeplerden dolayı mümkün olamayabilir.

GSYİH<sup>2</sup>'nin katsayısının negatif olması, gelir ile nükleer reaktör sahibi olma arasında Çevresel Kuznets Eğrileri (EKC) tipi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Nükleer santral sahibi olma ihtimali ilk başta gelire beraber artmakta, ancak belirli bir gelir seviyesinden sonra (zirve noktasından sonra) gelir arttıkça bu ihtimal düşmektedir. Bu durum birçok çevre kirliliği ölçütlerinde görülen ve Şekil-1 de görülen ters-U grafiğine sebep olmaktadır.<sup>29</sup> Modelimizden elde ettiğimiz tahminlere göre nükleer enerji seçme ihtimali gelire beraber artmakta, gelir seviyesi \$31800 olduğunda yaklaşık %34 ile maksimum seviyesine ulaşmakta ve daha sonra, gelir arttıkça nükleer enerji sahibi olma ihtimali düşmektedir. Bir başka örnek vermek gerekirse,

---

<sup>28</sup> Bu ülkeler şunlardır: ABD, Almanya, Arjantin, Arnavutluk, Avustralya, Avusturya, Bahreyn, Bangladeş, Benin, Birleşik Arap Emirlikleri, Bolivya, Brezilya, Bulgaristan, Cezayir, Çek Cumhuriyeti, Çin, Danimarka, Ekvator, Endonezya, Fas, Fildişi Sahili, Filipinler, Fransa, Gabon, Gana, Guatemala, Güney Afrika, Hırvatistan, Hindistan, Hollanda, İngiltere, İran, İspanya, İsrail, İtalya, Japonya, Kamerun, Kanada, Kolombiya, Kongo (Brazzaville), Kongo (Kinshasa), Kuveyt, Macaristan, Malezya, Meksika, Mısır, Nijerya, Norveç, Pakistan, Papua Yeni Gine, Peru, Polonya, Romanya, Rusya, Slovakya, Suriye, Şili, Tayland, Trinidad ve Tobago, Tunus, Türkiye, Ukrayna, Umman, Ürdün, Venezuela, Yeni Zelanda, Yunanistan.

<sup>29</sup> Şekil 1, ekonometrik modelimizden elde edilen parametre tahminleri ve gelir dışındaki bağımsız değişkenler için bütün ülkelerin ortalama değerleri kullanılarak oluşturulmuştur.



gelir seviyesi \$10000'dan \$20000'a çıkınca, nükleer enerjiyi seçme ihtimali 2.5 kat artış göstererek yaklaşık %10'dan %25'e çıkmaktadır.

Gelirle nükleer enerji arasındaki bu ters-U şeklinde ilişkinin sebebi, çok zengin ülkelerin vatandaşlarının çok güçlü bir çevre duyarlılığına sahip olmalarıyla açıklanabilir. Bu ülkeler çok zengin oldukları için, ucuz nükleer enerji kullanmamaktan kaynaklanan üretim maliyetlerindeki artış onlar için çok önemli olmayabilir. Bu ülkeler için, nükleer enerjinin getireceği risklere maruz kalmamanın marjinal faydası, nükleer enerjiye sahip olmanın getireceği marjinal maliyetten daha fazladır. Ayrıca, kişi başı gelirleri çok yüksek olan ülkeler genellikle bilgi veya servis tabanlı ekonomilere sahip oldukları için, çok fazla enerjiye de ihtiyaç duymazlar.

Beklendiği gibi doğal gaz ve petrol kaynakları gibi alternatif enerji kaynaklarının varlığı nükleer santral sahibi olma ihtimalini azaltmaktadır. İlginçtir ki, kömür ve hidro enerji kaynakları ile ilgili değişkenlerin katsayısı beklentilere ters bir biçimde pozitif çıkmıştır. Bu değişkenlerin katsayısının beklentilerimize ters bir biçimde pozitif çıkmasının, yani ülkedeki kömür ve hidro enerji kaynakları arttıkça nükleer enerji seçme ihtimalinin artmasının sebepleri için şunlar söylenebilir. Muhtemelen kömür ile nükleer enerji arasındaki yukarıda tartıştığımız alternatiflik ilişkisine göre daha baskın çıkan bir ilişki var. Yani nükleer enerjiyi seçen ülkeler, aynı zamanda kömür rezervi yüksek olan ülkeler ve bu ülkelerin nükleer enerjiyi seçme kararlarında sahip oldukları yüksek kömür rezervlerinin alternatiflik etkisi az. Bu argümanın muhtemel doğruluğunu kontrol etmek için örneklerimizdeki en yüksek kömür rezervi olan ülkelere baktığımızda bunların ABD, Rusya, Çin ve Hindistan olduğunu görüyoruz. Bu ülkelerin yüksek enerji ihtiyaçları ya da nükleer silaha sahip olma gibi motivasyonları, kömürün alternatiflik etkisine baskın çıkmış ve tahminlerimizdeki kömür katsayısının pozitif çıkmasına sebebiyet vermiş olabilir. Hidro enerji kaynakları ile nükleer enerji seçimi arasındaki pozitif ilişkiye gelince, nükleer reaktörler genellikle soğutma amaçlı su kaynaklarını kullanıyorlar. Dolayısıyla su kaynağı genellikle nükleer reaktör ile bu reaktörde ısınmış sudan elektrik üreten reaktörle yan yana oluyor. Yani su kaynakları ile nükleer reaktörün çalışması arasında bir tamamlayıcılık var. Bu tamamlayıcılık tahminlerimizdeki pozitif ilişkiyi sonuç vermiş olabilir.<sup>30</sup>

Bir başka ilginç bulgu da varil başı ham petrol fiyatı ile ölçtüğümüz enerji maliyeti ile ilgilidir. Normalde, petrol ve nükleer enerji kaynakları birbirine alternatif olduğu için, petrol

---

<sup>30</sup> Bu konuda bilgi için [http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_power#Water](http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power#Water) ve ilgili paragrafta verilen referanslara bakılabilir (Erişim Tarihi 7 Ağustos 2009).

