

# Çevresel Sürdürülebilirlik ve Tarım

## Environmental Sustainability and Agriculture

Prof. Dr. Faik Bilgili (Erciyes University, Turkey)  
Ph.D. Candidate Hayriye Hilal Bağlıtaş (Erciyes University, Turkey)

### Abstract

In the environmental sustainability concept, this paper investigates the relationship between agricultural emission and per capita income. Additional variable is agriculture sector energy consumption. Our data is related to 1990-2010 period for 22 countries which are in the Eurasian region. Firstly, dynamic OLS and full modified OLS are applied to the data. The results show that Environmental Kuznet Curve (EKC) hypothesis is valid for agricultural emission and income. Moreover, there is a co-integration relationship between agricultural emission and both income and agricultural energy consumption. Secondly, dynamic panel GMM and dynamic OLS are applied to little modified data. Results again, imply that EKC is true for agriculture sector. Based on these results, political and intuitional regulations could be developed for environmental sustainability.

### 1 Giriş

'Sustain' kelimesi 'sürdürülebilirlik-sustainability' kavramının kökenini oluşturmaktadır ve Latince sustenare kelimesinden türemiştir. Desteklemek anlamı taşıyan kelime, zaman içerisinde geçirdiği anlam değişimiyle birlikte 'maintain' yani 'sürdürülebilirlik' kelimesinin eş anlamlısı olarak kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı üç unsuru barındırmaktadır; sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik. Sosyal sürdürülebilirlik, toplumun 'ahlaki sermaye'sinin, paylaşılan değerler ve eşitlik hakları ile birlikte toplumsal, dinsel ve kültürel etkileşimlerle sürdürülmesi ve yenilenmesidir (Goodland, 1995). Ekonomik sürdürülebilirlik ise, fiziki sermayenin (malzeme, enerji ve doğal kaynaklar) devamlılığıdır. Çevresel sürdürülebilirlik kavramının yeterli bir içerik kazanıp, daha kapsamlı bir ifade olabilmesi; sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlikle birlikte gerçekleşmektedir. Arzulanan çevresel şartların sürdürülmesi sosyal işlevselliğin idamesinde doğrudan katkı sağlarken, ekonomik sürdürülebilirlik açısından ise doğal kaynak ve hizmet akışı bağlamında önem arz etmektedir. Bu iki unsur, kendi ömürlerini devam ettirebilme konusunda cari ve gelecek nesilleri dikkate aldıkları müddetçe bir şansa sahip olacaktlardır. Başka bir deyişle, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlikle birlikte ekosistemin sağlığını bozmadan beşer ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir.

Sanayi devriminden önceki dönemlerde, tarım sektörü, hayvancılık dahil olmak üzere temel geçim kaynağı durumundaydı. Ticaret ve zanaat ile uğraşan kesim bulunmakla birlikte, ağırlık tarım sektöründe idi. Ancak zamanla, sanayi devrimiyle başlayan sanayileşme hareketleri neticesinde, tarım sektörünün ağırlığı azalmaya başlamıştır. Tarım sektörünün, milli gelir ve istihdamdaki payının azalmasına rağmen, spesifik önemini devam ettirmektedir. Bunun en önemli sebebi, tarım sektörünün yaşamsal gıda üretimini gerçekleştirmesidir. Buna ek olarak, endüstriyel üretime hammadde sağlaması, geçim kaynağı olması vb. durumlar tarım sektörünün önemini korumasını sağlamaktadır. Toprak için önemli bir unsur olarak dinitrojenin ( $N_2$ ) sabitlenmesi, bunun yanında su birikimi ve sel kontrolüne verdiği destek; tarım sektörünün ekosisteme olumlu katkıları arasındadır.

Olumlu katkılarının yanı sıra, tarım sektörünün ekosisteme zararlı yönleri de vardır. Tarım sektörünün temel olarak çevreye verdiği zarar; gübre ve tarımsal ilaç kullanımı, otlakların yakılması, toprağın fazla işlenmesi, fazla sulama ve hayvansal atıklardan kaynaklanabilmektedir. OECD'nin 2013 tarihli yakın zaman verilerine göre, dünya genelinde ki toprağın %40'ı, su kaynaklarının ise % 45'i tarım amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca Dünya Bankası'nın 2012 verileri, tarım sektörü emisyonunun küresel sera gazı yayılımındaki payını %15-35 olarak saptamıştır. Bu göstergeler bile tarım sektöründeki yanlış ve/veya fazla kullanımın sebep olabileceği zarar açısından bir fikir vermektedir. Tarım sektörünün çevreyle etkileşiminin çok yönlü olması ve ekosistem ile birbirine bağımlı olması zararın boyutunu daha da artırmaktadır.

Tarım, sektörünün verdiği zarar, üç değer üzerinden açıklana bilinmektedir; hava kalitesi, su kalitesi ve toprak kalitesi. Sulama ile fazla azot ve fosfat emilimi olmakta ve aynı zamanda fazla işlenme nedeniyle toprakta oksijen aşınması yaşanmaktadır. Fakirleşen ekimlik alanlardan daha fazla verim elde etmek amacıyla daha fazla suni ve fenni gübre kullanımı kısır bir döngü oluşturmaktadır. Fazla gübre kullanımı ekinlerin yanmasına; aşırı su kullanımı ise bitkilerin su ihtiyacını karşılamaktan öte suda boğulmalarına sebep olabilmektedir. Böcek ilacı gibi kimyasal ilaç kullanımı hem toprağa, hem suya hem de havaya karışarak kirliliğe yol açmaktadır. Tarıma uygun olmayan arazilerin kullanılması (otlaklar gibi), hayvancılık sektörünü olumsuz şekilde etkilemekte, buna ilaveten erozyona da sebep olabilmektedir. Tarım sektörünün faaliyetleri neticesinde sera gazı etkisi oluşturan karbondioksit, metan ve azot dioksit gazları salınımları yüksek oranda gerçekleşmektedir. Bu gazlar, küresel ısınmaya ve dolayısıyla iklim değişikliklerine yol açabilmekte; amonyağın havaya karışması ise asit yağmur ile sonuçlanabilmektedir.

