

## Emisyon Vergileri, Enerji Fiyatları Ve Teknolojik Yenilik

**Doç. Dr. Deniz AYTAÇ**

Hitit Üniversitesi

İİBF, Maliye Bölümü

denizaytac@hitit.edu.tr

### Özet

Temel üretim faktörlerinden olan enerji ekonomik büyüme üzerinde doğrudan etkili bir faktör olarak ülkelerin ekonomik büyümelerini etkilemektedir. Bu etki enerji fiyatlarındaki artış nedeni ile çoğu zaman negatif yönlü olsa da uyarılan yenilik hipotezine göre, fiyat değişimleri Ar-Ge yatırım etkileyerek, yeniliğin oranı ve yönüne tesir etmekte ve ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada enerji fiyatları (enerji vergileri dahil) ve yenilik arasındaki ilişki 1990-2014 yılları arasında Türkiye özelinde ele alınmış ve iki değişken arasında negatif yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Enerji fiyat artışlarının teknolojik yeniliği olumsuz etkilemesinde uygulanan enerji vergilerinin yapısı önemli bir rol oynamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Fiyatları, Emisyon Vergileri, Yenilik, VECM.

## Emission Taxes, Energy Prices And Technological Innovation

### Abstract

Energy, one of the basic factors of production, affects the economic growth of countries as a factor which has a direct effect on economic growth. Although this effect is often negative due to the increase in energy prices, according to the induced innovation hypothesis, price changes affect the rate and direction of innovation by influencing R&D investments and can positively affect economic growth. In this context, the present study examines the relation between energy prices (including energy taxes) and innovation in the case of Turkey between 1990 and 2014 and concludes that there is a negative causal relation between the two variables. The structure of energy taxes that are implemented plays an important role in the negative effect of energy price increases on innovation.

**Key Words:** Energy Prices, Emission Taxes, Innovation, VECM.

**JEL Classification Codes:** H23,O31,Q48,Q55

## GİRİŞ

Ülkelerin temel makro ekonomik hedefi olan büyüme farklı ekonomik değişkenlerden etkilenmekte ve bu değişkenleri etkilemektedir. Ekonomik büyümenin etkilendiği değişkenlerden biri de temel üretim girdisi olan enerjidir. Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki enerji fiyatları ve enerji tüketimi değişkenlerinden etkilenecek şekilde ortaya çıkmaktadır. Enerji kaynaklarının coğrafi olarak eşit dağılmaması ülkelerin enerji arz güvenliğini sağlamada tedbirler almaya sevk etmekte ve alınan ekonomik tedbirler ise doğrudan enerji fiyatlarını ve enerji tüketimini etkilemektedir. Enerji fiyatlarındaki artışın, talep esnekliğine bağlı olarak enerji tüketimini olumsuz etkilemesi dolaylı olarak ekonomik büyümeyi etkileyeceğinden arzu edilmemektedir. Bir taraftan enerji arz güvenliği ve enerji bağımlılığını azaltmaya diğer taraftan çevresel kirlenme ile mücadele etmeye çalışan hükümetler enerji tüketimini azaltmaya yönelmekte fakat bu hedefleri temel ekonomik amaçlardan olan ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemeden gerçekleştirmeyi planlamaktadırlar. İşte bu noktada çelişen amaçlar arasında uyumun sağlanmasında faktör fiyatlarının yenilik (inovasyon) üzerindeki etkisinden yararlanılabilir. Hicks (1932) tarafından ele alınan uyarılan yenilik hipotezine göre faktör fiyatlarındaki artış, teknolojik yeniliği uyarak ekonomide yenilik artışı sağlamakta, İçsel büyüme modelleri kapsamında teknolojik yenilikteki artış ise ekonomik büyümeyi olumlu etkilemektedir. Enerjinin temel üretim faktörlerinden biri olması söz konusu hipotezin enerji fiyatları açısından da geçerliliğini mümkün kılmaktadır. Özellikle emisyon vergilerinin teknolojik yenilik üzerinde sahip olduğu dinamik etki göz

önüne alındığında enerji fiyatları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki kuvvetlenmektedir. Söz konusu ilişki özellikle enerji bağımlılığı yüksek gelişmekte olan ülkeler açısından önem arz etmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada öncelikle enerji fiyatları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ele alınmış, ardından enerji fiyatları içinde önemli bir paya sahip olan enerji vergilerinden emisyon vergilerinin ve buna bağlı olarak enerji fiyatlarının teknolojik yenilik üzerindeki etkisi ampirik olarak incelenmiştir. Bu incelemede vergilerin dahil olduğu enerji fiyatlarının teknolojik yenilik üzerindeki etkisi talep itişli model kapsamında Türkiye özelinde ele alınmıştır. Türkiye enerji bağımlılığının cari açık üzerinde önemli etkisinin olduğu ayrıca ekonomik büyüme hedefinin gerçekleştirilmesinin önem arz ettiği bir ülke olması nedeni ile bu çalışmada çoklu ülke örnekleri yerine tekil ülke örneği olarak incelenmiştir.

## 1. Enerji Fiyatları ve Ekonomik Büyüme

Enerji fiyatları ile büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen iktisadi literatür temelde ikiye ayrılarak incelenebilir. Bu ayırım içinde ilk uygulama enerji fiyatları ve büyüme ilişkisini fiyat veya fiyat değişiminin büyüme üzerindeki etkisini klasik arz yönlü etki ile ya da asimetrik ilişkinin ağırlık kazanmasından sonra para politikasının etkisi ile açıklamaktadır. İkinci uygulama türünde ise enerji fiyatları ve büyüme ilişkisi enerji tüketim değişkeni üzerinden incelenmektedir.

Hamilton (1983), Burbridge ve Harisson (1984) gibi neoklasik iktisatçılara göre, sanayide kullanılan enerji miktarı arttıkça üretim miktarının ve dolayısıyla hasılanın artacağı varsayıldığında, tek sektörlü neoklasik üretim teknolojisi çerçevesinde sermaye (K), işgücü (L) ve enerji (E) ayrı girdiler olarak tanımlanabilir. Böylece üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir (Ghali, vd., 2004: 228):

$$Q = f(K, L, E) \quad (1)$$

Net çıktı ise:

$$Y = Q - P_E \quad (2)$$

olarak ifade edilmekte ve bu denklemde  $P_E$  enerjinin göreceli fiyatını temsil etmektedir. İlk üretim fonksiyonu denkleminin ikinci denkleme yerleştirildiği ve her bir faktörün marjinal ürünün fiyatına eşit olduğu durumda, enerji fiyatındaki değişimin net çıktı üzerindeki etkisi aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir.

$$\frac{dlnY}{dlnP_E} = \left[ \frac{P_C K}{Y} \right] \frac{dlnK}{dlnP_E} + \left[ \frac{P_L L}{Y} \right] \frac{dlnL}{dlnP_E} - \left[ \frac{P_E Y}{Y} \right] \quad (3)$$

Bu denklemde  $P_C$ ,  $P_L$  sırası ile sermayenin ve işgücünün göreceli fiyatlarını temsil etmektedir. Böylece enerji fiyatlarındaki değişimin etkisi her üretim faktörünün maliyet payı ve üretimde kullanılan işgücü ve sermaye miktarı üzerindeki enerji fiyatının ikame etkisi ile belirlenmektedir. Denklemde sağ tarafı enerji fiyat yükselişlerinin ekonomi üzerindeki olası etkilerini göstermektedir. Bu bölümdeki üçüncü terim, doğrudan enerji fiyat etkisini göstermekte ve enerji fiyatının maliyetlerindeki artıştan dolayı ilave kaynak ihtiyacının enerji ara girdisine ödenmesinden dolayı net çıktıda meydana gelecek düşüşü göstermektedir. Denklemdeki birinci ve ikinci terimler ise enerji fiyatlarının enerji ve sermaye, enerji ve işgücü arasındaki ikame ilişkisinden kaynaklanan etkiyi göstermektedir (Bohi, 1991:148-149).