fiyatı arttıkça ülkelerin nükleer enerjiyi daha ciddi bir biçimde gündeme alacaklarını bekleriz. Ama ulaştığımız bulgular petrol fiyatının nükleer santral kurma kararını etkilemediğini göstermektedir. Nükleer santral inşası beş ila on yıllık süreler aldığı için gecikmeli petrol fiyatlarının bu kararlar üzerinde etkili olabileceğini düşündük. Yani bugün çalışmaya başlayan bir nükleer santralin kurulma kararı 5 ila 10 yıl önce alınmış olacağını düşünerek o zamanki petrol fiyatlarının etkisini araştırdık. Modelimize 5,7 ve 10 yıl önceki ham petrol fiyatları yanı sıra, fiyatların son 5, 7 ve 10 yıllık hareketli ortalamasını dahil ettik ama anlamlı bir etki bulamadık. Nükleer santrallerin inşasının çok uzun zaman alması ve bu zaman süresi içinde petrol fiyatlarında büyük dalgalanmaların olacağı beklentisi, nükleer enerjiye sahip olma kararında petrol fiyatlarının etkisini sınırlanmış olabilir.

Ekonomik serbestlik indeksi ile nükleer santral kurma kararı arasında negatif bir ilişki olduğunu görüyoruz. Bir ülkenin ekonomik serbestliği arttıkça, nükleer enerjiye sahip olma ihtimali azalmaktadır. Bu ilişkiyi daha iyi yorumlamak için Varşova kukla değişkenin katsayısına bakabiliriz. Hesaplamalarımıza göre Varşova Paktı ülkelerinin nükleer enerjiye sahip olma ihtimalleri, diğer ülkelere göre yaklaşık %28 oranında daha fazladır. Bu ülkelerin nükleer enerjiye sahip olma kararlarının ekonomik olmaktan çok politik olduğunu ve bunun ekonomik serbestlik derecesi düşük diğer ülkeler için de belli bir oranda geçerli olduğunu söyleyebiliriz.

Ayrıca Varşova Paktı üye ülkelerinin Batı ülkelerine göre çok daha enerji yoğun ekonomilere sahip olduğu bilinmektedir.<sup>31</sup> Bu ülkelerin daha fazla enerjiye ihtiyaçları olduğundan, onlar için ucuz nükleer enerjinin cazibesi, muhtemel kaza ve sızıntılardan kaynaklanabilecek zararlardan daha önemli hale gelmiş olabilir.

Nüfus yoğunluğunun artması enerji ihtiyacını artıracığı için nükleer enerjiye sahip olma ile nüfus yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki beklenebilir. Ancak, nüfus yoğunluğu potansiyel kazaların ve sızıntıların etkisini artıracığından nükleer enerjiye talebi azaltıcı bir etkide de bulunabilir. Bunun yanı sıra yoğun nüfus, nükleer enerjinin alternatifleri olan termik ve hidroelektrik santrallerin zararlarını da artıracak, bu da yine nükleer enerji talebini artırıcı bir etki oluşturacaktır. Nüfus yoğunluğunun bu etkilerinden hangisinin baskın çıkacağı analizimiz sonucunda ortaya çıkacaktır.

---

<sup>31</sup> Joshua Goldstein et al., "Energy in the World Economy, 1950-1992", *International Studies Quarterly*, Cilt 41, Sayı 2, 1997, s. 241-266.

Bir başka bulgu da nüfus yoğunluğu ile nükleer santral kurma kararı arasında pozitif bir ilişki olmasıdır. Bu sonuç, yüksek nüfus yoğunluğu sebebiyle artan enerji ihtiyacı ile nükleer enerjinin alternatifleri olan fosil yakıtların oluşturacağı çevre kirliliğinin etkisinin nüfus yoğunluğuna bağlı olarak artmasının nükleer enerji talebi üzerindeki pozitif etkisinin, nükleer enerji ile ilgili kaza ve sızıntıların nükleer enerji talebi üzerindeki negatif etkisine baskın çıktığını göstermektedir. Bulduğumuz pozitif ilişkinin sebebinin Çin olabileceğini düşünerek, Çin'i örneklemimizden çıkararak yaptığımız tahminleme sonucunda da yukarıdakine benzer sonuçlar bulduk.

Tablo 2'nin ikinci sütununda nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payını etkileyen faktörlerle ilgili sonuçlar bulunmaktadır. Sonuçların çoğu, seçim modeline benzerlik göstermektedir. Dikkate değer bir farklılık GSYİH<sup>2</sup>'nin katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmamasıdır. Bu sonuç büyük olasılıkla, nükleer santralin kurulduktan sonra atıl bırakılmamasından kaynaklanmaktadır. Çevre ile ilgili endişeler, nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payını pek etkilememektedir.

Petrol ve doğal gaz kaynaklarının varlığı nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payını azaltmaktadır. Enerji Maliyeti (Ham petrol fiyatı), yukarıdaki seçim modelinde olduğu gibi nükleer enerjinin payını etkilememektedir. Bu sonuç, seçim modelinde olduğundan daha kuvvetli bir sonuçtur. Çünkü normalde ülkelerin bugünkü petrol fiyatları arttığı zaman nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynaklarına yönelmeleri beklenir. Petrol fiyatlarının artması, doğal gaz santrallerinin kapatılması veya kapasite kullanımının düşürülmesi dolayısıyla nükleer enerjinin toplam enerji içindeki yüzdesinin artmasına sebebiyet verebilir. Ama bizim sonuçlarımız bu çıkarımları desteklememekte ve enerji maliyetleri ile nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payı arasında bir ilişki görülmemesi, bu konunun başka bir çalışmada daha ayrıntılı bir analize tabii tutulması gerektiğini göstermektedir.

