

Reel Üretim ile Çevre Kirliliği Arasındaki İlişkinin Analizi: Panel Kantil Regresyon Yaklaşımı

Analysis of the Relationship Between Real Production and Environmental Pollution: Panel Quantile Regression Approach

Dr. Öznur Taşdöken [ORCID: 0000-0001-7381-4361](#)
Prof. Dr. Hakan Kahyaoglu [ORCID: 0000-0002-6031-7494](#)

Abstract

Today, the damage caused by the production process to the environment has led to the development of the literature with the Kuznest, pollution haven hypotheses within the framework of sustainability. From this point of view, the optimum balance and efficiency production process has been reconsidered with the studies that take into account the impact of the economic activity process on the environment. Empirical studies have been conducted on the negative impact of environment and climate change on the output-input relationship. In this context, this study analyzes carbon emissions, industrial production index representing real production and the share of renewable energy in total energy using panel quantile approach. For this purpose, data for 37 selected countries are used, using annual data for the period 2000-2019. The purpose of using this approach is to provide a more comprehensive estimation of how carbon emissions, industrial production index and the share of renewable energy in total energy differ across percentiles. Considering the findings obtained from the estimation, the relationship between carbon emissions and industrial production index and the share of renewable energy in total energy is statistically significant and the coefficient value changes for different quantile values at 95% confidence interval. This means that the industrial production index and the share of renewable energy in total energy have different effects on carbon emissions and that these effects are heterogeneous.

1 Giriş

Bir ülkenin toplam üretim gücü tarım, sanayi ve hizmetler sektöründeki üretim miktarına bağlı olarak sabit fiyatlarla toplam değeriyle ölçülmektedir. Söz konusu üretimin ortaya çıkış sürecinde yaşadığımız modern dönemde karbon emisyonu yoğunluğuyla iklim değişikliğine ve hava kirliliği üzerinde iktisadi etkisizliğe yol açacak düzeyde etkili olmaktadır. Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve hava kirliliği düzeyi dikkate alındığında iktisadi faaliyetlerin etkinliğinin önemli bir iktisadi büyüme ve kalkınma sorunu olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu çerçevede üretimin yapılabilmesi için temel girdi olan enerjinin üretimi ve tüketiminin üzerinde ekonomik etkinliğe yönelik olarak yeni ölçütlerin belirlenmesi gerekli hale gelmiştir. Başka bir deyişle, elektrik enerjisi tüketimi ile karbon emisyonu arasında istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı bir ilişkinin olmasından hareketle (Dhakal, 2009) elektrik enerjisi tüketiminin sanayi üretiminde karbon emisyonu yoğunluğunu artıran temel faktörlerden biri olduğu gösterilmiştir (Zhao et al., 2010).

Sanayi sektörünün temel girdisi olan elektrik enerjisinin üretim süreci karbon emisyonlarının ortalama yüzde 35'ini oluşturan en büyük emisyon kaynağıdır (Roaf et al., 2022). Bu çerçevede sanayi üretim sürecinde karbon fiyatlandırma politikasının uygulanması sonucunda üretimde karbon yoğun olan sektörlerde ortaya çıkan farklı fiyatlardan dolayı nispi fiyat yapısı da farklılaşmaktadır. Bundan dolayı kamu kurumları enerji yoğun sektörlerde temiz enerji kaynaklarına yönelik kullanımın artırılması için politikalar uygulamaktadır. Bu politikaların başında geleneksel enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına ve hidrojen enerji kaynaklarına geçişe yönelik uygulamalar gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde temiz enerji kullanımı desteklemek amacıyla temiz enerji üreten firmaların lehine nispi fiyat oluşumuna yol açacak politikalar uygulanmaktadır.

Yüksek teknoloji ve yüksek orta teknolojilerin endüstri sektöründe üretim aşamasında kullanımının gelişmiş ülkelerde yaygınlaşması hem enerji verimliliği sağlamak hem de üretimde verimlilik artışlarına bağlı olarak firmaların pazar payının artmasına neden olmaktadır. Böylece, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji üretimine yapılan yatırımların artması aynı zamanda karbon emisyonu yoğunluğunu azaltacak yeni firmaların ortaya çıkmasını sağlarken, çevre kirliliğini azaltıcı yönde dışsal ekonomilerin artmasına yol açmaktadır.