Ekonomik büyüme söz konusu olduğunda yukardaki üretim fonksiyonu içinde enerji ile ekonomik büyüme arasındaki pozitif yönlü bir ilişkide, enerji tüketimini azaltıcı yönde uygulamalar ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyebilecektir. (Stern, 2004: 20). Bu olumsuz etkinin ortadan kaldırılabilmesinde önemli kriter ise enerji fiyatlarının oluşumu ve söz konusu fiyatların yenilik üzerindeki etkisidir.

Enerji fiyatları artışının enerji tüketimini azaltması bir taraftan ekonomik büyümeyi olumsuz etkilerken diğer tarafta yeni teknoloji üretimini uyarabilecektir. Büyüme yeni teknolojilerin içsel olarak yaratılması ve yayılmasının sürüklediği bir süreç olduğundan (Verdolini, Galeotti, 2011), enerji fiyatlarındaki değişim ve yenilik arasındaki ilişki ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyebilecektir. Bu etki temelde Hicks'in uyarılan yenilik (inovasyon) hipotezine dayanır. Uyarılan yenilik hipotezinde ilk olarak, nispeten daha pahalı olan üretim girdilerinden tasarruf etme hedefine

yönelik icatların uyarılmasında nispi/görelî faktör fiyatlarının rolünü vurgulanır. Söz konusu üretim faktörlerinin başında ise enerji gelmektedir.

Bu kapsamda bir sonraki bölümde uyarılan yenilik hipotezi kapsamında enerji fiyatları ve yenilik arasındaki ilişki incelenmiştir.

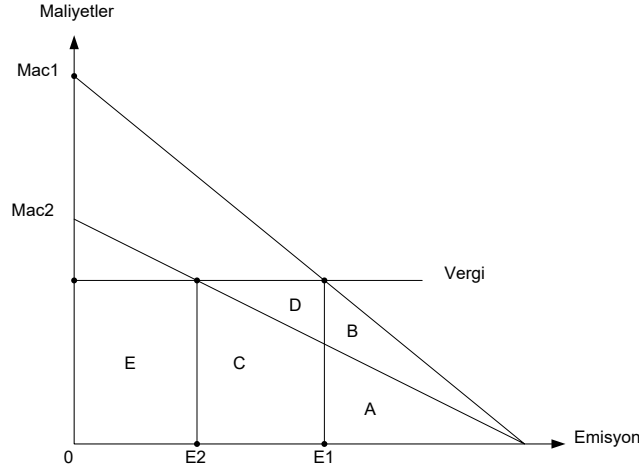
## **2. Enerji Fiyatları, Vergiler ve Yenilik**

Uluslararası ve ulusal fiyatlar olarak genelleştirebileceğimiz enerji fiyat oluşumları arasında ülkelerarası bazda en çok farklılaşma, ulusal fiyatlar söz konusu olduğunda görülmektedir. Ulusal fiyatlar arasındaki bu farklılaşma ise temelde kamu müdahale araçlarının fiyat mekanizmasına etkisi özelde ise vergi uygulamaları ve enerji tüketimi üzerindeki değişen vergi yüküne bağlıdır. Uygulanan enerji vergilerinin türü, matrahı, oranı, tabanındaki değişiklikler ülkeler arası enerji fiyat farklılıklarını derinleştirmektedir. Bu nedenle enerji fiyatları vergi dahil ve vergi hariç olarak ele alınarak ülkeler arası karşılaştırmalar yapılmaktadır. Bu karşılaştırmalarda vergi hariç enerji fiyatları birbirine yaklaşırken vergi dahil enerji fiyatları ise farklılaşmaktadır. Bu karşılaştırmalarda vergi hariç enerji fiyatları birbirine yaklaşırken vergi dahil enerji fiyatları ise farklılaşmaktadır. Vergi dahil enerji fiyatlarındaki artış yönlü değişim bir taraftan talep esnekliğine bağlı olarak enerji tüketimini olumsuz etkilerken diğer taraftan enerji vergilerinin sahip olduğu özellikler nedeni ile enerji tüketimi azalmalarının ekonomik büyüme üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiyi tolere edebilmektedir. Bu özelliklerin başında enerji vergilerinden olan emisyon vergilerinin sahip olduğu yenilik teşviki gelmektedir. Bu kapsamda ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olan yenilik kavramını kısaca ele almakta yarar vardır.

Günümüz ekonomisine artan oranlı olarak teknoloji ve yeniliğin yön vermesinin temelini öncelikle Schumpeter'in (1942) de ifade ettiği gibi, yeniliklerin kapitalist sistemi hareket halinde tutan temel dürtü olması oluşturur. Romer'in (1986) öncülüğünü yaptığı içsel büyüme modellerinde ekonomik büyümenin temel uyarını araştırma geliştirme (Ar-Ge) sektörünün ürettiği teknolojik yeniliktir. Yenilik; yaratıcı fikir ve ardından Ar-Ge ile başlayan ve patent ile sonuçlanan gelişimi içeren bir süreç olarak tanımlanır (OECD, 2008: 181). Bu süreç içinde üretilen teknolojik yenilik nihai malların üretiminde kullanılarak ekonomik çıktının büyüme oranını kalıcı olarak arttırmaktadır. Bu teorik temele dayanarak yapılan birçok ampirik çalışmada Ar-Ge yatırımlarının yeniliği, yeniliğin ise ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (Griffith vd., 2003; Zachariadis, 2003; Ülkü, 2007; Gülmez ve Akpolat, 2014). Büyümeyi pozitif yönde etkileyen yeniliğin enerji sektöründeki temel uyarılarının başında ise enerji fiyatları gelmektedir. Bu varsayımın temeli uyarılan yenilik (inovasyon) hipotezine dayanır.