## **Türkiye ve Nükleer Enerji**

Bu bölümde, modelimizdeki parametre tahminlerini kullanarak Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma kararı ve nükleer enerjiye sahip olması durumunda ne kadar nükleer enerji üreteceği konusunda tahminlerde bulunacağız. Şekil 2, 1980'den 2005'e kadar Türkiye'nin nükleer santrale sahip olma olasılıkları ile ilgili tahmini sonuçlarını göstermektedir. Bir başka yorumla, şekilde, ülke karakteristikleri yönüyle (Milli gelir, enerji kaynakları, enerji yoğunluğu,

nüfus yoğunluğu vs.) Türkiye'ye benzeyen ülkelerin yaklaşık yüzde kaçının nükleer enerjiye sahip olacağı ile ilgili tahminler bulunmaktadır. Şekle göre, Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma olasılığı 1990'lı yıllardan itibaren düzenli bir artış göstererek 2005 yılında %44.1'e ulaşmış, 2006 ve 2007 yılları projeksiyonuna göre ise %45.4 ve %46.3 olarak gerçekleşmiştir.<sup>32</sup> Bu eğilimden Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma olasılığının, önümüzdeki yıllarda eşik değeri olarak kabul edebileceğimiz %50'nin üzerine çıkacağı görülmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun AB ulusal hesap sistemi ESA 95'e uyum için milli gelir hesaplamalarında yaptığı değişiklik sonucu milli gelirin eskisinden yaklaşık %20-%30 civarında daha fazla olduğu, bunun yanı sıra Türkiye'deki kayıt dışı ekonominin boyutları düşünülürse, yukarıda verdiğimiz olasılık tahminlerinin olması gerekenden daha düşük olduğu anlaşılabilir. Farkı daha iyi görebilmek için, yeni değerlere göre de olasılık hesaplamalarını yaptık. Şekil 2'deki çizgili grafik, yeni kişi başı GSYİH serilerine göre yapılmış tahminleri göstermektedir. World Development Indicators'dan aldığımız kişi başı GSYİH değerleri (cari, uluslararası dolar cinsinden) 2005, 2006 ve 2007 yılları için sırasıyla \$10370, \$11535 ve \$12481 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerlere karşılık gelen Türkiye'nin nükleer enerjiyi seçme olasılıkları ise sırasıyla %54.1, %57.8 ve %60.5'dir. Ayrıca Türkiye nükleer enerji sahibi olmaya bugün karar verse bile, nükleer santralin inşa ve üretime geçme safhasının 7 ila 10 yıl sürdüğünü ve bu zaman zarfında pozitif ekonomik büyüme varsayımıyla milli gelirin şimdiki seviyelerinden daha da ilerde olacağını göz önüne alırsak, bahsi geçen olasılıkların daha da artacağını söyleyebiliriz. Bu veriler, Türkiye'nin dünyada nükleer enerji sahibi diğer ülkelerin özelliklerini de dikkate alınarak yaptığımız çalışmaya göre nükleer enerji seçme gerekliliğinin gittikçe güçlendiğini göstermektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2004 yılında yayımladığı "Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesi" taslak metninde elektrik enerjisi üretimi içerisinde nükleer santrallerin payının 2020 yılına kadar asgari %8, 2030 yılına kadar ise %20 olmasının hedeflendiği ifade ediliyor.<sup>33</sup> Şekil 3 ve 4'te modelimizdeki parametre tahminlerini kullanarak Türkiye'nin nükleer enerji üretiminin toplam enerji içindeki yüzdesi ile ilgili tahminler bulunmaktadır. Şekil 3'te Türkiye'nin nükleer enerji seçmiş olması koşuluna bağlı

<sup>32</sup> Veri setimiz, daha önce bahsettiğimiz gibi 1980–2005 yılları arasını kapsamaktadır. Bağımlı değişkenin tahmini değerlerini 2006 ve 2007 yılı için hesaplarken, kişi başı GSYİH için 2006 ve 2007 değerleri, diğer bağımsız değişkenler için ise 2005 değerleri kullanılmıştır.

<sup>33</sup> Bu metnin bir kopyası Hidroelektrik Santralleri Sanayi İşadamları Derneği'nin web sayfasındaki şu linkte bulunabilir: <http://www.hesiad.org.tr/stratejibelgesi.doc> (Erişim Tarihi 6 Ağustos 2009).

olarak üreteceği nükleer enerjinin beklenen değeri vardır. Şekil 4 ise, beklenen nükleer enerji üretim yüzdesinin koşulsuz değerini göstermektedir. Yani matematiksel olarak,  $y$  nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki yüzdesi olmak üzere, Şekil 3  $E(y|Nükleer Santral Kurulu)$  tahminlerini, Şekil 4 ise  $E(y)$  tahminlerini vermektedir. Bu iki ifade arasındaki ilişki ise  $E(y) = E(y|Nükleer Santral Kurulu) * P(Seçim)$  şeklindedir. Bu ifadedeki  $P(Seçim)$ , Türkiye'nin nükleer santrali seçme ihtimalidir ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 3'e göre, eğer Türkiye nükleer enerji santraline bugün sahip olmuş olsa idi, toplam enerjisinin yaklaşık %14 ila %16'sını nükleer enerjiden sağlayacaktı. Halen Türkiye'nin nükleer santrali bulunmadığı için, nükleer santrale sahip olma olasılığını da kullanarak yaptığımız hesaplamalara göre ise (Şekil 4), Türkiye'nin beklenen nükleer enerji yüzdesi %6 ila %10 civarındadır.

Bilgin (2009) ülkelerin enerji kararlarını alırken maliyet, kaynak çeşitliliği, taşıma güvenliği, verimlilik, teknoloji ve çevresel unsurları değerlendirdiklerini bildiriyor. Modelimizde, maliyet, kaynak çeşitliliği ve kısmen de çevresel unsurları kontrol edebiliyoruz. Ancak enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye'nin ithalatındaki arz güvenliğini de göz önüne almamız gerekmektedir. Enerji talebini göreceli olarak güvenli ve süreklilik arz eden kaynaklardan sağlayabilen (ithal eden) ülkelerin nükleer enerjiye ihtiyaçlarının hayati olmayabileceğini iddia edebiliriz. Ancak Türkiye'nin büyük oranda İran ve Rusya'ya bağımlılığı ve bu ülkelerin son yıllardaki güven vermeyen tutumları göz önüne alındığında nükleer enerjinin modelde tahmin edilenden daha öte bir gereklilik olduğu iddia edilebilir.