Ülkelerin, üretim ve tüketim faaliyetlerinde çevreye karşı gösterdikleri hassasiyet, gelir seviyeleriyle bağlantılı olabilmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen ilk hipotez, Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezidir. 1955 yılında Simon Kuznet tarafından gelişme evreleri ile gelir eşitsizliği üzerine temellenen Kuznet Eğrisine benzer ilişki, gelir seviyesi ile çevresel kirlilik değerlerine uyarlanmasıyla Çevresel Kuznet Eğrisi (ÇKE) elde edilmiştir. Bu eğriye göre, ülkeler gelişmelerinin ilk aşamalarında, gelir seviyesi arttıkça çevresel kirlilik değerleri artmakta ve belirli bir gelir seviyesinde kirlilik değerleri azami değerine ulaşmaktadır. Bu noktadan sonra, gelir arttıkça kirlilik seviyesi azalmaktadır. Bunun anlamı; bireyler düşük gelire sahip oldukları zaman öncelikli olarak kendi ihtiyaçlarını karşılamayı düşünmektedirler. Yürüttükleri üretim ve tüketim faaliyetlerinin çevreye verdiği zararı pek önemsemeyiz. Ancak gelir seviyesi yükseldikçe, bireyler dış çevreye karşı daha duyarlı hale gelmektedir. Bu neticesinde gelir ile kirlilik değerleri arasında ters-U şeklinde bir ilişki oluşacaktır.

Çevresel Kuznet Eğrisi, farklı sektör/endüstrilerin çevresel kirlilik değerlerine uyarlanabilmektedir. Bu bağlamda, tarım sektörünün emisyon değerleri ile gelir seviyesi arasında ÇKE'nin ön gördüğü ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığı test edilecektir. İlk bölümde ÇKE ile ilgili literatürdeki çalışmalara yer verilecek, tarım sektörü ile ilgili olanlar daha detaylı ele alınacaktır. İkinci bölümde, ekonometrik analizin metodolojisine verilecek, son iki bölümde ise tahmin ve sonuç yer alacaktır.

## 2 Literatür Çalışması

Çevresel Kuznet eğrisi ile ilgili çalışmalar, başlangıçta kirlilik ölçümlerinin genel seviyesi ile kişi başına gelir arasındaki ilişkiyi araştırmaya yöneliktir. Fakat daha sonraki çalışmalarda, sektörel bazda veya dışa açıklık gibi daha alt kalemler itibarıyla, emisyon ile kişi başı gelir arasındaki bağlantı araştırılmaya başlanmıştır. Çevre kirliliği konusunda, literatürde yer alan çalışmalar üç gruba ayırılabilir. Kuznet Eğrisi üzerinden, kişi başı gelir ile çevre kirliliği arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin tespitine dair analizler, birinci gruptaki analizleri oluşturmaktadır. İkinci grupta ise, eş-bütünleşme ve Granger nedensellik testlerini kullanarak enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönem ilişkisi araştıran çalışmalar yer almaktadır. Üçüncü grup ise, karbondioksit emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantıyı dinamik açıdan inceleyen çalışmalardan meydana gelmektedir. Panel ve zaman serisi analizlerinin sonuçları, ele alınan veri seti ve tekniğe göre farklılık arz etmektedir (Altıntaş, 2013). Analiz sonuçlarına göre doğrusal, monotonik artan, ters-U biçimli, U biçimli, N-biçimli ve ters-N biçimli sonuçların yanında, değişkenler açısından istatistiksel olarak bir ilişkinin saptanamadığı durumlar vardır (Başar ve Temurlenk, 2007)

Çevresel Kuznet Eğrisi ile ilgili yapılan ilk çalışmalar arasında Grossman ve Kruger (1991, 93, 95) çalışmaları yer almaktadır. Grossman ve Krueger (1991), çalışmalarının sonucunda ÇKE'ni destekleyen doğrudan kanıt bulamamış olsa bile daha yüksek gelir seviyelerinde kirlilik değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Grossman ve Krueger (1995) ise, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasında doğrudan bir ilişki tespit edilememiştir. Tablo 1'de analizlerle ilgili detaylar verilmektedir. Çınar vd. (2012), gelişmiş ülkeler için ters-U, GOÜ'ler için U şeklinde; Şafik (1994), ters-U şeklinde ilişki saptamıştır. Erol vd.(2013), Arı ve Zeren (2011) ve Poudel vd.(2009), CO<sub>2</sub> (Karbondioksit) ile gelir arasında ve Akbostancı vd.(2009)'de, SO<sub>2</sub> (Azotdioksit) ve PM<sub>10</sub> (bir takım partiküller) ile gelir arasında N şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir. Başar ve Temurlenk (2007), CO<sub>2</sub> ve fosil yakıt ile gelir arasında ters-N şeklinde bir ilişki tespit etmiştir. Omri (2013) çalışmasında, enerji tüketiminden CO<sub>2</sub> emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik; ekonomik büyüme ile emisyon arasında ise iki yönlü nedensellik saptanmıştır. Perman ve Stern (2003)'de tüm ülkeler açısından, uzun dönemde ÇKE'nin geçerli olduğu saptanmıştır. Jaunkby (2011), Narayan ve Narayan (2010), Atıcı ve Kurt (2007), Galeotti v.d.(2006)'da geleneksel ÇKE şekline yani ters-U'ya rastlanmamıştır.