Literatürde konunun analizi değişkenleri temsil eden sanayi üretim endeksi, enerji ve karbon emisyonu göstergelerinin kendi arasındaki ilişkiyi gösteren uygulamalı çalışmalarla ve çeşitli yaklaşımlar kullanılarak yapılmıştır. Bu analizlerde Zhang (2011)'e göre, finansal gelişmenin ve finansal sektörün, karbon emisyonları üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur (Zhang, 2011). Ancak, temel üretim sektörü olan sanayinin ve sanayiye girdi sağlayan reel ekonomik faaliyetlerin etkisi bu açıdan değerlendirildiğinde finansal sektörle beraber önemli bir belirleyici sektör haline gelmiştir. Dong et al., (2018)'e göre, demografik yapı ve ekonomik büyüme karbon emisyon düzeyini belirleyici oranda etkilemektedir. Bu etkide yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki artış karbon emisyonu yoğunluğunu azaltmaktadır (Dong et al., 2018). Puntoon et

al., (2022)'e göre, GSYİH'deki, enerji tüketimindeki ve sanayi üretim endeksinde meydana gelen değişimler karbon emisyonu yoğunluğunu artırmaktadır(Coondoo & Dinda, 2002; Punttoon et al., 2022).

Yapılan çalışmalarda enerji tüketimi, büyüme ve karbon emisyonu yoğunluğu arasındaki ilişkiler ülkelere göre farklılık göstermektedir. Literatürde yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular dikkate alındığında kirlilik ile enerji kullanımının uzun vadede çıktı ile pozitif ilişkili olduğu sonucu elde edilmiştir(Ang, 2008;Acaravci & Ozturk, 2010). Bu çalışmalarda ulaşılan bulgular dikkate alındığında enerji kullanımının en yoğun olduğu sektör sanayi sektörünün olduğu gösterilmiştir. Sanayi sektörünün ileri ve geri bağlantısı dikkate alındığında dolaylı ve dolaysız etkilerle karbon emisyonu yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmektedir.

Literatür de yapılan çalışmalarda karbon emisyonu yoğunluğu üzerinde etkili olan faktörler ile ilgili analizlerde genel olarak toplam karbon emisyonu yoğunluğu üzerinden analizler yapılmaktadır. Bu çalışmada ele alınan konu literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak; elektrik üretiminden kaynaklanan karbon emisyonu ile sanayi üretim endeksi ve toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı arasındaki ilişki dikkate alınarak analiz edilmiştir. Çalışmanın analizinde 37 seçilmiş ülkeye ait verilerden hareketle uygulamayla literatüre katkı niteliğinde bulgular ortaya konulmuştur.

2 Veri Seti ve Ekonometrik Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde veri seti ve ekonometrik yöntem ele alınmaktadır.

2.1 Veri seti

Bu çalışma da 2000-2019 yılları arasındaki yıllık veriler kullanılarak panel kantil regresyon yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan 37 ülke "Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Şili, Kolombiya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Polonya, Portekiz, Slovak cumhuriyeti, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık, ABD, Brezilya, Bulgaristan, Hırvatistan, Romanya, Rusya'dır". Bu ülkelere ait sanayi üretim endeksi verisi OECD, elektrik üretiminden elde edilen karbon emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına toplam enerji tüketimi verisi Our World in Data veri tabanından alınmıştır.

Bu çalışmanın yapılmasındaki amaç, sanayi üretiminin temel girdilerinden biri olan enerji üretimi ile ilgili yapılan çalışmalarda toplam karbon emisyonu üzerinden analiz yapılmaktadır. Çalışmamızda toplam karbon emisyonu yerine elektrik üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu kullanılmaktadır. Böylece, sanayi üretiminin temel girdilerinden biri olan elektrik üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğunu üzerinde analiz yapılmaktadır.