Türkiye'nin Kyoto Anlaşmasına taraf olmasıyla ve sera gazı salınımı konusunda bazı yükümlülükler altına girmesiyle petrol ve kömür gibi yüksek oranda sera gazı salınımına yol açan enerji kaynaklarından kısmen uzaklaşması beklenebilir. Dolayısıyla nükleer enerjiye ihtiyacı daha da artabilir. Ayrıca kayıt dışı ekonominin Türkiye'de yüksek olması da resmi milli gelir rakamlarının gerçek milli gelir rakamlarından küçük olmasına yol açmaktadır. Türkiye'nin gerçek milli gelirinin modelde kullandığımız rakamın en muhafazakar tahminle %30 üzerinde olduğu söylenilebilir. Milli gelir arttıkça nükleer enerjiye ihtiyacın arttığı göz önüne alındığında Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma gerekliliğinin belirtilen rakamdan daha büyük olduğu söylenebilir.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup>Bu konuya dikkatimizi çeken hakeme teşekkür ederiz.

## Sonuç

Son yıllardaki hızlı ekonomik büyümeyle birlikte Türkiye'nin enerji ihtiyacı çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Gerek cari açığı artırması gerekse çok stratejik bir üretim faktörü olmasından enerjideki dışa bağımlılık ekonomik ve politik yönden ülkeyi zayıflatmaktadır. Bu handikaptan kurtulmak isteyen politika yapıcılar enerji yatırımlarına özel önem vermektedir. Bu yüzden ülkenin tüm potansiyel kaynaklarının harekete geçirilmesine ihtiyaç vardır. Türkiye her ne kadar halen kullanmakta olduğu doğal gaz, kömür, su, rüzgar ve güneş gibi enerji kaynaklarında yeni yatırımlar yapsa da, birçoklarına göre nükleer enerji alternatifini kullanmadan ülkenin enerji bağımlılığının azaltılması mümkün değildir. Dünya ülkeleri ortalama elektrik üretimlerinin %15'ini nükleer kaynaklardan elde ederken bu oran Fransa'da %79'lara kadar çıkabilmektedir. Doğal olarak Türkiye de uzun yıllardan beri nükleer enerji alternatifini ciddi olarak ilgilenmiş ve birkaç kez bu konuda somut adımlar atmıştır.

Nükleer enerji karşıtları, santrallerin ekonomik performansı, operasyonları sırasında çevreye verecekleri potansiyel zarar, nükleer atık depolama problemleri, terörist faaliyetlere ve kazalara karşı güvenliklerinin sağlanması ve nükleer silaha yönelik bir basamak olması konularındaki kaygılarını sıklıkla dile getirmektedirler. Buna karşın enerji arzında çeşitliliğe ve dolayısıyla arz güvenliğine katkısı, bazı yönlerden alternatiflerine göre daha çevre dostu olması, nükleer silahlara sahip olmak için bir atlama taşı olması gibi avantajları nükleer enerjiyi destekleyenler tarafından öne çıkarılmaktadır. Nükleer enerjinin gerek ülkeler bazında gerek dünya ölçeğinde fayda-maliyet analizleri birçok çalışmada yapılmıştır. Ancak araştırma sırasında yapılması gerekli olan varsayımların sayıca çokluğu ve bunun sonuçları önemli oranda etkilemesi, bu çalışmalara olan güveni azaltmaktadır. Kullanılacak faiz oranı (social discount rate), uranyum, petrol, kömür, doğal gaz gibi yakıtların piyasa fiyatları, alternatif yakıtlardan kaynaklanan sera gazı ve diğer zararlı emisyonların küresel ısınmaya ve insan sağlığına etkisi gibi konularda birçok varsayım yapmak gerekmektedir. Bu değişkenlerin hemen hepsi sıklıkla büyük varyasyonlar geçirmekte, dolayısıyla bugün yapılan hesaplamalar gelecek sene çok az değer taşıyabilmektedir.

Biz bu çalışmada Türkiye'nin nükleer enerji teknolojisine sahip olup olmama kararını değerlendirdik. Ancak nükleer enerjinin avantajlarını ve dezavantajlarını ayrıntılı bir şekilde değerlendirmektense dünyada nükleer enerji teknolojisine sahip ülkelerle Türkiye'nin durumunu karşılaştırma yoluna gittik. Bir başka ifadeyle eğer Türkiye kendi sosyal, ekonomik ve tabii

zenginlik şartlarına sahip ülkeler gibi davranıyordu nükleer enerji teknolojisine sahip olur muydu, eğer olurduysa tüm enerji üretiminin ne kadarını nükleer kaynaklardan elde ederdi sorusuna cevap aradık. Yani hangi özelliklere sahip ülkeler nükleer enerjiye sahip oluyor sorusunun cevabını bulmaya çalıştık. Milli gelir, enerji kaynakları, enerji yoğunluğu, nüfus yoğunluğu vs. gibi değişkenlerin ülkelerin nükleer enerjiye sahip olup-olmama kararlarını etkileyeceğini öngördük. Özellikle, ülkelerin nükleer enerji konusundaki kararları ile gelirleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ve nükleer enerji ile gelir arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğu hipotezini test ettik. Elde ettiğimiz istatistikî sonuçlar bu hipotezi doğruladı. Çalışmamızda elde ettiğimiz parametre tahminlerine ve Türkiye'nin kişi başı milli gelir seviyelerine göre, Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma ihtimali %60 civarlarına çıkmıştır ve nükleer enerji sahibi olması durumunda nükleer enerjinin toplam enerji içindeki tahmini payı %14 ila %16 civarlarındadır.