İktisat literatürü, nispi fiyatlardaki değişmelerin genel olarak yeniliği uyardığını öne sürer (Newell, 2010; Popp, 2002). Hicks (1932) tarafından ele alınan uyarılan yenilik hipotezine göre, nispeten daha pahalı olan üretim girdilerinden tasarruf etme hedefine yönelik icatların uyarılmasında nispi/görelî faktör fiyatlarının rolü vurgulanır. Faktör fiyatlarıyla yenilik süreci arasındaki bağlantı ilk olarak Ahmad (1966), Kamien ve Schwartz (1968) ve Binswanger (1974) tarafından biçimlendirilmiştir. Bu çerçevede içinde, fiyat değişimleri bir firmanın Ar-Ge yatırım ve çalışmalarına dair kararını etkilemekte, böylece yeniliğin oranı ve yönüne tesir etmekte ve belli yönde teknolojik değişime yol açmaktadır. Bu kapsamda temel üretim faktörlerinden olan enerjinin fiyatları arttıkça, özel şirketler ve kamu kurumları, enerjiyi tasarruf eden veya daha düşük maliyetle üreten yeni enerji teknolojileri geliştirmek yönünde daha güçlü özendiricilere sahip olmaktadırlar. (Cheon ve Urpelainen, 2012). İlave olarak düzenleme (regülasyon) faktörü de uyarılmış yeniliği tetikleyebilmekte; kirlenmeyi veya atık üretimini kısıtlayan politikalar temiz enerji teknolojileri geliştirme yönünde özendiriciler yaratmaktadır (Newell vd., 1999). Bu düzenlemelerin başında enerji fiyatları içinde oldukça önemli bir paya sahip olan enerji vergileri gelmektedir. Popp'un 2002 yılındaki çalışmasında da belirttiği üzere; enerji fiyatları ve yenilik arasındaki anlamlı ve güçlü pozitif ilişkinin varlığı, bir bakıma çevre vergileri ve uygulanan regülasyonların çevre kirliliğini azaltmada, kirlenmeyi veya atık üretimini azaltmaya yardımcı olmasından ve aynı zamanda yeni teknolojilerin uzun dönemde kirlenme kontrolünü çok daha az maliyetle elde edilmesini sağlamasından kaynaklanmaktadır.

Söz konusu etkilere sahip enerji vergilerinin temel uygulama yöntemlerinin başında ise emisyon vergileri gelmektedir. Vergi her bir birim emisyon atığı üzerinden alındığından vergi uygulaması, ilave kirlilik azaltımının marjinal maliyetini vergi oranının altında tutmaya fırsat verecek yeni teknolojilerin geliştirilmesini teşvik edebilmektedir (Smith, 1998). Regülasyon ve komuta politikalarında firmalar belli emisyon limitleri ile karşı karşıyadır ve bu politikalar kirlenici emisyonu azaltıcı teşvikler içermez. Oysa vergiler sahip oldukları dinamik etkinlik özelliği nedeni ile firmalara maliyet etkin azaltım yolu ile firmaların kirlenici emisyonunu düşürmeleri için sürekli teşvik sağlarlar. Tüketicileri ise daha az kirlenici ürünlerin talebi ve kirlenici aktivitelerin azaltımı konusunda teşvik ederler (OECD, 2001: 24).



**Kaynak:** OECD. (2001). Environmentally Related Taxes in OECD Countries, 23.

### Grafik 1: Vergilerin Dinamik Etkinliği

Grafik'1 de görüldüğü üzere marjinal azaltım maliyet ( $Mac_1$ ) eğrisinin altında kalan A ve B alanları emisyonu  $E_1$ 'e düşürmenin azaltım maliyetleridir. C, D, E alanları ise 0- $E_1$  düzeyinde gerçekleşen emisyon sonucu kirlenenin ödemesi için gerekli olan vergi ödemesidir. İzin verilen kirlenme düzeyindeki bu sürekli vergi ödemesi kirlenene kirlenmenin azaltımı ve maliyet azaltıcı yenilikler için dinamik teşvik sağlamaktadır. Azaltım maliyetleri düştükçe vergilerin kirlenme azaltım teşvikleri de artmaktadır. Örneğin teknik süreç marjinal azaltım maliyetini  $Mac_1$ 'den  $Mac_2$ 'ye düşürürken vergi aynı düzeyde kalmakta ve firma  $E_2$  emisyon düzeyine gerilemektedir. Böylece firma B ve D alanlarını azaltım maliyetlerini düşürerek tasarruf etmekte C alanını ise vergi ödemesini düşürerek tasarruf etmektedir (OECD, 2001:29).

Vergilerin ve dolayısıyla fiyatların bu etkisi yenilik faaliyetleri üzerindeki talep çekişli ve teknoloji itişli etkilerin teorik dayanağıdır. İlk olarak Hicks (1932) tarafından ileri sürülen bu düşünceye göre, nispi faktör fiyatlarındaki değişimler, nispeten daha pahalı hale gelen faktöre yönelik ihtiyacı azaltan yenilikleri uyarır. Daha genel olarak, hem talepteki değişimlerin hem de teknolojik imkân ve kabiliyetlerdeki değişimlerin yenilik oranı ve istikametini belirlediklerini ileri sürer. (Griliches, 1990; Verdolini ve Galeotti, 2011). Bu bağlamda Verdolini ve Galeotti'nin çalışmasını (2011) izleyerek, talep, teknolojik kabiliyet ve yenilik arasındaki ilişki şöyle ifade edilebilir:

$$I_t = f(D_t, TC_t) \quad (4)$$

Burada  $I$  yenilik faaliyetini,  $D_t$  talebi,  $TC_t$  teknolojik kabiliyeti gösterir. Bir ekonomide enerjinin beklenen genel kıtlığının işareti olan, beklenen enerji fiyatları talebi temsil etmek için kullanılabilir. Enerji fiyatlarının artması, enerjiyi daha düşük bir ortalama maliyetle üreten veya daha verimli kullanan teknolojilere yönelik AR-GE yatırımlarına girişme isteğini artırır. Daha somut olarak, enerji fiyatlarında politikanın uyardığı bir artış, temiz veya enerji tasarruf edici teknolojik yeniliğin oluşturulmasını tetikler ve geçmişteki yenilik faaliyetlerinin bugünkü yenilik faaliyetlerini, bugünkü yenilik faaliyetlerinin ise gelecekteki yenilik faaliyetlerini uyarması beklenir (Kruse ve Wetzel, 2015).