Bu çalışmada panel kantil regresyon yaklaşımının kullanılmasındaki amaç, ilk olarak enerji tüketimi, sanayi üretimi ve yenilenebilir enerjide meydana gelecek bir değişimin elektrik üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla niceliksel(kantil) regresyon yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımla birlikte değişkenler arasındaki ilişki doğrusal olmayan ve asimetric ilişkiler ile ilgili ayrıntılı bir tanımı elde edilmektedir. İkinci olarak, geleneksel regresyon yaklaşımından daha fazla ayrıntılı bilgi vermektedir. Başka bir deyişle, geleneksel regresyon yaklaşımında medyan değerine göre analiz yapılırken, panel kantil regresyon yaklaşımında her bir kantil değeri için regresyon analizi yapılmaktadır.

2.2 Ekonometrik Yöntem

Koenker & Bassett (1978) tarafından ilk olarak liner kantil regresyon yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımda bağımlı değişkenin tüm koşullu dağılımında ortalamayı etkileyecek aykırı değerlerin bulunması amacıyla farklı yüzdelik dilimlerinde tahmin sonuçlarını elde etmek için kullanılmaktadır. Başka bir deyişle bağımlı değişkenin her bir kantil değeri için tahmini yapılmaktadır. Bu bağlamda bu yöntem hem en küçük kareler yöntemi hem de regresyon yönteminden daha ayrıntılı istatistiki bilgi vermektedir. Bu yaklaşımla birlikte enerji tüketiminden elde edilen karbon emisyonu ile reel üretimi temsil eden sanayi üretim endeksi ve toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı arasındaki ilişki analiz edilmektedir. Bu analiz de modeli oluşturan değişkenlere ait regresyon denklemi aşağıda gösterilmektedir.

$$LN CAR_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \left(LN \left(\frac{YET_{it}}{TE_{it}} \right) \right) + \beta_2 SUE_{it} + \varepsilon_{it}$$

Model TE_{it} değişkeni kişi başına toplan enerji tüketimi, YET_{it} kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi ve $LN CAR_{it}$ değişkeni elektrik üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğunu göstermektedir. SUE_{it} değişkeni sanayi üretim endeksini göstermektedir. $LN \left(\frac{YET_{it}}{TE_{it}} \right)$ değişkeni toplam enerji içerisindeki yenilenebilir

enerjinin payını vermektedir. Bu çalışmada kullanılan kantil değerleri $\tau = (0.05, 0.15, 0.25, 0.35, 0.45, 0.55, 0.65, 0.75, 0.85, 0.95)$ olarak belirlenmiştir. (Koenker & Hallock, 2001:146) Kantil 0.05(sol kuyruk) ve 0.95(sağkuyruk) değerleridir ve her bir kantil değeri farklı dağılımlar göstermektedir. Bu durum geleneksel regresyon yönteminden daha fazla esneklik sağlamaktadır.(Koenker & Bassett, 1978)

3 Ampirik Bulgular

Bu çalışmada kullanılan bütün değişkenlerin logaritmik dönüşümü yapılmıştır. Analize başlamadan önce toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı(enerji), elektrik üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu(karbon) ve sanayi üretim endeksi değişkenlerinin panel kantil regresyon modeline uygulununun analiz edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle tablo 1’de değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri verilmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkileri tahmin etmeye yönelik olarak yapılan bütün testler stata 16 programında yapılan analizler sonucunda elde edilmiştir.

Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre, Jarque-Bera Probability testi tahmin sonuçları incelendiğinde toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı, enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu ve sanayi üretim endeksi değişkenlerinin olasılık değerlerinin %5 anlamlılık düzeyindeki sonuçlarından normal dağılımı sahip olma boş hipotezi reddedilmektedir. Başka bir deyişle, bu değişkenler normal dağılıma sahip değildir. Enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu ve sanayi üretim endeksi değişkenlerinin çarpıklık (skewness) değeri negatiftir. Bu değişkenlerin olasılık dağılımlarının sola çarpık olduğu anlamına gelmektedir. Tüm değişkenlerde çarpıklık değerlerinin sıfırdan farklı olması değişkenlerinin normal dağılıma sahip olmadığını ifade etmektedir. Bütün değişkenlerin basıklık katsayılarının üçten büyük değerlere sahiptir. Değişkenlerimizin bu dağılım özellikleri dikkate alındığında, geleneksel yöntemlerin kullanılması kuyruk değerlerini dikkate almadan yalnızca bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ortalama ilişkileri medyan değeri(q50) için analiz yapması doğru sonuçlar vermeyebilir. Dolayısıyla, elde edilen bulgular dikkate alındığından her bir kantil değeri için toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı, enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu ve sanayi üretim endeksi değişkenleri arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla panel kantil regresyon yaklaşımının bu çalışma için uygun olduğuna karar verilmiştir.