## KAYNAKÇA

Aktar, İsmail, *The Future of Nuclear Power: A Worldwide Perspective*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Clemson, Clemson University, ABD, 2004.

Amemiya, Takeshi, "Tobit Models: A Survey," *Journal of Econometrics*, Cilt 24, Sayı 1-2, 1984, s. 3-61.

Bilgin, Mert, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı – Türkiye'nin Durumu ve Gelecek Alternatifleri", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 57-88.

Cameron, Colin, ve Trivedi, Pravin, *Microeconometrics Methods and Applications*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2005.

Çakır, M. Tarık, Sözen, Adnan, Yücesu, H. Serdar, "Türkiye'nin Sosyo-Ekonomik Göstergeleri ile Enerji Göstergeleri Arasındaki İlişkinin Çok Değişkenli Veri Analizi ile İrdelenmesi", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 27-56.

Danilovic, Vesna, "Conceptual and Selection Bias Issues in Deterrence." *Journal of Conflict Resolution*, Cilt 45, Sayı 1, 2001, s. 97-126.

Dinda, Soumyananda, "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, Cilt 49, Sayı 4, 2004, s. 431-455.

Fearon, James, "Selection Effects and Deterrence." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, Sayı 1, 2002, s. 5 - 29.

Goldstein, Joshua, Huang, Xiaoming, ve Akan, Burcu, "Energy in the World Economy, 1950-1992", *International Studies Quarterly*, Cilt 41, Sayı 2, 1997, s. 241-266.

Gore, Albert, Speech to New York University, New York, 19 Eylül 2006.

Grossman, Gene M. ve Krueger, Alan B., "Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper 3914*, National Bureau of Economic Research, 1991.

Heckman, James "Sample Selection as a Specification Error", *Econometrica*, Cilt 47, Sayı 1, 1979, p. 153-161.

Holdren, John ve Smith, Kirk , "Energy, the Environment, and Health", Jose Goldemberg (Der.), *The World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, New York, UN Development Programme, 2000, s. 61-110.

Huth, Paul, *Standing Your Ground: Territorial Disputes and International Conflict*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1996.

IEA, *World Energy Outlook*, IEA / OECD, Paris, France, 2006.



Joseph Hewitt, J. ve Gary Goertz, "Conceptualizing Interstate Conflict: How Do Concept-Building Strategies Relate to Selection Effects?" *International Interactions*, Cilt 31, Sayı 2, 2005, s. 163-82.

Karanfil, Fatih, "Enerji-Büyüme-Çevre: Türkiye Üçgenin Neresinde?", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, Kış 2009, s. 1-26.

Kuznets, Simon "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, Cilt 45, Sayı 1, 1955, p.1-28.

Lemke, Douglas ve William Reed, "War and Rivalry among Great Powers." *American Journal of Political Science*, Cilt 45, Sayı 2, 2001, s. 457-69.

NERA Economic Consulting ve University of Sussex, "The Economics of Nuclear Power" March 2006, Paper 4.

Nooruddin, Irfan, "Modeling Selection Bias in Studies of Sanctions Efficacy." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, Sayı 1, 2002, s. 59 - 75.

Panayotou, Theodore, "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development", *Working Paper WP238 Technology and Employment Programme*, Geneva: International Labor Office, 1993.

Poe, Steven C. ve James Meernik, "US Military Aid in the 1980s: A Global Analysis." *Journal of Peace Research*, Cilt 32, Sayı 4, 1995, s. 399-411.

Reed, William and David Clark, "Toward a Multiprocess Model of Rivalry and the Democratic Peace." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, Sayı 1, 2002, s. 77 - 92.

Rendall, Matthew, "Defensive realism and the Concert of Europe." *Review of International Studies*, Cilt 32, Sayı 3, 2006, s. 523-40.

Slantchev, Branislav L., Anna Alexandrova, ve Erik Gartzke, "Probabilistic Causality, Selection Bias, and the Logic of the Democratic Peace." *American Political Science Review*, Cilt 99, sayı 3, 2005, s. 459-62.

Steed, Roger G., *Nuclear Power: In Canada and Beyond*, Renfrew, General Store Publishing House, 2002.

Stoett, Peter, "Toward Renewed Legitimacy? Nuclear Power, Global Warming, and Security", *Global Environmental Politics*, Cilt 3, Sayı 1, 2003, s. 99-116.

Sovacool, Benjamin, "Coal and nuclear technologies: creating a false dichotomy for American energy policy," *Policy Sciences*, Cilt 40, Sayı 2, 2007, s. 101-122.

von Stein, Jana, "Do Treaties Constrain or Screen? Selection Bias and Treaty Compliance." *American Political Science Review*, Cilt 99, Sayı 4, 2005, s. 611-22.

Yandle, Bruce, Bhattarai, Madhusudan, ve Vijayaraghavan, Maya, "Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications", PERC research Study 2004, [http://www.perc.org/pdf/rs02\\_1a.pdf](http://www.perc.org/pdf/rs02_1a.pdf) (Erişim Tarihi 15-02-2009).