Spesifik olarak tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisini araştıran ampirik uygulamalar literatür açısından yakın bir geçmişe sahiptir. Haulman (2012), 1970-2008 yıllarını kapsayan panel veri analizi, dört farklı emisyon değeri üzerinden gerçekleştirilmiştir. İlgili emisyon kalemleri; kişi başı karbondioksit, metan, azot oksit ve amonyaktır. Kişi başına gelirin kullanıldığı analizin sonucunda, gelirin sadece kübik halini içeren kısıtlı modelin emisyon verilerine daha iyi uyum sağladığı tespit edilmiştir. Karbondioksit dışındaki diğer değişkenler ile kişi başı emisyon ve gelir arasındaki ilişki istatistiki olarak anlamlı çıkmamıştır. ÇKE'nin şekli metan, kişi başı azot oksit, karbon dioksit, amonyak, kişi başı amonyak ve toplam tarım emisyonu için yarı-ters U şeklinde tespit edilmiştir. Sadece kişi başı azot oksit, katı bir şekilde ters-U şeklinde iken diğerlerinin eğri sonuna doğru artış göstermesi daha fazla veri olduğu takdirde N şeklini takip edeceğini ifade etmektedir. 2.000 dolarlık gelir için, aşağı yönlü dönemeç noktaları 9.500 ve 20.000 gelir seviyesi arasındadır. Uygulana bilindiğinde, eğrideki nihai yukarı yönlü dönüş 30.000 ile 40.000 dolar arasındadır.

Coderoni ve Esposti (2011), İtalya tarım sektörü için çevresel Kuznet Eğrisinin geçerli olup olmadığını araştırmıştır. Emisyon verileri; farklı oluşum kaynaklarından yararlanarak metan, nitroksit, karbondioksit ve flor gaz değerleri için ölçülmüştür. Bölgesel uzun dönem emisyon serileri yapılan analizde LSDV (En Küçük Kareler Kukla Değişken) ve GMM (Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi) tahmin metodları olarak kullanılmıştır. 1951-2008/1980-2008 farklı dönem verileri üzerinden yapılan analizde tarımsal emisyon değerleri ile sektörün ekonomik büyümesi arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğuna dair ampirik bir kanıt rastlanmamıştır.

Yazar	Yıllar	Veri seti	Metot	Sonuç
Erol vd. (2013)	1995-2011/10 yükselen piyasa ülkesi	Kişi başı CO2 emisyonu ile kişi başı gelir ve nüfus yoğunluğu	Panel, eş bütünleşme testi	Analiz konu ülkelerde gelir ile çevre kirliliği arasında N şeklinde bir ilişki olduğu saptanmıştır.
Omri (2013)	1990-2011/14 Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkesi	Kişi başı CO2 emisyonu ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme	Panel-Eşanlı denklem sistemi	Enerji tüketiminden, CO2 emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik, ekonomik büyüme ile emisyon arasında ise iki yönlü nedensellik saptanmıştır.
Çınar v.d. (2012)	1985-2009, GÜ ve GOÜ'ler	CO2 emisyonu ile imalat sanayi ihracat ve ithalat payları	Panel, yatay kesit	Gelişmiş ülkeler için ters-U, GOÜ'ler için ise U şeklindedir.
Arı ve Zeren (2011)	2000-2005, Türkiye	CO2 emisyonu ve gelir, nüfus yoğunluğu, enerji tüketimi	Panel, genelleştirilmiş EKK	CO2 ile gelir arasında N şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir.
Jaunkby (2011)	1980-2005/36 yüksek gelire sahip ülke	Kişi başı emisyon ve gelir verisi	Panel birin kök ve eş-bütünleşme, hata düzeltim modeli	ÇKE için bir kanıt bulunamamış ancak zengin ülkelerde CO2'nin zamanla istikrarlı bir seviyeye geldiği tespit edilmiştir
Narayan ve Narayan (2010)	1980-2004/43 GOÜ'ler	CO2 emisyonu ve gelir	Panel eş bütünleşme, panel uzun dönem tahmin tekniği	Ortadoğu ve Güney Asya ülkeleri için uzun dönem gelir esnekliği kısa dönemdekinden daha küçük olduğundan, CO2 gelir artışı ile beraber düşmektedir.
Akbostancı vd. (2009)	1968-2003/1992-2001, Türkiye	SO2, CO2, PM10 emisyonları ve gelir	Zaman serisi-Panel	CO2-gelir monotonik artan, SO2 ve PM10 ile gelir arasında N şeklinde ilişki. ÇKE hipotezi desteklenmemektedir
Poudel v.d. (2009)	1980-2000 15 Latin Amerika ülkesi	CO2 emisyonu ile kişi başı gelir, nüfus yoğunluğu, ormanlık alan	Semi parametrik panel model	Bölgede N şeklinde ÇKE eğrisi geçerlidir.
Atıcı ve Kurt (2007)	1968-2000, Türkiye	CO2 emisyonu ve kişi başına gelir, ihracat, ithalat	Zaman serisi	Veri yetersizliği sebebiyle ÇKE ilişkisi araştırılamamıştır
Başar ve Temurlenk (2007)	1950-2000, Türkiye	Kişi başı toplam CO2, fosil yakıt, katı yakıt ve fueloil emisyonu ve kişi başına gelir	Zaman serisi	Gelir ile kişi başı CO2 ve fosil yakıt emisyonu arasında ters N biçimli ilişki, ÇKE geçerli değildir.
Galeotti v.d.(2006)	1960-1998/OECD'ye olan ve olmayan ülkeler	CO2 emisyonu ve gelir	Panel	Ters-U şeklinde bir ilişki saptanmamıştır
Perman ve Stern (2003)	1960-1990 74 ülke	Sülfür emisyonu ile kişi başı gelir	Panel, eş bütünleşme testi	Tüm ülkeler açısından ve uzun dönemde ÇKE geçerli iken, bireysel ülkeler için geçerli değildir
Grossman ve Krueger (1995)	1979-1990/42 ülke ölçümü	Çeşitli hava ve su kalitesi verileri ile gelir	Panel	Ekonomik büyümenin kaçınılmaz bir şekilde çevreye zarar verdiğine dair kanıt bulunamamıştır.
Shafik (1994)	1960-1990/149 ülke verisi	6 adet doğal kaynak stoku göstergesi, 6 adet çevresel gösterge ile kişi başı gelir	Panel, OLS	SO2, parçacıklara göre daha sonra ve daha yüksek zirve yaparak ters-U şeklini göstermektedir.
Grossman ve Krueger (1991)	1977-1982-1988 yılları farklı ülke-şehirler	SO2, asılı parçacıklar, karanlık madde ile kişi başı gelir	Yatay kesit	Sülfür ve CO2 emisyonları düşük gelir seviyelerinde artmakta fakat daha yüksek gelir seviyelerinde ise düşmektedir.