Bu birikimli etkide, önceki yeniliklerin olumlu etkisi, sonraki yenilikleri mümkün kılmak, maliyetleri düşürmek veya gelişmeyi hızlandırmak ve böylece sonraki yenilikler için özel faydalar oluşturmaktır (Scotchmer, 1991). Bu kapsamda geçmişteki yenilik faaliyetleri için bir ölçü olarak geçmişteki yeniliğin dönem sonu stokunu ( $K_{t-1}$ ) kullanılarak, denklem 4 aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$I_t = g(p_t^e, K_{t-1}) \quad (5)$$

Bu eşitlik doğrultusunda hem enerji fiyatlarının hem de geçmiş ve bugünkü yeniliğin birikimli olarak yenilik faaliyetini olumlu yönde etkilemesi beklenir (Kruse ve Wetzel, 2015). Bu beklentileri takip ederek, hükümetler enerji yeniliklerini iki yoldan destekleyebilir: enerji fiyatlarını arttıran ve böylece yeniliğin özel getirisini arttıran politikalar uygulamak, yani talep çekişli model uygulaması, ve bilgi stokunu arttıran ve böylece yenilik üretmenin özel maliyetini azaltan politikalar uygulamak, yani teknoloji itişli model (Nemet, 2009), diğer bir ifade ile teknolojik değişim modeli (Grubler ve Nemet, 2014; Jacobsson ve Bergek, 2004) uygulaması. Talep çekişli uygulamalara; Emisyon vergileri ve emisyon ticareti sistemleri gibi enerji fiyatlarını arttıran politikalar örnek olarak verilebilir. Bilgi stokunu arttıran politikalar, bilimsel ve teknolojik bilgilerin üretimine ve bunlar için patent alınmasına devlet desteği, kaliteli öğretim ve eğitim sistemleri sunulması, iş ağları ve teknoloji transferinin teşvik edilmesi, Ar-Ge faaliyetlerinin devletçe desteklenmesi ve özel Ar-Ge yatırımlarını teşvik edecek vergi düzenlemeleri ise teknoloji itişli politika uygulamalarına örnektir. (Nemet, 2009). Bu açıklamalar ışığında bu çalışmada talep çekiş modeli kısıtı altında enerji fiyatları ile yenilik arasındaki ilişki Türkiye özelinde incelenmiştir.

Enerji fiyatları ve vergileri söz konusu olduğunda Türkiye birçok ülkeden farklı bir özellik sergilemektedir. Enerji vergilerinin enerji fiyatları içindeki oranları enerji türlerine göre farklılaşsa da söz konusu oranlar diğer ülke ortalamalarının oldukça üzerindedir. Enerji fiyatları içinde önemli paya sahip olan vergiler ise yukarıda değindiğimiz teknolojik yenilik üzerinde dinamik etkiye sahip olan emisyon vergileri yerine, enerji tüketimini esas alan spesifik matraha sahip Özel Tüketim Vergisi ve advalorem matraha sahip %18 oranında Katma Değer Vergisinden oluşmaktadır. Bu kapsamda enerji türlerine göre verginin fiyat içindeki payı 2015 yılı baz alınarak incelendiğinde: kömürün neden olduğu yüksek karbon emisyonuna yüksek rağmen %18 oranında Katma Değer Vergisi dışında herhangi bir vergiye konu olmadığı görülür. 95 Oktan benzin ve dizelde ise pompa fiyatı bileşenleri içindeki en büyük pay vergilere aittir. Bir litrelik benzinin pompa fiyatı içinde, dolaylı verilerin payı %60,8 dizelde ise bu oran %52,7 'ye ulaşmaktadır. Bir diğer önemli enerji türü olan doğal gaz da ise satış fiyatı içindeki vergilerin oranı %15,8 dir. Elektrik fiyatları içindeki vergi ve yükümlülüklerin oranı konut tüketicileri için yaklaşık % 21.6'yı bulmaktadır. Türkiye özelinde incelenen enerji türleri içinde, emisyon vergisi yerine tüketim vergileri olarak uygulanan enerji vergilerinin payı %16 ile %61 arasında değişen paya sahip olmakta, fiyatlar içindeki bu yüksek vergi oranları bir taraftan nominal olarak enerji fiyatlarını, diğer taraftan enerji fiyat endekslerini yükseltmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada Türkiye de enerji fiyatları ve teknolojik yenilik arasındaki ilişkinin, vergilerin dolaylı etkisi kabulü altında, incelenmesi hedeflenmiştir.

### 3. İlgili Literatür

Enerji sektöründe yenilik literatürü iki temel kategoride ele alınmaktadır. İlk kategoride yenilik sistemi, teknolojik değişim modeli üzerinden açıklanır (Grubler ve Nemet, 2014; Jacobsson ve Bergek, 2004). Bu çalışmanın da temelini oluşturan İkinci kategoride ise talep çekiş modeli kapsamında, politik ve ekonomik faktörlerin yenilik üzerindeki etkisi incelenir. Politik ekonomik perspektifte, devletin piyasa üzerindeki düzenleyici rolü ve özellikle ekonomik perspektifte enerji fiyatlarının teknolojisi yenilikler üzerindeki etkisi ele alınır (Brutschin, Feig, 2016). İkinci kategoride yer alan ve politik ve ekonomik faktörler üzerinden hareket eden incelemeler kendi içinde daha alt düzeyde kategorize edilebilir. Bu kategorilerden ilki, çalışmalarda kullanılan yöntemde ortaya çıkmakta, bazı çalışmalar özel ve bazıları ise genel bakış açısı ile tahminde bulunmaktadır. Örneğin Aghion vd., 2012 yılındaki çalışmalarında enerji fiyatları ve teknolojik değişim arasındaki ilişkiyi otomotiv sanayi üzerinden incelerken, Newell vd. (1999), enerji tüketen bir grup dayanaklı tüketim malının ortalama verimliliğini değerlendirmiş, Popp ise 2002 yılındaki çalışmasında tek bir sanayi kolu yerine daha makro düzeyde bir incelemede bulunmuştur. Bir diğer alt kategoride ise incelemeler

tek bir ülke örneğini yada birden çok ülkeyi kapsayan çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca çalışmalar, kullanılan değişkenler ve tahmin yöntemleri açısından da farklılaşmakta tüm bu farklılıklar ise tahmin sonuçlarını etkileyebilmektedir.

Bu kapsamda literatürü kronolojik olarak ele alındığında, konu ile ilgili ilk incelemelerden olan Boyd ve Karlson (1993) yılındaki çalışmalarında enerji fiyatlarının teknoloji tercihini belirlediği sonucuna vardıkları görülür. Takip eden dönemde Popp 2012 yılında yayınladığı çalışmasında 1970-1994 yılları arasında Amerika'da enerji fiyatları ile enerji tasarruf teknolojilerindeki yenilik arasındaki ilişkiyi enerji fiyat endeksi ve patent değişkenleri kapsamında havuz regresyon analizi ile incelemiş ve değişkenler arasında pozitif ve istatistiki olarak anlamlı bir ilişkinin varlığı sonucuna ulaşmıştır. Newell vd (1999), hem enerji fiyatlarının hem de enerji verimliliği standartlarının enerji tüketen bir grup dayanaklı tüketim malının (oda klima cihazları, merkezi klima cihazları ve gaz yakıtlı su ısıtıcılar) ortalama verimliliği üzerindeki etkisini ele almışlardır. Söz konusu çalışmada, zaman içinde, enerji fiyatlarındaki değişmelerin hem yeni modeller üretilmesi ve piyasaya sürülmesini hem de eski modellerin ABD piyasasından çekilmesini uyardığı sonucuna ulaşılmıştır. Cheon ve Urpelainen (2012) 1989-2007 yılları arasında 23 OECD ülkesini kapsayan çalışmalarında, petrol fiyat artışlarının yenilenebilir enerji piyasasında teknolojik yenilikleri artırdığı yapılan regresyon analizi ile tespit etmişlerdir. Kim 2014 yılındaki taşımacılık sektörü için yaptığı, 12 ülkeyi kapsayan çalışmasında sabit etkili Poisson Modelini kullanmış ve yakıt fiyatlarındaki artışın, enerji etkinliğini ve enerjide teknolojik yeniliği artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Ley vd. (2013) 30 yıllık dönemde 18 OECD ülkesini analiz etmiş ve çok değişkenli doğrusal regresyon modeli kullanarak, nihai kullanıcı enerji fiyatları ile yeniliğin yoğunluğu arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu sonucuna varmışlardır. Fei ve Rasiah 2014 yılındaki çalışmalarında 1994-2011 yıllarında Kanada Ekvator, Norveç ve Güney Afrika için ARDL ve VECM modellerini kullanarak enerji fiyatları, ekonomik büyüme ve teknolojik yeniliğin ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı kullanılan tahmin yöntemi ve enerji fiyat değişkenini temsilen bir enerji türü fiyatı yada endeks kullanmak yerine Tüketici fiyat endeksinin tercih edilmiş olmasıdır. Brutschin ve Fleig ise 2016 yılındaki çalışmalarına 116 ülkeyi dahil etmiş ve 1980-2012 dönemi için sabit etkili Poisson Modelini kullanarak petrol ve diğer fosil yakıt fiyatları ile Ar-Ge harcamaları arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Literatür incelemesi ışığında bu çalışmada enerji fiyatları ve enerji sektöründeki teknolojik yenilik arasındaki ilişki eşbütünleşme analizi kapsamında incelenecektir.