Tablo 1. Tanımlayıcı İstatistikler

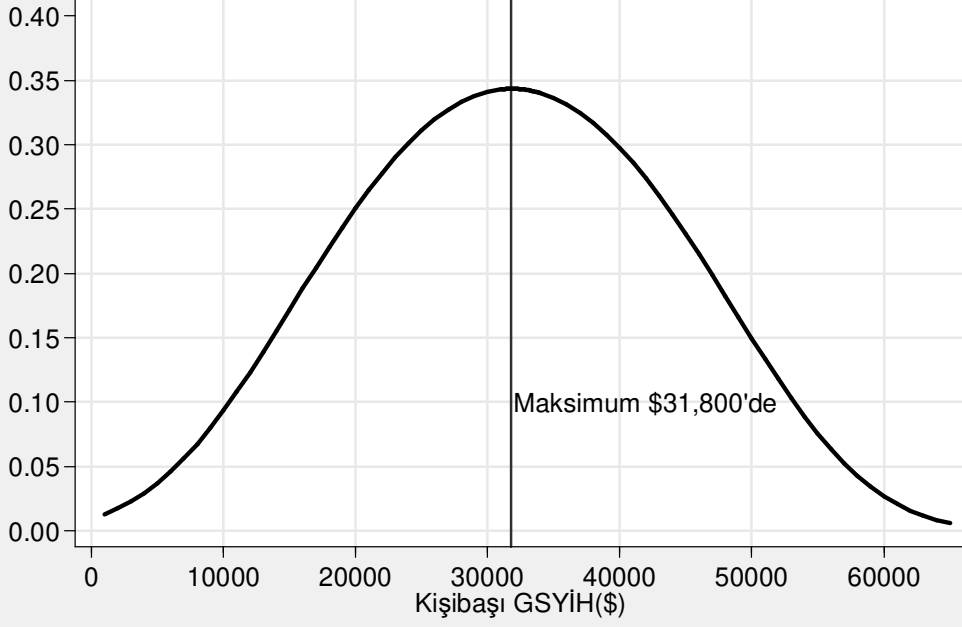
Yıl	Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Yüzdesi	Nükleer enerjiye Sahip Ülkelerin Yüzdesi	Kişi Başı GSYİH (\$)	Kömür (milyon kwh)	Doğal Gaz (milyon kwh)	Petrol (milyon kwh)	Hidroelektrik (milyon kwh)	Enerji Yoğunluğu	Varşova	Varil Başı Reel Ham Petrol Fiyatı (\$)	Elektrik Kapasite Kullanım Oranı	Ekonomik Serbestlik Indexi	Nüfus Yoğunluğu
1980	2.03	16.04	7,687	0.26	0.27	1.13	31,764.82	2.60	0.04	90.46	3.84E-04	5.40	88.02
1981	2.49	15.74	7,661	0.25	0.26	1.06	32,099.81	2.47	0.04	79.93	3.77E-04	5.42	88.43
1982	2.63	17.27	7,413	0.24	0.26	1.02	32,885.58	2.44	0.04	69.08	3.65E-04	5.39	89.39
1983	3.12	17.12	7,366	0.23	0.26	0.95	33,685.84	2.33	0.04	59.99	3.61E-04	5.39	90.37
1984	3.52	17.54	7,295	0.23	0.25	0.89	34,136.84	2.31	0.04	54.55	3.56E-04	5.38	92.19
1985	3.94	17.39	7,275	0.22	0.26	0.99	33,946.68	2.41	0.04	51.71	3.61E-04	5.44	92.99
1986	4.25	17.09	7,300	0.22	0.26	0.96	34,418.74	2.42	0.05	26.45	3.86E-04	5.44	93.41
1987	4.26	16.81	7,394	0.23	0.36	0.93	35,568.95	2.42	0.07	32.69	3.71E-04	5.44	94.55
1988	4.38	15.70	7,445	0.22	0.44	1.27	36,029.60	2.42	0.07	25.50	3.75E-04	5.43	97.13
1989	4.34	15.57	7,628	0.24	0.41	1.21	35,693.95	2.52	0.07	29.61	3.73E-04	5.43	98.00
1990	4.23	15.75	7,732	0.28	0.34	0.80	35,952.55	2.60	0.09	36.76	3.74E-04	5.65	98.12
1991	4.40	16.41	7,662	0.27	0.30	0.73	36,744.32	2.58	0.09	29.71	3.82E-04	5.65	99.07
1992	5.02	19.29	7,390	0.25	0.28	0.66	36,095.91	2.85	0.16	27.84	4.07E-04	5.66	97.21
1993	5.64	20.57	7,326	0.24	0.29	0.62	36,302.70	2.86	0.16	23.83	4.14E-04	5.66	98.22
1994	5.57	20.57	7,448	0.24	0.28	0.59	36,973.08	2.86	0.16	21.74	4.18E-04	5.66	99.51
1995	5.57	20.42	7,699	0.24	0.30	0.98	37,660.70	2.84	0.15	22.74	4.31E-04	5.98	100.85
1996	5.91	21.68	7,858	0.24	0.27	0.92	37,648.52	2.83	0.15	26.77	4.32E-04	5.98	101.60
1997	5.81	21.68	8,086	0.23	0.29	0.76	38,621.51	2.79	0.15	24.26	4.32E-04	5.98	103.11
1998	5.69	21.53	8,228	0.23	0.28	0.74	39,029.39	2.73	0.15	16.22	4.30E-04	5.98	104.28
1999	5.79	21.53	8,412	0.23	0.28	0.71	39,478.25	2.71	0.15	22.10	4.38E-04	5.98	105.81
2000	5.77	20.83	8,688	0.23	0.27	0.68	40,582.52	2.68	0.15	33.93	4.44E-04	6.40	107.38
2001	5.89	20.98	8,895	0.23	0.25	0.66	41,636.60	2.63	0.15	28.21	4.37E-04	6.37	109.38
2002	6.02	20.98	9,036	0.23	0.25	0.64	42,300.91	2.62	0.15	28.24	4.59E-04	6.41	110.76
2003	5.89	20.98	9,259	0.23	0.25	0.66	43,112.84	2.58	0.15	31.59	4.52E-04	6.39	112.15
2004	5.90	20.98	9,609	0.23	0.25	0.66	44,230.39	2.51	0.15	40.83	4.57E-04	6.41	113.53
2005	5.93	21.13	9,890	0.23	0.23	0.63	45,944.14	2.46	0.15	56.27	4.67E-04	6.54	115.67
Overall	4.89	19.12	8,037	0.24	0.28	0.82	37,755.70	2.61	0.11	36.67	4.10E-04	5.83	100.75