	ENERJİ	KARBON	SANAYİ ÜRETİM ENDEKSİ
Mean	-0.33485	-1.672019	4.508165
Median	-0.37852	-1.629641	4.590108
Maximum	8.009431	-1.164752	4.942654
Minimum	-3.3265	-2.830218	2.306519
Std. Dev.	0.986223	0.261692	0.328049
Skewness	0.565668	-1.113715	-4.1605
Kurtosis	8.811171	5.314181	26.40321
Jarque-Bera	1134.732	334.009	19973.73
Probability	0.00000	0.00000	0.00000
Sum	-260.179	-1299.159	3502.844
Sum Sq. Dev.	754.7654	53.1425	83.51008
Observations	777	777	777

Tablo 1: Değişkenlere ait Tanımlayıcı İstatistikler **Kaynak:** Bu değerler Eviews12 programında yapılan analiz sonucunda elde edilmiştir.

	Delta	p-value
adj.	7.691	0.000
	9.275	0.000

Tablo 2: Homojenlik Testi Tahmin Sonuçları **Kaynak:** Bu değerler stata 16 programında yapılan analiz sonucunda elde edilmiştir.

Variable	VIF	1/VIF
Enerji	1.00	0.999594
Sanayi Üretim Endeksi	1.00	0.999594
Mean VIF	1.00	

Tablo 3: VIF Kriteri Tahmin Sonuçları **Kaynak:** Bu değerler stata 16 programında yapılan analiz sonucunda elde edilmiştir.

Değişkenlerin eğim katsayılarının homojenliğinin araştırılması amacıyla, Westerlund & Blomquist (2013), Pesaran (2006) ve Chudik & Pesaran (2013, 2015) çalışmalarına dayanarak değişkenler arasında değişen varyansın, otokorelasyonun ve yatay kesit bağımlılığı dikkate alınarak Bersvendsen & Ditzgen (2020) tarafından geliştirilen homojenlik tahmini testi kullanılmıştır. Bu tahminde boş hipotez “eğim katsayıları kesit birimleri arasında homojendir” şeklinde oluşturulmaktadır. Analiz sonucuna göre, değişkenler arasında değişen varyansın,

otokorelasyonun ve yatay kesit bağımlılığının olduğu durum dikkate alındığında seriyi oluşturan bütün değişkenler için istatistiksel olarak %95 güven aralığında alternatif hipotezi kabul edilmektedir. Yani, modeldeki değişkenlerin eğim katsayıları heterojen olduğu kabul edilmiştir. Değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununu araştırmak amacıyla varyans büyütme faktörü kullanılmıştır. Bu bağlamda Tablo 3'te mean VIF değeri 5'ten küçük olduğundan dolayı değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununun olmadığına karar verilmiştir.

Modeli oluşturan değişkenler için durağanlık analizi yapılmıştır. Durağan olmayan veriler regresyon sonuçlarında sapmalara ve sahte regresyon sorununa neden olmaktadır. Bu bağlamda panel birim kök testi yapılması gerekmektedir. Bu nedenle değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı testi yapılarak birim kök testlerine karar verilmektedir.

Variable	CD-test	pvalue	average joint T	mean ρ	mean abs(ρ)
Karbon	54.235	0.000	21.00	0.46	0.63
Sanayi Üretim Endeksi	31.867	0.000	21.00	0.27	0.54
Enerji	72.436	0.000	21.00	0.61	0.64

Tablo 4: Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Tahmin Sonuçları **Kaynak:** Bu değerler stata 16 programında yapılan analiz sonucunda elde edilmiştir.