**Tablo 1.** Çevre Kirliliği-Gelir ile ilgili Literatür Sonuçları **Kaynak:** Yazar tarafından düzenlenmiştir.

Anees ve Ahmed (2011), Pakistan için nedenselliğin araştırıldığı analizlerinde CO2 emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, uluslararası ticaret ve tarımın makineleşme oranını değişken olarak kullanmışlardır. Veriler yıllık olup 1971:2007 dönemi kapsamaktadır. Uygulanan analizler; VAR analizi, koentegrasyon testleri ve Hata Düzeltme Modeli, Granger Nedensellik, birim kök testleridir. Analiz sonucunda, GDP'nin emisyon ve enerji tüketimindeki uzun dönem değişmelerin büyük sebebi olduğu saptanmıştır. GDP ve emisyon arasındaki iki yönlü nedensel ilişki ve emisyonun enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensellik; Pakistan hükümetinin çevresel bozulmayı kontrol etmek için enerji kaynaklarının etkin kullanımı teşvik etmeye yönelik politika uygulaması gerektiğini iddia etmektedir.

### 3 Metodoloji

Ekonometrik analizler veri seti çeşidine göre üçe ayrılmaktadır; zaman serisi, yatay kesit ve panel. Zaman serisi analizlerinde veri seti bir ya da daha fazla değişkenin zaman içerisindeki değişimiyle ilgili iken (milli gelir verileri gibi), yatay kesit verileri ise belirli bir zamandaki bir ya da daha fazla değişkenin farklı değerler için toplanan verileriyle ilgilidir (50 farklı şehir için suç oranları gibi). Panel verilerde ise zaman boyutu kadar uzay (mekan) boyutu da söz konusudur. Yatay kesit ile zaman kesiti verilerinin birleşimi olduğunu söylenebilir (Gujarati, 2009). Panel veri analizlerinin temel formülasyonu;

$$Y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad 1$$

1 nolu denklemde  $i$ , hane halkları, bireyler, firmalar, ülkeler vb. ve  $t$  ise zamana karşılık gelmektedir.  $i$ , aynı zamanda yatay kesit;  $t$  ise, zaman serisi boyutuna karşılık gelmektedir.  $\alpha$ , sabit sayı;  $\beta$ ,  $K \times 1$  boyutunda parametre matrisidir.  $X_{it}$  ise,  $K$  tane açıklayıcı değişkenle ilgili  $i$ . gözlemdir (Baltagi, 2005).  $\alpha_i$ , birey-spesifik etki iken  $\alpha_t$ , zaman-spesifik etki olmaktadır. Panel veri uygulamalarının çoğu, dağılımlar için tek taraflı hata bileşen modelini kullanmaktadır;

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad 2$$

2 nolu denklemdeki  $\mu_i$ , 'gözlemlenemeyen' birey-spesifik etki ve  $v_{it}$  ise, sapma dağılımıdır. Sapma dağılımı, bireyler ve zamana bağlı olarak değişmektedir ve regresyonda normal dağıldığı düşünülmektedir.  $\mu_i$ , zaman-sabit ve regresyona dahil edilmeyen herhangi bir birey-spesifik etkiye karşılık gelmektedir (Baltagi, 2005). Panel veri uygulamaları sabit etki EKK kukla değişken, rastsal etki, havuzlu EKK ve gruplar arası sabit etki modeli olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

Sabit etki EKK kukla değişken modelinde,  $\mu_i$  sabit olduğu varsayılarak tahmin edilmektedir ve artıkların (sapmalar) dağılımı, bağımsız ve özdeş dağılımlı  $v_{it}$  [ $i. i. d. (0, \sigma_v^2)$ ] ile stokastiktir.  $X_{it}$ 'nin, tüm  $i$  ve  $t$ 'ler için  $v_{it}$ 'den bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Sabit etki modeli,  $N$  sayıda spesifik firmaya odaklandığımızda ve yorumumuz bu firma davranışlarıyla kısıtlı ise uygun bir spesifikasyon olmaktadır (Baltagi, 2005).