**Tablo 2.**

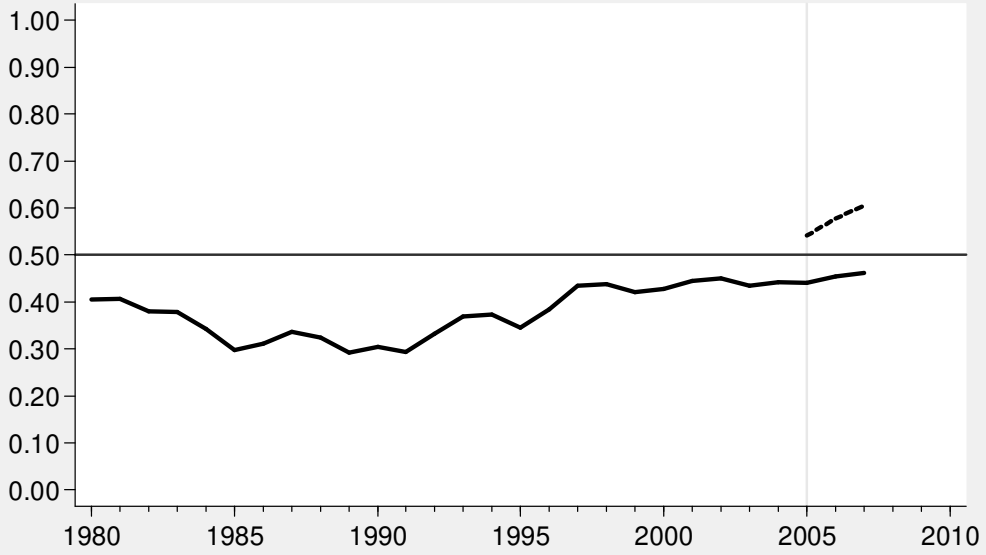
1. sütun seçim modelini yani nükleer enerjiye sahip olma kararı ile ilgili sonuçları (2. denklem), 2. sütun ise nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki yüzdesi ile ilgili sonuçları (1. denklem) sunmaktadır. En çok olabilirlik tahmincisi için dirençli standart hatalar kullanılarak elde edilmiş t değerleri parantez içinde verilmektedir. \*\*\*, \*\* ve \*, sırasıyla 1%, 5% ve 10% seviyelerinde anlamlı olan parametreleri göstermektedir

	<b>Seçim Modeli:</b> Nükleer Enerjiye Sahip Olma Kararı	<b>Bağımsız Değişken:</b> Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Yüzdesi
<b>GSYİH</b>	0.000123 *** (4.77)	0.0000184 *** (5.82)
<b>GSYİH<sup>2</sup></b>	-1.92E-09 ** (-3.08)	-1.38E-10 (-1.38)
<b>Kömür</b>	0.125 *** (6.04)	0.00498 (0.51)
<b>Doğal Gaz</b>	-0.0748 ** (-3.21)	-0.0161 *** (-3.31)
<b>Petrol</b>	-0.106 ** (-2.59)	-0.0288 *** (-5.88)
<b>Hidroelektrik</b>	0.0951 *** (4.36)	0.0105 *** (2.85)
<b>Elektrik Kapasite Kullanım Oranı</b>	550.1 (1.52)	
<b>Ekonomik Serbestlik Endeksi</b>	-0.198 *** (-4.51)	
<b>Nüfus yoğunluğu</b>	0.00241 *** (3.95)	
<b>Enerji Yoğunluğu</b>	0.212 * (2.43)	0.0689 * (2.32)
<b>Varşova</b>	0.891 *** (5.24)	0.239 *** (8.74)
<b>Çernobil</b>	0.0692 (0.37)	
<b>Enerji Maliyeti</b>		-0.000378 (-0.77)
<b>Geçmiş Enerji Maliyeti</b>	-0.00185 (-0.89)	
<b>Sabit Terim</b>	-1.23 ** (-2.78)	0.01 (0.06)