Tablo 4'te yatay kesit bağımlılığı testin de boş hipotez "birimler arasında yatay kesit bağımlılığı vardır." olarak ifade edilmektedir. Her bir ülkeye ait değişkenlerin birim olarak aralarındaki ilişkinin varlığına yönelik analizde Pesaran (2004, 2015) tarafından geliştirilen yatay kesit bağımlılığı testi analiz sonucuna göre, bütün değişkenler için yatay kesit bağımlılığının olduğuna yönelik alternatif hipotezi kabul edilmiştir. Ulaşılan bulgulara bağlı olarak 2.nesil birim kök testleri yapılmıştır.

Model A				
Variable	CADF			CIPS
	tbar	Z[tbar]	Pvalue	
Karbon	-1.947	-1.170	0.121	-2.271
Enerji	-2.285	-3.292	0.000	-2.479
Sanayi Üretim Endeksi	-1.767	-0.047	0.481	-1.502

Model B				
Variable	CADF			CIPS
	tbar	Z[tbar]	Pvalue	
Karbon	-3.413	-10.036	0.000	-
Enerji	-	-	-	-
Sanayi Üretim Endeksi	-3.699	-11.745	0.000	-3.348

Tablo 5: Panel Birim Kök Testi Tahmin Sonuçları **Kaynak:** Bu değerler stata 16 programında yapılan analiz sonucunda elde edilmiştir.

Uygulamalı literatür dikkate alındığında Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS ve CADF birim kök test teknikleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Kullanılan tekniklerde panel birim kök testinin boş hipotezi "tüm birimlerin birim köke sahip" olarak ifade edilmektedir. CADF testi tablo 5'de görüldüğü gibi "10%, 5% ve 1% anlamlılık düzeyi için sırasıyla, -2.040, -2.110 ve -2.230" ve CIPS testi için "10%, 5% ve 1% anlamlılık düzeyi için sırasıyla -2.04, -2.11 ve -2.23" kritik değerleri kullanılmaktadır. Bu testler için gecikme sayısı 1 olarak alınmıştır. Tablo 5'de A kısmında değişkenleri temsil eden zaman serilerinin düzeyde, B kısımda söz konusu serilerin farkı alınarak elde edilen test sonuçları görülmektedir.

Model A			
Değişkenler	Statistic	%5 Bootstrap Critical Value	P-value
Karbon	-0.0160	-0.0085	0.0000
Enerji	-0,4604	-2.6072	0.2800
Sanayi Üretim Endeksi	-0,0597	-1.0008	0.7200

Model B			
Değişkenler	Statistic	%5 Bootstrap Critical Value	P-value
Karbon	-	-	-
Enerji	-47.5285	16.5650	0.000
Sanayi Üretim Endeksi	-43.2790	24.478	0.000

Tablo 6: Yapısal Kırılmalı Panel Birim Kök Testi Tahmin Sonuçları *Kaynak: Bu değerler stata 16 programında yapılan analiz sonucunda elde edilmiştir.*

Model A tahmin sonuçları dikkate alındığında, istatistiksel olarak %95 güven aralığında enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu, toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı ve sanayi üretim endeksi değişkenleri için yapılan CADF panel birim kök testiyle; enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu, sanayi üretim endeksi değişkenleri için birim kök bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. CIPS panel birim kök tahmini sonuçlarına göre, istatistiksel olarak %95 güven aralığında sanayi üretim endeksi değişkeninde yatay kesit bağımlılıkla birlikte birim kök vardır. Tablo 5'te B kısmında söz konusu değişkenleri temsil eden zaman serilerinin farkı alınarak uygulanan CADF ve CIPS birim kök testleriyle; birinci farkta birim kökün olmadığı bulunmuştur.

Karavias & Tzavalis, (2014) tarafından geliştirilen yapısal kırılmalara izin veren panel birim kök testinde değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı ve değişen varyans olduğu durumları dikkate alarak tahmin yapılmaktadır. Analizde boş hipotez" yapısal kırılmaların altında birim kök vardır" olarak ifade edilmektedir. Değişkenlerde bir kırılmanın olduğu, yatay kesit bağımlılığının ve değişen varyansın olduğu durum dikkate alındığı panel birim kök testi analiz sonuçlarına göre, istatistiksel olarak %95 güven aralığında toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı ve sanayi üretim endeksi değişkenleri için yapısal kırılmalar altında birim kök içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Tablo 6'da B kısmında söz konusu serilerin farkı alınarak elde edilen test sonuçları görülmektedir. Elde edilen bulgular dikkate alındığında, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan panel zaman serisi birim kök testleri kullanıldığında, hem yapısal kırılmaları dikkate almayan modeller hem de yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testlerinde modeli oluşturan değişkenlerin birim kök içerdiğine dair güçlü kanıtlar sağlanmıştır.