Rastsal etki modelinde, sabit etki modelindeki gibi çok fazla parametre olması ve serbestlik derecesinde kayıp yaşanmasından kaçınmak için  $\mu_i$ 'nin tesadüfi olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda,  $\mu_i \sim [i. i. d. (0, \sigma_\mu^2)]$ ,  $v_i \sim [i. i. d. (0, \sigma_v^2)]$ 'dir ve  $\mu_i$ ,  $v_i$ 'den bağımsızdır. Aynı zamanda,  $X_{it}$ 'de tüm  $i$  ve  $t$ 'ler için  $\mu_i$  ve  $v_i$ 'den bağımsızdır. Bu model,  $N$  tane birey rastgele bir şekilde büyük bir nüfustan seçiliyor ise uygun olmaktadır (Baltagi, 2005).

Havuzlu EKK'da tüm gözlemler yatay kesit ve zaman serisi boyutu göz ardı edilerek analiz edilmektedir. Sabit etki modelinin sınırlandırılmış şeklidir. Gruplar arası sabit etki modelinde ise gözlemler havuzlu veriye dönüştürülür, fakat her bir değişken ortalamadan sapmayı ifade etmektedir ve EKK regresyonu ortalama-düzeltilmiş değerler olarak tahmin edilmektedir (Gujarati, 2009).

Panel veri setinin kullanıldığı bu çalışmada, dinamik EKK ve tam uyarlanmış EKK tahmin metodları kullanılmaktadır. Bu analiz yöntemlerini genel hatları ile tanımlamak uygun olacaktır. Dinamik EKK sürecinde (DEKK), değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkiyi tespit etmek amacıyla tek eş-bütünleşme vektörü kullanılmaktadır. DEKK regresyonundaki gecikme ve ilerleme ifadeleri, stokastik hata terimlerini stokastik regresyondaki tüm geçmiş sapmalardan bağımsız kılma amacıyla kullanılmaktadır (Gutierrez, 2010). Stock ve Watson (1993) DEKK modeli;

$$Y_t = \beta_0 + \vec{\beta}X + \sum_{j=-q}^p \vec{d}_j \Delta X_{t-j} + u_t \quad 3$$

3 nolu denklemde,  $\vec{\beta}$ ; eş-bütünleşme vektörü yani uzun dönem kümülatif çarpanlardır yada  $X$ 'teki bir değişimin  $Y$  üzerindeki uzun dönem etkisi,  $p$ ; gecikme uzunluğu ve  $q$ ; ilerleme uzunluğudur. DEKK'daki gecikme ve ilerleme terimleri, stokastik hata terimlerini stokastik açıklayıcı değişkenlerdeki tüm geçmiş inovasyonlardan bağımsız kılma amacına sahiptir. Bu durumda, birim kök testleri, tahmin edilen EKK regresyonunun artıkları ile ilgili sahte regresyonu test etmek amacıyla gerçekleştirilmektedir. Eğer stokastik hata terimi birim-kök durağan değilse, sahte regresyona sebep olmaktadır (Gutierrez, 2010).

Tam Uyarlanmış EKK (Full modified OLS); optimal eş bütünleşme regresyonları sağlayan bu yöntem Phillips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilmiştir. Seri bağımlılık etkisinin hesaplamak için en küçük kareler yönteminin uyarlanmış şeklidir ve bağımsız değişkenin içselliği eş-bütünleşik ilişkinin varlığı ile sonuçlanacaktır

(Phillips, 1993). Regresyon denkleminde ya içsel değişkenin hata terimi ile dışsal değişken bağlantılıdır ya da açıklayıcı değişken dışsal değildir. Bu denklemdeki, seri korelasyon sorununu ve içsel açıklayıcı değişken problemini düzeltmek için tam uyarlanmış EKK (TUEKK) kullanılmaktadır (Enders, 2010). İki değişkenli model üzerinden TUEKK gösterimi;

$$Y_t = \beta_0 + \beta X_t + u_{1t} \quad 4$$

$$\Delta X_t = u_{2t} \quad 5$$

4 nolu denklem eş-bütünleşme ilişkisini gösterirken, 5 nolu denklem ise stokastik trendi göstermektedir.  $u_{1t}$  ve  $u_{2t}$  her iki denklemdeki hata terimlerinin durağan olduğunu göstermek için kullanılmıştır. Bununla birlikte, hata terimleri seri korelasyonlu ve birbirleriyle bağlantılı olabilmektedirler. Bu yöntem, EKK tahmincisi ile başlamaktadır. İçsellik ve seri korelasyonu dikkate alarak düzeltmelere gitmektedir.