Şekil 1: GSYİH'ya Bağlı Olarak Nükleer Enerjiyi Seçme İhtimali

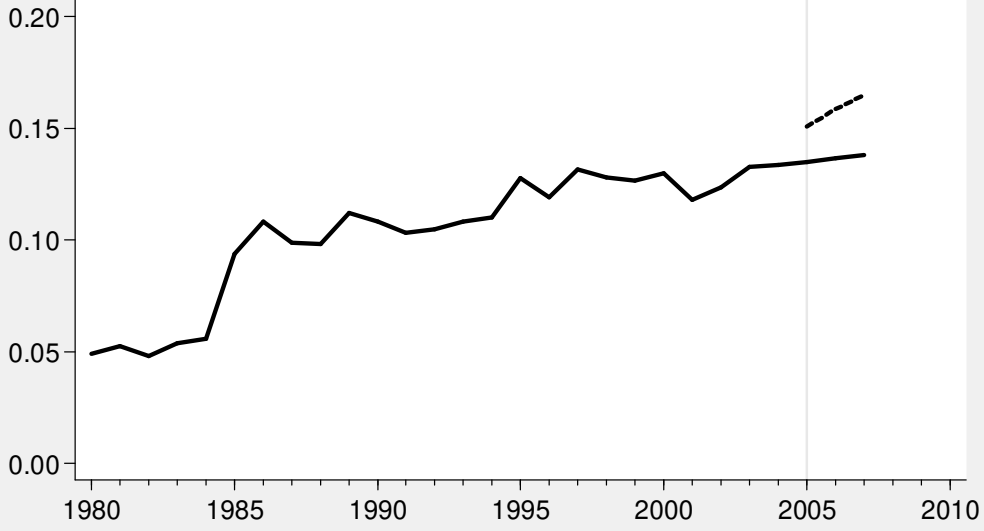


Şekil 2: Türkiye'nin Nükleer Enerjiyi Seçme İhtimali



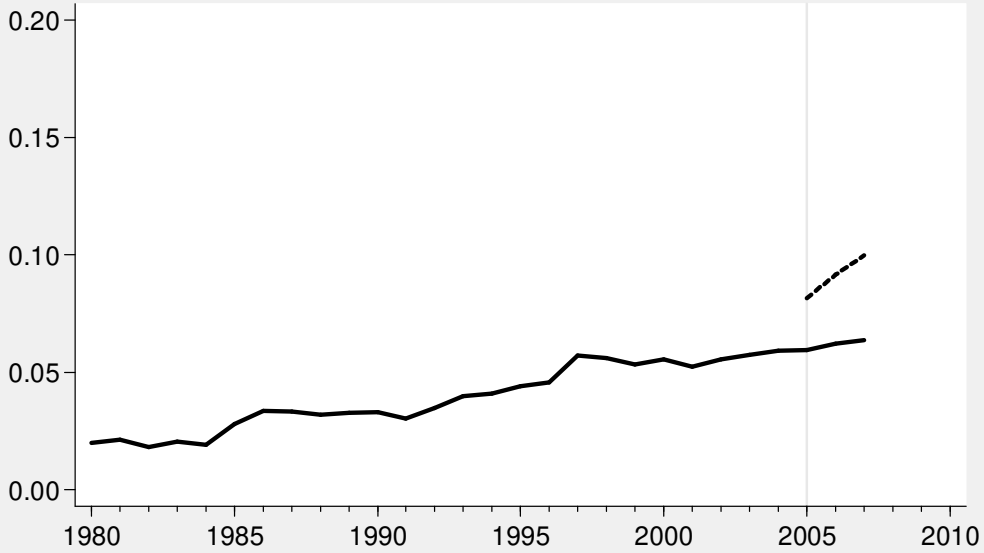
Not:  
2006 ve 2007 değerleri projeksiyondur.  
Çizgili grafik, yeni GSYİH serilerine göre hesaplanmıştır.

Şekil 3: Türkiye'nin Nükleer Enerjiyi Seçmiş Olması Durumunda Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Tahmini Payı



Not:  
2006 ve 2007 değerleri projeksiyondur.  
Çizgili grafik, yeni GSYİH serilerine göre hesaplanmıştır.

Şekil 4: Türkiye için Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Tahmini Payı



Not:  
2006 ve 2007 değerleri projeksiyondur.  
Çizgili grafik, yeni GSYİH serilerine göre hesaplanmıştır.

## Summary.

Our main focus in this paper is to analyze countries' decisions on whether to have nuclear generators and decisions on the share of nuclear energy in total energy. Then we use our estimated parameters to predict the probability that Turkey chooses nuclear energy and to predict the share of its nuclear energy in total energy. Our hypothesis is that decisions on nuclear energy issues are closely related with the income of the country. We propose that this relationship follows an inverted-U shape similar to those found in many environmental pollutants.

In the last two decades economists have rigorously studied the relationship between environmental quality and economic growth. Unlike previous presumptions, Grossman and Krueger (1991) show that environmental quality does not necessarily deteriorate with economic growth. They find that income growth causes environmental deterioration at relatively low income levels and further income growth causes environmental improvement at high income levels. Several arguments have been offered to explain this apparently robust empirical finding. First set of arguments are related with the structure of economies. At the early stages of development, countries basically have agrarian economies in which economic activities do not harm environment substantially. As the economy grows, economic activities tend to transform into industrial manufacturing which generally cause more environmental damage. However, as the economy grows further, the structure of the economy turns into service and information based sectors which cause relatively less environmental problems. Second, as individuals and societies get wealthier, the demand for environmental goods is presumed to increase. Wealthier nations will spend more on improving environment, or will be willing to carry a higher burden so that environment does not deteriorate. If we look at the same issue from a different angle, at relatively low levels of income, marginal value of environmental goods is low but at higher levels of income marginal value of environmental goods is high. Thus we expect a nonlinear relationship between income and environmental quality of the countries.

Numerous theoretical and empirical studies have followed Grossman and Krueger paper. Panayotou (1993) first used Environmental Kuznets Curve (EKC) term for this inverted-U relationship between economic development and environmental quality. The influence of international trade, globalization, technological improvement, property rights, and institutions on EKC has been studied in the literature. Many environmental indicators have been used to test EKC hypothesis including air pollution measures such as sulfur dioxide, nitrogen dioxide carbonated fluorocarbons, smoke, water pollution measures, or other measures such as carbon dioxide emissions, deforestations and traffic volume among others. However; even though nuclear power has been a very critical issue among environmental circles, there hasn't been much focus on use of nuclear power from EKC perspective. Aktar (2004) proposes that we can model the use of nuclear power like other environmental quality indicators. It is true that the use of nuclear power is not necessarily an indicator of environmental deterioration. However, in terms of its relationship with income level it can be considered as in EKC models.

To summarize, in this paper we hypothesize that there is an inverted-U relationship between per capita income levels of countries and their energy uses from nuclear sources. Since, we only observe the share of nuclear energy in total energy for those countries who *chose* to have nuclear energy, our sample has selectivity problems. Accordingly, we utilize a selection model to estimate the effect of income on decisions to have nuclear energy controlling other factors.

We obtain GDP per capita, population, and population density data from the database of the World Bank's World Development Indicators. Energy Information Administration from the US Department of Energy provides the energy data (World proved crude oil and natural gas

reserves, world estimated recoverable coal, world hydroelectricity installed capacity, world energy intensity, world total electricity installed capacity, and world total net electricity generation). We obtain economic freedom index from the website of the Fraser Institute of Canada.

We find a positive relationship between per capita real income and the probability of selecting to have nuclear power. This relationship, however, weakens as the *level* of income increases. Probability of selecting nuclear energy initially rises with income, but when the income increases beyond \$31800, it starts to decline. We also find that, the probability of selecting nuclear power continuously increases for Turkey starting from 1990s and becomes approximately %45-%46 by 2007. When we use the new GDP series of Turkish Statistical Institute in our estimations, the predicted probability of selection for Turkey increases to approximately %60. Finally, we find that if Turkey had a nuclear power generator today, the share of nuclear energy in total energy would be approximately %14-%16.