	Karbon	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% conf, interval]
q05	Sanayi Üretim Endeksi	-0.0287901	0.1412768	-0.200	0.839	-0.3061211 0.2485410
	Enerji	0.0525637	0.0469931	1.120	0.264	-0.0396854 0.1448128
	_cons	-1.9670360	0.6390901	-3.080	0.002	-3.2215910 -0.7124803
q15	Sanayi Üretim Endeksi	0.0357069	0.0581129	0.610	0.539	-0.0783706 0.1497844
	Enerji	0.0287989	0.0193302	1.490	0.137	-0.0091468 0.0667447
	_cons	-2.0693070	0.2628836	-7.870	0.000	-2.5853560 -1.5532570
q25	Sanayi Üretim Endeksi	0.0470910	0.0396958	1.190	0.236	-0.0308332 0.1250152
	Enerji	0.0168119	0.0132041	1.270	0.203	-0.0091082 0.0427320
	_cons	-2.0249450	0.1795710	-11.280	0.000	-2.3774490 -1.6724410
q35	Sanayi Üretim Endeksi	0.0542642	0.0499606	1.090	0.278	-0.0438103 0.1523386
	Enerji	0.0031137	0.0166185	0.190	0.851	-0.0295090 0.0357363
	_cons	-1.9790090	0.2260057	-8.760	0.000	-2.4226660 -1.5353530
q45	Sanayi Üretim Endeksi	0.0611216	0.0376770	1.620	0.105	-0.0128396 0.1350829
	Enerji	-0.0486194	0.0125326	-3.880	0.000	-0.0732212 -0.0240176
	_cons	-1.9251780	0.1704385	-11.300	0.000	-2.2597550 -1.5906020
q55	Sanayi Üretim Endeksi	0.0322723	0.0236666	1.360	0.173	-0.0141860 0.0787305
	Enerji	-0.0640540	0.0078722	-8.140	0.000	-0.0795074 -0.0486005
	_cons	-1.7643360	0.1070598	-16.480	0.000	-1.9744980 -1.5541740
q65	Sanayi Üretim Endeksi	-0.1209594	0.0245455	-4.930	0.000	-0.1691431 -0.0727757
	Enerji	-0.0623346	0.0081646	-7.630	0.000	-0.0783620 -0.0463072
	_cons	-1.0210230	0.1110360	-9.200	0.000	-1.2389900 -0.8030552
q75	Sanayi Üretim Endeksi	-0.0845303	0.0220328	-3.840	0.000	-0.1277814 -0.0412792
	Enerji	-0.0766168	0.0073288	-10.450	0.000	-0.0910034 -0.0622301
	_cons	-1.1451510	0.0996691	-11.490	0.000	-1.3408050 -0.9494974
q85	Sanayi Üretim Endeksi	0.0005041	0.0361688	0.010	0.989	-0.0704964 0.0715046
	Enerji	-0.1146925	0.0120309	-9.530	0.000	-0.1383095 -0.0910754
	_cons	-1.4745480	0.1636157	-9.010	0.000	-1.7957310 -1.1533640
q95	Sanayi Üretim Endeksi	-0.0285569	0.0271438	-1.050	0.293	-0.0818411 0.0247273
	Enerji	-0.0750068	0.0090289	-8.310	0.000	-0.0927308 -0.0572827
	_cons	-1.2322630	0.1227898	-10.040	0.000	-1.4733040 -0.9912226

Tablo 7: Panel Kantil Regresyon Testi Tahmin Sonuçları *Kaynak: Bu değerler stata 16 programında yapılan analiz sonucunda elde edilmiştir.*

Bu çalışmada kullanılan panel kantil regresyon yaklaşımıyla, ele alınan ülkelerin değişkenlerini temsil eden göstergeleri arasındaki ilişkinin analizi sonucunda toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenlerinin enerji üretiminden elde edilen enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerinde tüm kantil değerleri için dağılım etkisini tablo 7'de verilmiştir. Söz konusu sonuçlara göre, değişkenler arasındaki asimetrik ilişki görülmektedir. Bu bağlamda panel kantil regresyon tahmini sonuçlarına

göre, enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu değişkeninin ve toplam enerji içindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenlerindeki bir değişime tepkisinin, koşullu dağılımının düşük(q05) kantillerden yüksek(q95) kantillere doğru asimetric sonuçlar olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu da bu konudaki uygulamaların etkisinin önemli bir farklılık gösterdiğini sonucudur. Enerji üretiminde toplam içinde yenilenebilir enerjinin payının artması enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerinde azaltıcı etkisi olduğu görülmektedir. Bu çerçevede medyan değerinin(q50) üzerinde olan değerler açısından söz konusu değişkenin etkisi beklenildiği gibi negatif çıkmıştır. Bu da yenilenebilir enerjinin enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu azaltma yönünde etkili olan bir bulgudur. Sanayi üretim endeksinin etkisi değerlendirildiğinde bulgularımız ekonomik konjonktüre göre belirleyici bir değişken olduğu yönündedir.

Düşük kantilden değerinden yüksek kantil seviyelerine doğru, toplam enerji içindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenlerinin enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerindeki etkisi kademeli olarak değişme eğilimindedir. Kantil değerleri incelendiğinde ise, istatistiksel olarak %95 güven aralığında toplam enerji içindeki yenilenebilir enerji değişkeni için q05, q15, q15, q25 ve q35 kantil değerleri ile sanayi üretim endeksi q05, q15, q15, q25, q35, q45, q55, q85 ve q95 kantil değerinde istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucu elde edilmiştir. Ancak, bu kantil değerleri dışındaki bütün değerlerde değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Ayrıca, sanayi üretim endeksi değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı olan yani, q65 ve q75 kantil değerinde katsayı değerleri negatiftir. Bunun anlamı, sanayi üretim endeksi arttıkça enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu kademeli olarak azalmaktadır. Bunun nedeni ise, karbon fiyatının değişmesi ve teknolojik yeniliğin artmasına bağlı olarak enerji verimliliği, düşük karbonlu üretim dönüşümleri ve yenilenebilir enerjiyi teşviklerin neden olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle, nötr karbon hedeflemesine bağlı olarak düşük karbon politikalarının etkinliğini her zaman önemli ölçüde enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerinde etkili olmaktadır.

Elde edilen bulgular dikkate alındığında, panel kantil regresyon modelinde enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğunun düşük ve yüksek kantil değerlerinde toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenleri için bilgi sağlamaktadır. Bu bağlamda panel kantil regresyon modelinde sol kuyrukta da katsayıların anlamlı ve farklı olması kantiller arasında toplam enerji içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenleri önemli ölçüde heterojen ve asimetric olduğunu ifade etmektedir. Elde edilen bu bulgu ekonomik konjonktür eğilimden kaynaklandığını ifade etmektedir.

4 Sonuç

Bu çalışmada, 2000-2019 yıllarında 37 ülkeden oluşan bir panel veri setinde toplam enerji içindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenlerinin enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerindeki heterojen etkilerini incelemek için panel kantil regresyon modeli kullanılmıştır. Bulgularımız toplam enerji içindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenlerinin enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerindeki etkisinin farklı kantil değerleri arasında değişiklik gösterdiğini doğrulayarak, ülkeler arasında heterojen çevresel etkiler bulunduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle, toplam enerji içindeki yenilenebilir enerjinin payı ile sanayi üretim endeksi değişkenlerinde meydana gelen bir değişim enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğu üzerindeki etkisinin heterojen olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Ayrıca, bütün ülkelerde farklı kantil değerlerinde enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğunun değeri azalmaktadır. Dolayısıyla, elde edilen bu bulgu yenilenebilir enerji tüketimlerine yapılan yatırımlarının çevresel bozulmayı azalttığını göstermektedir. Başka bir deyişle, bu ülkelerde enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğunun azaltılması için yapılan çalışmaların ve temiz enerji yatırımlarının etkili olduğunu söylenebilir. Bu bağlamda, temiz enerji yatırımlarının ve enerji verimliliğinin artması, fosil yakıtlara olan bağımlılığın azalması enerji üretiminden elde edilen karbon emisyonu yoğunluğunu azaltmaktadır. Bu çerçevede ülkelerin sürdürülebilir enerji kullanımını politikasının da etkinliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından teknolojiyi verimli bir şekilde kullanmaya uygun politikaların da küresel enerji piyasası üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Sanayi üretim endeksinin q65 ve q75 kantil değerlerinde anlamlı olması bu değişkenin ekonomik konjonktüre bağlı olarak etkisi olabileceği yönünde bir ön bilgi sağlamaktadır.