#### 4 Tahmin

Veri setimiz 1990-2010 yıllarını ve OECD'ye üye 22 tane Avrasya coğrafyasındaki ülkeleri kapsamaktadır. Analizde kullanılan değişkenler: CO2 eşdeğerliğinde toplam tarım emisyonu (agri), kişi başı gelir (pgdp) ve tarım sektörü enerji tüketimi (enr)'dir. Emisyon ve enerji tüketim rakamları OECD web sitesinden elde edilirken; kişi başı gelir rakamları Dünya Bankasının web sitesinden derlenmiştir. Logaritmik-doğrusal model;

$$\lnagri_{i,t} = \alpha_1 pgdp_{i,t} + \alpha_2 pgdp_{i,t}^2 + \alpha_3 \ln enr_{i,t} + \vartheta_{i,t} \quad 6$$

Denklemdaki değişkenler sırasıyla kişi başı tarım emisyonunun ln'li değeri, kişi başı gelirin birinci ve ikinci derece değerleri ile tarım sektörü kişi başı enerji tüketiminin ln'li değerleridir.

<b>Homogeneous AR</b>	<i>lnagri</i>	<i>pgdp</i>	<i>pgdp</i> <sup>2</sup>	<i>lnenergy</i>
Breitung t ist.	0,454 (0,675)	1,658 (0,951)	1,680 (0,953)	1,933 (0,973)
<b>Heterogeneous AR</b>	<i>lnagri</i>	<i>pgdp</i>	<i>pgdp</i> <sup>2</sup>	<i>lnenergy</i>
IPS W-ist.	-0,537 (0,295)	0,125 (0,549)	-0,922 (0,178)	0,714 (0,762)
ADF-Fisher Ki-kare	43,229 (0,504)	42,453 (0,538)	53,917 (0,145)	39,143 (0,679)
<b>Homogeneous AR</b>	$\Delta \lnagri$	$\Delta pgdp$	$\Delta pgdp$ <sup>2</sup>	$\Delta \lnenergy$
Breitung t ist.	-6,7964 (0,000)	-0,241 (0,404)	-0,019 (0,492)	-3,929 (0,000)
<b>Heterogeneous AR</b>	$\Delta agrisha$	$\Delta pgdp$	$\Delta pgdp$ <sup>2</sup>	$\Delta \lnenergy$
IPS W-ist.	-10,4649 (0,000)	-2,9043 (0,001)	-3,448 (0,000)	-6,850 (0,000)
ADF-Fisher Ki-kare	179,442 (0,000)	72,732 (0,004)	82,304 (0,000)	127,859 (0,000)

**Tablo 2.** 1990-2010 dönemi Panel Veri Panel Birim Kök Testleri

Tablo 2'deki birim kök testleri tüm değişkenlerin kendi düzeylerinde birim kök içerdiğini göstermektedir. İlk farkları alındığında ise Breitung t istatistiğine göre  $\Delta pgdp$  ve  $\Delta pgdp^2$  değişkenlerinin birim kökten arındırılmadığını gösterirken, IPS w-istatistiği ve ADF-Fisher Ki-kare istatistiğine göre değişkenler birim kökten kurtulmaktadır. Diğer tüm değişkenler, üç test istatistiğine göre ilk farkları alındıklarında I (1)'de durağanlaşmaktadır.

<b>Homojen AR</b>	<b>İstatistik</b>	<b>Olasılık (p)</b>
DF rho (Kao, 1997)	-10,812	0,000
DF t rho (Kao, 1997)	-3,361	0,000
DF rho star (Kao, 1997)	-20,382	0,000
DF t rho star (Kao, 1997)	-2,295	0,010
ADF (Kao, 1997)	-1,884	0,029
t rho NT (Pedroni, 1995)	-216,240	0,000
TN1 rho (Pedroni, 1995)	-24,510	0,000
TN2 rho (Pedroni, 1995)	-24,484	0,000

**Tablo 3.** 1990-2010 dönemi Panel Veri Panel Eş-Bütünleşme Sonuçları

Tablo 3, homojen (ortak AR) panel eş-bütünleşme sonuçlarını göstermektedir. Tüm Kao (1997) ve Pedroni (1995) test sonuçlarının hepsi % 5 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu durumda değişkenler arasında eş-bütünleşik bir ilişki vardır denilebilir.

Tablo 4, 1990-2010 dönemi tarım sektörü emisyon değerleri ile kişi başı gelir ve enerji tüketimi arasında ki uzun dönem dinamikleri göstermektedir. Uzun dönem ve kısa dönem EKK ile uyarlanmış EKK tahminleri, homojen DEKK'ya benzerdir. DEKK uzun dönem tahminlerinden  $pgdp$  ve  $pgdp^2$  serileri % 5,  $lnenr$  serisi ise % 1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Uzun dönem homojen DEKK tahminlerinde  $pgdp > 0$  ve  $pgdp^2 < 0$  olması ÇKE eğrisinin ters-U şeklinde olması için gerekli koşulları sağladığını göstermektedir.

	EKK <sup>a</sup>	EKK <sup>b</sup>	DEKK <sup>c</sup>
<b>Uzun Dönem</b>			
$pgdp$	6,845 (0,060)	6,832 (0,015)	6,065 (0,029)
$pgdp^2$	-0,0001 (0,083)	-0,0001 (0,018)	-0,0001 (0,022)
$enr$	0,826 (0,000)	0,826 (0,000)	0,833 (0,000)
$R$ kare	0,829	0,829	0,833
Ayarlı R	0,828	0,828	0,828
$kare$			

<sup>a</sup> Homojen kovaryans yapısında geleneksel EKK tahminleri, parantezlerdeki değerler t istatistikleridir.