#### 4. Veriler ve Metodoloji

Çalışmanın bu bölümünde çoklu nedensellik ilişkisi kapsamında Türkiye'de 1990-2014<sup>1</sup> yılları arasında enerji fiyatları ve enerji sektöründeki teknolojik yenilik arasındaki ilişki test edilerek yorumlanmıştır. Söz konusu ilişkinin test edilmesinde enerji fiyat verisi (ef) olarak 1990-2014 yılları arasında Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yayınlanan (IEA, 1990-2014) sanayi ve hanehalkı reel enerji fiyat endeksi (toplam enerji) kullanılmıştır. Yenilik verisi (yeni) ise daha öncede belirtildiği üzere ampirik çalışmalarda yeniliğin çıktısı olarak kullanılan enerji sektörü patent sayıları (Bakınız, Soete,1981; Van Hulst, vd., 1991) ile temsil edilmektedir. Bu kapsamda yenilik serisi için OECD'nin yaratıcı ülkelere göre teknolojik gelişme istatistiklerinden yararlanılmıştır. Söz konusu istatistiklerde enerji sektöründeki toplam patent sayıları kullanılmıştır. Bu toplam içinde çevre yönetimi, su ile ilgili adaptasyon teknolojileri ve atık yönetimi yenilenebilir enerji, enerji etkinliği, ulaşım konularını içeren iklimi değişikliği alanındaki teknolojik yenilikler yer almaktadır.

Değinilen içeriklere sahip olan seriler ampirik analiz için öncelikle logaritmik hale dönüştürülmüştür. İkinci aşamada ise değişkenlerin birim kök içerip içermediği incelenmiştir. Birçok makroekonomik zaman serisi birim kök içermektedir (Nelson, Ploser 1982). Birim kök içeren seriler kullanılarak yapılan tahmin seriler arasında gerçekte bir ilişki yokken, aralarında bir ilişki varmış gibi sonuç vereceğinden, serilerin durağan olmaması sonuçları etkileyecek hatta geçersiz hale getirebilecektir. Bu

<sup>1</sup> Çalışmada kullanılan OECD verilerden enerji sektörü patent istatistikleri 1990 yılında başladığından, incelenen dönem 1990-2014 yılları ile kısıtlanmak zorunda kalmıştır.

nedenle serilerin birim kök içerip içermedikleri sağlıklı bir ekonometrik tahmin yapılabilmesi açısından önemlidir. Bu nokta da çalışmamızda birim kök analizi için Genişletilmiş Dickey Fuller(AUG) ve Phillips-Perron ve Kwiatkowski-Philips- Schmidt-Shin (KPSS) testleri uygulanacaktır.

Birim kök testlerinin temelini Dickey Fuller Testi oluşturmakla birlikte Dickey Fuller(DF) testi hata terimlerinin otokorelasyon içermesi durumunda yetersiz kalmakta ve DF testinin etkin kullanımını engellemektedir (Madala, Kim, 1998: 75-76). Dickey Fuller birim kök testinin bu eksikliği ise Dickey ve Fuller birim kök testinde yer alan bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin bağımsız değişken olarak modele dahil edilmesi ile elde edilen Genişletilmiş Dickey Fuller(ADF) testi ile giderilmektedir. Bu kapsamda çalışmada serilerin durağanlığı öncelikli olarak ADF analizi ile test edilmiştir. Sonuçların güvenilirliği açısından seriler ayrıca parametrik olmayan bir yaklaşımın kullanıldığı Philips- Perron(1988) birim kök testi ile de sınanmıştır.

**Tablo 1: Birim Kök Testleri Sonuçları**

Değişkenler	ADF- istatistiği (düzey)	MacKinnon 5% kritik değer	PP-istatistiği (düzey)	MacKinnon5% kritik değer
lnyeni	-2.289348	-2.991878	-2.397371	-2.991878
lnef	-1.063713	-2.991878	-0.939380	-2.991878
Değişkenler	ADF- istatistiği (ilk fark)	MacKinnon 5% kritik değer	PP-istatistiği (ilk fark)	MacKinnon 5% kritik değer
$\Delta$ lnyeni	-5.689287	-2.998064	-10.63338	-2.998064
$\Delta$ lnef	-6.181128	-2.998064	-6.278653	-2.998064

Her iki testin sonucunda değişkenlerin birim kök içerdiğine dair boş (temel) hipotez ret edilememiştir. Bu iki testin yanı sıra gecikme uzunluğu seçimine karşı daha az duyarlı olan ve bu nedenle ADF ve PP testlerinin sonucunu desteklemek amacıyla (Maddala ve Kim, 1998) önerilen KPSS testi sınamalara dahil edilmiştir. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar Tablo 2’de yer almaktadır.

**Tablo 2:KPSS Test Sonuçları**

Değişkenler	KPSS 5% Kritik Değer	KPSS Test Sonuçları (düzey)
lnyeni	0.463000	0.696693
lnef	0.463000	0.656028
Değişkenler	KPSS 5% Kritik Değer	KPSS Test Sonuçları (ilk fark)
$\Delta$ lnyeni	0.739000*	0.500000
$\Delta$ lnef	0.739000*	0.089362

KPSS testinde diğer testlerden farklı olarak boş (temel) hipotez serilerin durağan olduğu şeklindedir. Tablo 2’deki sonuçlarda değişkenlerin düzeydeki sonuçları %5 anlamlılık kritik değerden büyük olduğundan boş hipotez ret edilmekte, birinci derece farkta ise diğer testleri destekler nitelikte değişkenlerin durağan olduğu sonucuna varılmaktadır. Birbirini destekleyen üç birim kök testi sonucunda değişkenlerin düzeyde değil fakat ilk farklarında durağan olması değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin sorgulanmasını gündeme getirmektedir. Birinci dereceden durağan olan seriler arasındaki eşbütünleşme analizi için öncelikle VAR modeli kapsamında analizde kullanılacak gecikme uzunluğu 4 olarak tespit edilmiştir. Uygulanacak modelde kaç tane eşbütünleşik vektör olduğu ise Johansen Yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Bu yaklaşımın tercih edilmesinin nedeni, söz konusu modelin iki ve ikiden fazla değişkenin bulunması durumunda değişkenler arasında birden fazla denge ilişkisi olabileceğinden, modeldeki tüm değişkenleri içsel olarak kabul etmesi ve normalleştirme için değişken seçiminde ihtiyaç duymamasıdır (Sevüktekin, Nargeleçekenler; 2010). Bu yaklaşım doğrultusunda kullanılacak deterministik bileşenli uygun modelin belirlenmesi ise tahmin sürecinin diğer aşamasını oluşturmaktadır. Model seçim sürecinde Pantula ilkesi kapsamında en kısıtlı

hipotezden başlayarak iz istatistikleri ve kritik değerler karşılaştırılarak doğrusal deterministik trend içeren Model 3'ün eşbütünlüşme testi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu model kapsamında Trace (iz) istatistiği ve Maksimum Eigenvalue İstatistiği uygulaması ile elde edilen eşbütünlüşik vektör sayısı Tablo 3'de yer almaktadır.

**Tablo 3: Johansen Eşbütünlüşme Testi Sonuçları**

$H_0$	$H_1$	$J_{iz}$ istatistiği	Kritik Değer (%5)	$J_{max}$ istatistiği	Kritik Değer (%5)
$r=0$	$r \geq 1$	24.766**	15.494	21.959**	14.264
$r \leq 1$	$r \geq 2$	2.807	3.841	2.807	3.841

\*%1'de anlamlı, \*\*%5'de anlamlı, \*\*\* %10'da anlamlı

Tablo 3' deki sonuçlar ışığında iz ve maksimum Eigenvalue istatistiğinin tek bir eşbütünlüşik vektöre işaret ettiği görülmüştür. İz istatistiğinde değişkenler arasında eşbütünlüşmenin olmadığını ifade eden boş hipotez %5 anlamlılık düzeyinde test istatistiği kritik değerden büyük olduğundan reddedilmekte, alternatif hipotez olan  $r \geq 1$  ise kabul edilmektedir. Maksimum Eigenvalue testinin de %5 anlamlılık seviyesinde elde edilen bulguları desteklemesi ve ikinci aşamadaki  $H_0=r \leq 1$  temel hipotezin hesaplanan değer kritik değerden küçük olması nedeni ile reddedilememesi tek bir eşbütünlüşik vektörün varlığı sonucunu kuvvetlendirmiştir.

Bu bulgular ışığında Johansen eş-bütünlüşme analizinden elde edilen uzun dönem denge modeli aşağıdaki gibidir:

$$\ln y_{eni} = 0.436725 - 0.053233 \ln ef \quad (6)$$

(0.12238)      (0.03468)

Elde edilen sonuçlar teknolojik yenilik ile enerji fiyatları arasında negatif yönlü bir ilişkinin olduğunu işaret etmektedir. Engle ve Granger 1988 yılındaki çalışmalarında uzun dönemde iki değişken arasındaki eş bütünlüşme ilişkisinin tek yada iki yönlü nedensellik ilişkisini de beraberinde getireceğini belirtmiş bu nedenle değişkenler arası nedensellik testinin yapılmasını önermişlerdir. Bu kapsamda aşağıdaki eşitlik doğrultusunda değişkenler arası kısa dönem nedensellik ilişkisi test edilmiştir.

$$\Delta \ln y_{eni} = \alpha_1 + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} \Delta \ln y_{eni,t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{1i} \ln ef_{t-i} + \lambda_1 ECT_{t-1} + u_1 \quad (7)$$

$$\Delta \ln ef = \alpha_2 + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} \Delta \ln ef_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{2i} \ln y_{eni,t-i} + \lambda_2 ECT_{t-1} + u_2 \quad (8)$$

Model'de ( $\alpha$ ) sabiti, ( $k$ ) gecikme uzunluğunu,  $ECT_{t-1}$  elde edilen kalıntılar serisinin bir gecikmeli değerini gösteren hata düzeltme terimini ifade etmektedir. Kısa dönem nedensellik ilişkisini test etmek için 7 no'lu denklemde  $\Delta \ln ef$  teriminin gecikmeli değerine ve 8 no'lu denklemde  $\Delta \ln y_{eni}$  teriminin gecikmeli değerine F testi yapılır. Bu kapsamda uygulamada Wald testi kullanılarak değişkenler arası kısa dönem neden sellik ilişkisi incelenmiştir. VEC modeline<sup>2</sup> dayalı Granger Nedensellik Analizi sonuçları ise Tablo 4'de yer almaktadır.

<sup>2</sup> VEC modelinin istatistiksel olarak güvenilir olup olmadığı diagnostik testler yardımı ile incelemiştir. Bu kapsamda regresyon tahmininin, otokorelasyon ve değişen varyans sorununun olmadığı ve normal dağılıma sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bakınız ek tablo 1,2,3.



**Tablo 4: Hata Düzeltme Modeline Dayalı Granger Nedensellik Test Sonuçları**

Denklem	Bağımlı Değişken	Bağımsız değişken	
7	$\Delta$ lnyeni	$\Delta$ lnyeni <sub>t-1</sub>	----
		$\Delta$ lnef <sub>t-1</sub>	2.140695***
		ECT <sub>t-1</sub>	-0.436725**
8	$\Delta$ lnef	$\Delta$ lnef <sub>t-1</sub>	-----
		$\Delta$ lnyeni <sub>t-1</sub>	1.107658
		ECT <sub>t-1</sub>	-0.411127

Kritik Değerler Mackinnon (1996)'dan alınmıştır. \*%1'de anlamlı, \*\*%5'de anlamlı, \*\*\* %10'da anlamlı

Tablo 4'de elde edilen hata düzeltme modeline dayalı Granger nedensellik testi sonuçları değişkenler arasında tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir.  $\Delta$ lnyeni değişkenin bağımlı değişken olduğu 7 no'lu denklemde  $\Delta$ lnef değişkeni %10 anlamlılık düzeyinde, hata düzeltme parametresi ise %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel anlamlı ve  $\Delta$ lnyeni'nin Granger nedenidir. Sonuçlar ışığında enerji fiyatları teknolojik yeniliğin Granger nedenidir, fakat 6 no'lu denklemde belirtildiği üzere söz konusu ilişki negatif yönlüdür. Diğer bir ifade ile enerji fiyatlarındaki bir artış Türkiye'de teknolojik yeniliği negatif yönlü etkilemekte, yeniliğin çıktısı olan patent sayısında azalışa neden olmaktadır.

Tespit edilen, enerji fiyatlarından teknolojik yeniliğe doğru olan tek yönlü nedensellik ilişkisi, değişkenlerdeki değişimin kaynağını gösteren Varyans ayrıştırması ile kuvvetlendirilebilir. Varyans ayrıştırması değişkenlerin kendilerinde ve diğer değişkenlerde meydana gelen şokların kaynaklarını yüzde olarak ifade etmekte ve aynı zamanda değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin derecesi konusunda bilgi vermektedir (Enders, 2004). Bu kapsamda yapılan varyans analizi sonuçları nedensellik ilişkisini destekler niteliktedir.

**Tablo 5 İnyeni değişkeninin Varyans Ayrıştırma Analizi Sonuçları**

Period	S.E.	LNYENI	LNEF
1	0.244414	100.0000	0.000000
2	0.269934	91.36587	8.634134
3	0.307826	78.54263	21.45737
4	0.328323	71.32611	28.67389
5	0.336281	71.53748	28.46252
6	0.402785	58.65344	41.34656
7	0.450109	51.92759	48.07241
8	0.493703	47.05896	52.94104
9	0.519158	47.25590	52.74410
10	0.544946	45.43157	54.56843

Tablo 5'de görüldüğü üzere; teknolojik yenilikte (İnyeni) ortaya çıkan bir değişimi, enerji fiyatları (lnef) ilk dönemde % 8.63 ile açıklarken, açıklama oranı ikinci dönemde % 21.45'e ve onuncu dönem sonunda ise %54.56'ya ulaşmaktadır. Tablo 5 den anlaşılacağı gibi, teknolojik yenilik teki değişimin açıklanmasında enerji fiyatları 10. Dönemin sonunda değişkenin kendisinden daha etkili olmaktadır.

Elde edilen bulgular ışığında Türkiye'de 1990-2014 yılları arasında enerji vergilerini kapsayan fiyatlar ile teknolojik yenilik arasında istatistiki olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisinin varlığı sonucuna

ulaşmıştır. Bu sonuç literatürdeki enerji fiyatları ve teknolojik yenilik arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkinin varlığını ileri süren Aghion vd., (2012), Popp (2002), Boyd ve Karlson (1993), Popp (2012), Newell ve diğerleri (1999), Cheon ve Urpelainen (2012), Fei ve Rasiah 2014, Ley vd. (2013), çalışmalar ile uyumludur. Fakat Popp (2002), Popp (2012), Kim 2014 yılındaki çalışmalarından farklı olarak Türkiye özelinde değişkenler arasındaki ilişki negatif yönlüdür. Sonuçtaki bu değişim her ne kadar kullanılan ekonometrik yöntem ve değişkenlerdeki farklılıktan kaynaklanıyor olabilse de temel farklılık Türkiye'deki enerji fiyatlarını yapısından ileri gelmektedir.

## SONUÇ

Ekonomik büyüme hedefi olan ve enerjide dışa bağımlı ülkeler açısından enerji tüketimi, fiyatlar, yenilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ayrı bir önem arz etmektedir. Daha öncede değinildiği üzere enerji fiyatlarının enerji tüketimini azaltması bir taraftan ekonomik büyümeyi olumsuz etkilerken diğer taraftan enerji fiyatlarındaki artış yeni teknoloji üretimini uyarabilecektir. Büyüme yeni teknolojilerin içsel olarak yaratılması ve yayılmasının sürüklediği bir süreç olduğundan (Verdolini, Galeotti, 2011), enerji fiyatlarındaki değişim ve yenilik arasındaki ilişki ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyebilecektir. Bu varsayım altında 1990-2014 yılları arasındaki dönemde Türkiye özelinin ele alındığı bu çalışmada literatürde vaki çalışmalar destekler nitelikte enerji fiyatları ve teknolojik yenilik arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmasına rağmen literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak değişkenler arasındaki ilişki negatif yönlüdür. Bu negatif yönlü ilişkide enerji fiyatlarındaki bir artış enerji sektöründeki teknolojik yenilikleri olumsuz yönde etkilemektedir.

Özellikle Türkiye gibi enerji açısından dışa bağımlı, cari açık içinde enerjinin payının yüksek olduğu bir ülkede temel hedeflerden biri, enerji tüketimini ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemeden düşürebilmektir. Bu hedefe ulaşabilmede, yeni teknolojilerin yarattığı enerji tasarrufu ve yeniliğin ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkisi önemli unsurlardır. Türkiye'de enerji fiyatları ve teknolojik yenilik arasındaki negatif yönlü ilişki söz konusu hedefleri olumsuz etkilemektedir. Bu negatif yönlü ilişkinin oluşmasındaki temel unsurlardan biri enerji fiyatlarının yapısı olarak yorumlanabilir. Daha önce detayları ile değinildiği üzere enerji fiyatları ve yenilik arasındaki anlamlı ve güçlü pozitif ilişkinin varlığı, bir bakıma emisyon vergileri ve uygulanan regülasyonlarından kaynaklanmaktadır. Türkiye'de 2015 yılı itibari ile enerji türlerinde enerji fiyatları içinde vergilerin payı; doğalgaz'da %17.8, Kömür %15.3, elektrik %18.5, dizel yakıt %51.9, kurşunsuz benzinde %60.7'e ulaşmasında rağmen uygulanan vergilerin tüketim tabanlı katma değer vergisi ve özel tüketim vergisi ağırlıklı olması emisyon vergilerinin yarattığı dinamik etkiyi ortadan kaldırmakta bu nedenle enerji fiyatlarının teknolojik yenilik üzerindeki etkisi beklenenin aksine sonuç vermektedir. Bu bağlamda ekonomik büyüme ve teknolojik yeniliklerdeki artış hedeflerinin gerçekleşmesi için emisyon vergisi uygulaması daha doğru bir politika olabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hemous, D., Martin, R. ve Van Reenen, J. (2012). Carbon Taxes, Path Dependency And Directed Technical Change: Evidence From The Auto Industry. *NBER Working Paper*, No. 18596.
- Ahmad, S.(1966). On The Theory of Induced Invention, *Economic Journal*, 76, 344–357.
- Binswanger, H.(1974). A Micro Economic Approach To Innovation. *The Economic Journal*, 84(336) , 940–958.
- Bohi, D.R., Dramstadter, J.(1991). Is National Energy Planning Oversold?’, *Journal of American Planning Assosiation*, 57(3), 1-8.
- Boyd, G, Karlson, S.H.,(1993). The Impact of Energy Prices on Technology Choice in the United States Steel Industry. *The Energy Journal*, Vol. 14, No. 2, 47-56.
- Brutschin, E., Fleig, A. (2016). Innovation In The Energy Sector – The Role Of Fossil Fuels and Developing Economies. *Energy Policy*, (97), 27-38.
- Burbridge, J., Harrison, A.(1984). Testing for The Effects of Oil Prices Rises Using Vector Autoregression. *International Economic Review*, 25, 459-484.
- Cheon, A., Urpelainen, J.(2012). Oil Prices And Energy Technology İnnovation: An Empirical Analysis. *Global Environmental Change*, (22),407-417.
- Fei, Q., Rasiah, R.(2014). Electricity Consumption, Technological Innovation, Economic Growth and Energy Prices: Does Energy Export Dependency and Development Levels Matter?. *Energy Procedia*, 61, 1142 – 1145.
- Ghali, K.H., El-Sakka, M.I.T.(2004). Energy Use and Output Growth in Canada: A Multivariate Cointegration Analysis. *Energy Economics*,24,355-365.
- Grffith, R., Redding, S. ve Reenen, J.V. (2003). R&D and Absorptive Capacity: Theory and Emprical Evidence. *Scandinavian Journal of Economics*, 105(1), 99-118.
- Griliches, Z.(1990). Patent Statistics As Economic Indicator: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28 (4) , 1661–1707.
- Grubler, A., Nemet, G., (2014). Sources and Consequences of Knowledge Depreciation. In: *Energy Technology Innovation-Learning from Historical Succeses and Fail- ures*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, Ch.Casestudy 5:Knowledge Depreciation, 309–331.
- Gülmez, A., Akpolat,A.(2014). AR-GE & İnovasyon ve Ekonomik Büyüme: Türkiye ve AB Örneği İçin Dinamik Panel Veri Analizi, *Aibü Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*,14(2), 1-17.
- Hamilton, J. D. (1983). Oil and The Macroeconomy Since World War II. *Journal of Political Economy*, 91, 228-248.
- Hicks, J.R. (1932). *The Theory of Wages*, Macmillan and Co., London.
- IEA,(1990-2014). *Energy Prices and Taxes*. International Energy Agency.
- Jacobsson, S., Bergek, A. (2004). Transforming The Energy Sector: The Evolution Of Technological Systems In Renewable Energy Technology. *Ind.Corp. Change*,13 (5), 815–849.
- Kamien, M., Schwartz, N.(1968). Optimal Induced Technical Change. *Econometrica*, 36(1) 1–17.
- Kruse, J., Wetzal, H.(2015). Energy Prices, Technological Knowledge, and Innovation in Green Energy Technologies: a Dynamic Panel Analysis of European Patent Data, CESifo Economic Studies, 2015, 1–29.
- Ley,M., Stucki, T., Woerter, M.(2013). The Impact of Energy Prices on Environmental Innovation. *KOF Working Papers*, No. 340.

- Madala, G.S., Kim, I.(1998). *Unit Root, Cointegration and Structural Change*. UK: Cambridge University Press.
- Nelson, C.R., Plosser, C.I.(1982). Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series—Some Evidence and Implications. *Journal of Monetary Economics*, 10, 139–162.
- Nemet, G. F. (2009). Demand-pull, Technology-push, and Government-led Incentives for Nonincremental Technical Change. *Research Policy*, 38, 700–709.
- Newell, R., Jaffe, A., Stavins, R.(1999). The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *Quarterly Journal of Economics*, 114 (3) (1999) 941–975.
- Newell, R.G.(2010). The Role Of Markets And Policies In Delivering Innovation For Climate Change Mitigation. *Oxford Review of Economic Policy*, 26(2), 253–269.
- OECD.(2001). *Environmentally Related Taxes in OECD Countries*. France: OECD Publications.
- OECD.(2008), *Information Technology Outlook*.
- Phillips, P., Perron, P.(1988). Testing for Unit Root in the Time Series Regression. *Biometrika*, 75, 336–340.
- Popp, D.(2002). Induced Innovation and Energy Prices. *American Economic Review*, 92 (1), 160–180.
- Poop, D.(2012). The Role of Technological Change In Green Growth. *National Bureau of Economic Research*, No.18506, Washington D.C.
- Romer, P. M.(1986). Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94, 1002–1037.
- Scotchmer, S.(1991). Standing on the Shoulders of Giants: Cumulative Research and the Patent Law. *Journal of Economic Perspectives* ,5, 29–41.
- Schumpeter,J.(1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, NewYork.
- Sevüktekin, M., Nargeleşkenler, M.(2010). *Ekonomik Zaman Serleri Analizi*. Ankara: Nobel Yayınları.
- Smith, S.(1998). Environmental and Public Finance Aspects of Taxation of Energy. *Oxford Review of Economic Policy*, 14(4).
- Soete, L.(1981). A General Test Of Technological Gap Theory. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 117, 638-659.
- Stern, D. I.(2004). Elasticities Of Substitution and Complementarity. *Rensselaer Working Papers in Economics* ,0403.
- Ülkü, H. (2007). R&D, Innovation, and Growth: Evidence From Four Manufacturing Sectors In OECD Countries. *Oxford Economic Papers*, 59(3), 513–35.
- Verdolini, E., Galeotti, M. (2011). At Home and Abroad: An Empirical Analysis of Innovation and Diffusion in Energy Technologies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 61, 119–34.
- Van Hulst, N., R. Mulder, ve Soete, L.(1991). Exports and Technology In Manufacturing Industry. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 127, 246-263.
- Wolter, F. (1977). Factor Proportions, Technology and West German Industry's International Trade Patterns. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 113, 250-267.
- Zachariadis, M.(2003). R&D, Innovation, and Technological Progress: A Test of The Schumpeterian Framework Without Scale Effects. *Canadian Journal of Economics*, 36(3), 566-686.

**Ek Tablo 1: Breusch-Pagan-Godfrey Değişen Varyans Testi**

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

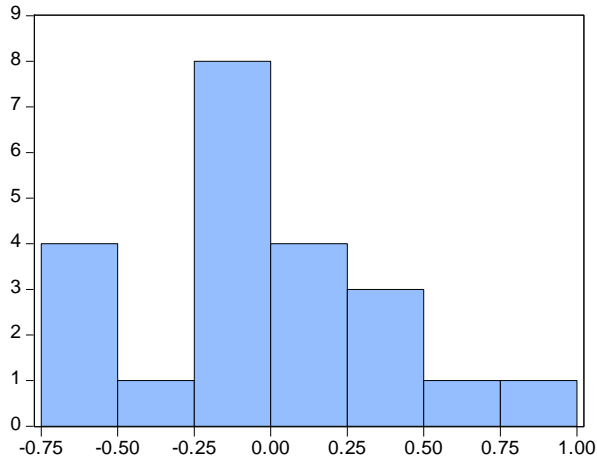
F-statistic	0.701949	Prob. F(10,9)	0.7062
Obs*R-squared	8.763686	Prob. Chi-Square(10)	0.5547
Scaled explained SS	5.513776	Prob. Chi-Square(10)	0.8543

**Ek Tablo 2: Breusch-Godfrey Otokorelasyon Testi**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.132371	Prob. F(2,8)	0.3690
Obs*R-squared	4.412662	Prob. Chi-Square(2)	0.1101

**Ek Tablo 3: Jarque-Bera Normalite Testi**



Series: Residuals	
Sample 1993 2014	
Observations 22	
Mean	4.55e-15
Median	-0.026115
Maximum	0.996146
Minimum	-0.660427
Std. Dev.	0.401496
Skewness	0.389564
Kurtosis	3.209724
Jarque-Bera	0.596771
Probability	0.742015