Kaynakça

- Acaravci, A., & Ozturk, I. 2010. On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35(12), p.5412–5420. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.009>
- Ang, J. B. 2008. Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. *Journal of Policy Modeling*, 30(2), p.271–278. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2007.04.010>
- Bersvendsen, T., & Ditzen, J. 2020. xthst: Testing for Slope Homogeneity in Stata. In *London Stata Conference 2020 07* (No. 11; Issue 11). <https://ceerp.hw.ac.uk/RePEc/hwc/wpaper/011.pdf>
- Chudik, A., & Pesaran, H. 2013. *Large Panel Data Models with Cross-Sectional Dependence: A Survey* (No. 153). <http://www.dallasfed.org/assets/documents/institute/wpapers/2013/0153.pdf>

- Coondoo, D., & Dinda, S. 2002. Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. *Ecological Economics*, 40, p.351–367.
- Dhakal, S. 2009. Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications. *Energy Policy*, 37(11), p.4208–4219. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.020>
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., & Liao, H. 2018. CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*, 75, p.180–192. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.08.017>
- Karavias, Y., & Tzavalis, E. 2014. Testing for Unit Roots in Short Panels Allowing for a Structural Break. *Computational Statistics and Data Analysis*, 76, p.391–407. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2012.10.014>
- Koenker, R., & Bassett, G. 1978. Regression Quantiles. *Econometrica*, 46(1), p.33–50.
- Koenker, R., & Hallock, K. 2001. Quantile Regression. *Journal Of Economic Perspectives*, 15(4), p.143–156. <https://doi.org/10.1164/rccm.201012-2095OC>
- Pesaran, M. H. 2004. General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. In *IZA Discussion Paper* (1240). <http://www.emeraldinsight.com/loi/afr>
- Pesaran, M. H. 2006. Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with a Multifactor Error Structure. *Econometrica*, 74(4), p.967–1012. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2006.00692.x>
- Pesaran, M. H. 2007. A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, p.265–312. <https://doi.org/10.1002/jae>
- Pesaran, M. H. 2015. Testing Weak Cross-Sectional Dependence in Large Panels. *Econometric Reviews*, 34(6–10), p.1089–1117. <https://doi.org/10.1080/07474938.2014.956623>
- Puntoon, W., Tarkhamtham, P., & Tansuchat, R. 2022. The impacts of economic growth, industrial production, and energy consumption on CO2 emissions: A case study of leading CO2 emitting countries. *Energy Reports*, 8, p.414–419. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.219>
- Roaf, J., Black, S., Zhunussova, K., Minnett, D., & Parry, I. 2022. A Framework for Comparing Climate Mitigation Policies Across Countries. In *IMF Working Papers* (Vol. 22, Issue 254). <https://doi.org/10.5089/9798400228285.001>
- Westerlund, J., & Blomquist, J. 2013. A Modified LLC Panel Unit Root Test of The PPP Hypothesis. *Empirical Economics*, 44(2), p.833–860. <https://doi.org/10.1007/s00181-012-0552-x>
- Zhang, Y. J. 2011. The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China. *Energy Policy*, 39(4), p.2197–2203. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.026>
- Zhao, M., Tan, L., Zhang, W., Ji, M., Liu, Y., & Yu, L. 2010. Decomposing the influencing factors of industrial carbon emissions in Shanghai using the LMDI method. *Energy*, 35(6), p.2505–2510. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.02.049>