<sup>b</sup> Homojen kovaryans yapısında sapması düzeltilmiş EKK tahminleri, parantezlerdeki değerler t istatistikleridir

<sup>c</sup> Homojen kovaryans yapısında bir ileri ve iki gecikmeli dinamik EKK tahminleri, parantezlerdeki değerler t istatistikleridir

**Tablo 4. Uzun Dönem Panel Veri Çevre Kirliliği-Gelir İlişkisi 1990-2010**

Çevresel Kuznet Eğrisi bağlamında, kümülatif değerlerinin kullanıldığı tarım emisyonu ve tarım sektörü enerji tüketim verileri kişi başı verilere dönüştürülerek (sırasıyla  $pagri$ ,  $penr$ ) tekrar analize tabi tutuldu. Rakamların kişi başı verilere dönüştürülmesinde, Dünya Bankasının web sitesinden elde edilen nüfus verileri kullanılmıştır. Ufak bir modifikasyonun gerçekleştirildiği veri setiyle, dinamik sabit etkili Genelleştirilmiş Momentler Metodu (DGMM) ve DEKK ( $u_i \sim N[(0, \sigma_v^2)]$ ) yöntemi, beraber kullanılarak aşağıda yer alan sonuçlara ulaşıldı;

Bağımlı Değişken:  $pagri$

Metot: Panel Dinamik En Küçük Kareler (DOLS)

Panel yöntemi: Havuzlu tahmin

Değişken	Katsayı	Std. hata	t-İstatistiği	Ols. (p)
$pgdp$	0.015199	0.004073	3.731316	0.0002
$pgdp^2$	-1.75E-07	2.89E-08	-6.041451	0.0000
$penr$	1977.828	242.4404	8.157997	0.0000
$pagri(-2)$	0.472806	0.064763	7.300591	0.0000
R-kare	0.999039	Bağ. deş. ort.		1030.333
Ayarlı R-kare	0.998582	Bağ. deş. std. sapm.		467.7436
Reg. std. hatası	17.61241	Hataların kare.top.		73826.85
Durbin-Watson ist.	2.566418	Uzun dönem varyans		151.1180

**Tablo 5. Panel Dinamik EKK sonuçları**

Tablo 5, uzun dönem emisyon rakamları ile gelir ve enerji tüketimi arasında ki ilişkiyi göstermektedir. Değişkenlerin katsayıları % 1 düzeyinde anlamlıdır.  $pgdp > 0$  ve  $pgdp^2 < 0$  olduğundan, yukarıda elde edilen ÇKE ile ilgili sonuçları desteklemektedir. Bu durumda, tarımsal emisyon rakamları ile gelir arasında ÇKE'nin öngördüğü şekilde istatistiksel açıdan ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığından söz edebilmektedir. 0,0152 katsayısı, emisyonun gelir esnekliğidir. Gelirdeki bir birimlik artış, emisyon değerini 0,0152 birim arttırmaktadır. Kişi tarım emisyon rakamının gecikmeli değeri ( $pagri(-2)$ ), uzun dönem dengesinden sapmanın iki dönem öncesinde meydana geldiğini göstermektedir. Daha önceki analizde 0,82 düzeyinde olan R-kare rakamları, bu analiz sonucunda 0,99 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, ikinci modelin açıklama gücünün daha iyi olduğunu göstermektedir.

## 5 Sonuç

Sürdürülebilirlik, yüzleşmemiz gereken bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelecek nesillere yaşanabilir bir ekosistem bırakma, bu kavramın içeriğini nasıl doldurduğumuza bağlı olarak şekillenecektir. Çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç sacayağı üzerine kurulu 'sürdürülebilirlik' endişesi, üç unsurun beraber değerlendirildiği durumda yol haritasının çizilmesini sağlayacaktır. Bu çalışma da, Avrasya bölgesinde yer alan ülkeler için tarım sektörü emisyonu ile gelir arasında Çevresel Kuznet Eğrisi tespit edilmiştir. Analizin sonucu,

gelir artışıyla artan, maksimum olan ve daha sonra azalan bir eğriyi ifade etmektedir. Tarım sektöründe çalışan ekonomik birimler, düşük gelir seviyelerinde çevre kirliliğine dikkat etmeyeceklerdir. Gelir artışıyla beraber yükselen emisyon rakamları, maksimum seviyeye ulaştıktan sonra gelirle birlikte düşmeye başlayacaktır. Bu sonuç bize, tarım sektöründe emisyon salınımının azaltılması konusunda gelir artışının önemini göstermektedir. Analizimize konu olan Avrasya ülkelerinde, gelişmişlik seviyesi yükseldikçe bireylerin çevre bilince de gelişecektir. Ancak, tarım sektöründe emisyon rakamlarının azaltılması, sadece gelir seviyesinin yükseltilmesini değil; aynı zamanda başka ek önlemleri de gerektirmektedir. Bazı önlemler şu şekilde sıralanabilir; ormanlık, meralık vb. alanların tarımsal faaliyetler için kullanılmaması, ekilebilir arazilere ise mesken yapılmaması gerekir. Tarımsal araziler etkin kullanılmalı, kimyasal ilaç ve gübrelerin kontrollü bir şekilde kullanımı sağlanmalıdır. Aşırı kullanımlara çeşitli müeyyideler uygulanmalıdır. Gıda israfının önlenip, yerel bazda Avrasya coğrafyasında ki, küresel bazda da yer kürede gıda dağılımında eşitliğin sağlanması fazla üretimi önleyecektir. Dolayısıyla, fazla üretim kaynaklı çevre kirliliği engellenebilecektir. Su israfının engellenmesi ise hem içilebilir yer altı su kaynakları için önem arz ederken, aynı zamanda ekinlerin zarar görmesini de engellemektir.

### Kaynakça

- Akbostancı, E., Aşık S.T. ve Tunç G.İ., 2009. "The Relationship Between Income and Environment in Turkey: Is there an Environmental Kuznets Curve?", *Energy Policy*, 37, 861-867
- Altıntaş, H., 2013. "Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eş Bütünleşme ve Nedensellik Analizi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 8(1), s.263-294
- Arı, A. ve Zeren F., 2011. "CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi", *Yönetim ve Ekonomi Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 18(2), s. 37-47
- Atıcı, C. ve Kurt F., 2007. "Türkiye'nin Dış Ticareti ve Çevre Kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı", *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2), s.61-69
- Baltagi, B., 2005. *Econometric Analysis of Panel Data*, John Wiley & Sons, Ltd., England
- Başar, S. ve Temurlenk M.S., 2007. "Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama", *Atatürk Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, s.1-12
- Coderoni, S. and Esposti R. 2011. "Long-Term Agricultural GHG Emissions and Economic Growth: the Agricultural Environmental Kuznets Curve across Italian Regions", *EAAE 2011 Congress Change and Uncertainty*
- Çınar, S., Yılmaz M. Ve Fazlılar T.A., 2012. "Kirlilik Yaratan Sektörlerin Ticareti ve Çevre: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Karşılaştırması", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13, s.212-216
- Ekici, Ö.K., 2011. "Sürdürülebilir Tarım: Gıdayı Üretirken Dünyayı Korumak", *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 2, 60-65
- Erol, E.D, Erataş F. ve Nur H.B., 2013. "Çevresel Kuznet Eğrisi'nin Yükselen Piyasa Ekonomilerindeki Geçerliliği: Panel Veri Analizi", *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1, s.400-415
- Galeotti, M., Lanza A. and Pauli F., 2005. "Reassessing the Environmental Kuznets Curve for CO2 Emissions a Robustness Exercise", *Ecological Economics*, 57, p.152-163
- Goodland, R., 1995. "The Concept of Environmental Sustainability", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, p.1-24
- Greene, W.H., 2008. *Econometric Analysis*, Prentice Hall, New Jersey
- Grossman, G.M. and Krueger A.B., 1995. "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), p.353-377
- Grossman, G.M. and Krueger A.B., 1991. "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", Working Paper, No.3914
- Gujarati, D.N. and Porter, D.C., 2009. *Basic Econometrics*, Mc Graw Hill, Singapore
- Gutiérrez, P.C., 2010. "Dynamic OLS Estimation of the U.S. Import Demand for Mexican Crude Oil", *Munich Personal RePec Archive*, no.30608, <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/30608/>
- Haulman, M., 2012. "Agricultural Emissions and the Environmental Kuznets Curve", *Fulfillment of the Requirements for the degree of Bachelor of Arts in Economics in Duquesne University, Pennsylvania*, <http://www.antolin-davies.com/theses/haulman.pdf>
- Issues in Brief, 2008. "Towards Multifunctional Agriculture for Social, Environmental and Economic Sustainability", *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD)*, [http://www.unep.org/dewa/agassessment/docs/10505\\_Multi.pdf](http://www.unep.org/dewa/agassessment/docs/10505_Multi.pdf)

- Jaunky, V.C., 2011. "The CO2 Emissions-Income Nexus: Evidence From Rich Countries", *Energy Policy*, 39, p.1228-1240
- Morelli, J., 2011. "Environmental Sustainability: a Definition for Environmental Professionals", *Journal of Environmental Sustainability*, 1, p.19-27
- Muhammad, A. and Ishfaq A., 2011. "Industrial Development, Agricultural Growth, Urbanizaipn and Environmental Kuznets Curve in Pakistan", *Munich Personal RePec Archive*, no.33469, <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/33469/>
- Narayan, P.K. and Narayan S., 2010. "Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence From Developing Countries", *Energy Policy*, 38, p.661-666
- OECD, 2013. *Environmental Performance of Agriculture in OECD countries since 1990*, <http://stats.oecd.org/>
- OECD Work, 2004. "Agriculture and the Environment: Lessons LEarned from a Decade of OECD Work", <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/agri-environmentalindicatorsandpolicies/33913449.pdf>
- Omri, A., 2013. "CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth Nexus in MENA Countries: Evidence From Simultaneous Equations Models", *Energy Economics*, 40, p.657-664
- Perman, R. And Stern, D.I., 2003. "Evidence from Panel Unit Root and Cointegration Test the Environmental Kuznets Curve Does not Exist", 47(3), p.325-347
- Phillips, P.C.B., 1993. "Fully Modified LEast Squares and Vector Autoregression", *Cowles Foundation Discussion Paper*, no.1047, <http://cowles.econ.yale.edu/P/cd/d10a/d1047.pdf>
- Poudel, B.N., Paudel K.P. and Bhattarai K., 2009. "Searching for an Environmental Kuznets Curve Dioxide Pollutant in Latin American Countries", *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41(1), p.13-27
- Saatçi, M. ve Dumrul Y., 2011. "Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi için Yapısal Kırılmalı Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini", *Erciyes Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 37, s.65-86
- Shafik, N.,1994. "Economic Development and Environmental Quality: an Econometric Analysis", *Oxford Economic Papers*, 46, p.757-773
- Sutton, P., 2004. "A Perspective on Environmental Sustainability?", <http://www.green-innovations.asn.au/A-Perspective-on-Environmental-Sustainability.pdf>
- World Bank, 2013. *GDP per capita (constant 2005 US\$) statistics*, <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD>