

SU TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ: G-7 ÜLKELERİNDEN AMPİRİK KANITLAR

Mustafa ZUHAL¹

Özet

Su tüketimi, ekonomik büyüme ve insan refahı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Aynı zamanda küresel ısınma ve iklim değişikliği başta olmak üzere su kaynaklarının geri döndürülemez şekilde tüketilmesi ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir. Bu açıdan su kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde ortaya konulması ve gelecekteki eğilimlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada G-7 ülkelerinde su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında Çevresel Kuznets Eğrisi şeklinde ilişkinin olup olmadığının incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda G-7 ülkelerinde panel veri analizi yapılmaktadır. Analizler sonucunda Çevresel Kuznets Eğrisi şeklinde bir ilişkinin varlığı doğrulanmaktadır. Su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında önce artan ve sonra azalan bir ilişkinin olmasında, verimlilik ve teknolojik inovasyon faktörlerinin etkili olduğu belirtilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Su tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kuznets Eğrisi.*

JEL Kodları: *O47, Q25, Q56.*

THE RELATIONSHIP BETWEEN WATER CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH: EMPIRICAL EVIDENCE FROM G-7 COUNTRIES

Abstract

Water consumption has significant impacts on economic growth and human welfare. At the same time, the irreversible depletion of water resources, particularly global warming and climate change, has a negative impact on economic growth. In this respect, it is important to accurately reveal the relationship between water use and economic growth and determine future trends. Therefore, this study examines whether there is an Environmental Kuznets Curve-shaped relationship between water consumption and economic growth in G-7 countries. For this purpose, panel data analysis is conducted in G-7 countries. As a result of the analysis, the existence of a relationship in the form of the Environmental Kuznets Curve is confirmed. Furthermore, it is stated that productivity and technological innovation factors are effective in the first increasing and then decreasing relationship between water consumption and economic growth.

Key Words: *Water consumption, Economic Growth and Environmental Kuznets Curve.*

JEL Codes: *O47, Q25, Q56.*

¹ Arş. Gör. Dr., Gümüşhane Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Gümüşhane/Türkiye, mzuh@gumushane.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4645-4628.

1. Giriş

Su, dünyada en değerli doğal kaynaklar arasında gösterilmekte ve insan refahı başta olmak üzere canlı varlığının devamı için hayati önem taşımaktadır. Aynı zamanda suya erişim, ekonomik kalkınmanın sağlanmasında ve yaşam kalitesinin yükseltilmesinde önemli roller oynamaktadır. Bu açıdan sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanabilmesi için su kaynaklarının verimli ve etkin bir şekilde kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Ancak küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin etkilerinin belirgin bir şekilde görülmeye başlanması, su kaynakları üzerinden sürdürülebilir ekonomik büyümeyi ciddi anlamda tehdit etmektedir (Murray vd., 2012: 14). Ayrıca Dünya Bankası tarafından iklim değişikliğinin ekosistemler, insan sağlığı, tarımsal verimlilik gibi kalkınmanın tüm alanlarını kapsayan etkilerinin olacağı belirtilmektedir. Ancak iklim değişikliğinin su kaynaklarındaki değişiklikler yoluyla ortaya çıkan ekonomik etkilerinin büyük ölçüde göz ardı edildiği vurgusu da yapılmaktadır (World Bank, 2016: 11). Bu açıdan sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında en önemli faktörler arasında su kaynakları gelmektedir. Ayrıca su kaynaklarında yaşanan azalmanın neticesinde su kaynaklarını artırmaya yönelik yeni yatırımların ülkelerin mevcut sermaye kaynaklarının önemli kısmının bu yatırımlara yönlendirilmesine yol açabileceği belirtilmektedir. Su kaynaklarına yapılan sermaye harcamalarının diğer yatırım harcamalarının dışlanması ya da ötelenmesi anlamına gelebileceği ve bu durumun ekonomi üzerinde olumsuz etkiler yapabileceği vurgulanmaktadır (Barbier, 2004: 2).

Su kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde ortaya konulması, ülkelerdeki mevcut eğilimlerin belirlenmesi ve gelecekteki gelişmelerin tahmin edebilmesi, bu gelişmelere uygun politikaların geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ekonomik büyüme ve su tüketimi arasındaki ilişkiye yönelik farklı yaklaşımlar geliştirilmektedir. İlk aşamada gelir artışına bağlı olarak suyun normal bir mal olduğundan dolayı talebin gelir esnekliğinin pozitif olmasına bağlı olarak gelir arttıkça tüketimde artacağı belirtilmektedir. Aynı zamanda gelirdeki artışlar düşük gelir seviyelerinde erişilemeyen ilave su kaynaklarının tüketimine olanak sağlayabileceği belirtilmektedir. Öte yandan, gelir artışının daha verimli su teknolojilerine ve su dağıtım sistemlerine erişimi sağlaması neticesinde su kullanımında düşüşe neden olabileceği belirtilmektedir (Katz, 2015: 206). Ülkelerin gelir seviyelerine bağlı olarak ilk aşamada su kullanımının artacağı ve yüksek gelir aşamalarında ise, su kullanımının azalacağı ifade edilmektedir. Bu durum neticesinde Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) tipi ters U şeklinde bir ilişkinin varlığına işaret edilmektedir.

Çevresel Kuznets eğrisine yönelik yapılan çalışmaların büyük bir bölümü çevresel kirleticiler ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanmakta ve bu alanda çok

sayıda çalışma yer almaktadır. Ancak sınırlı sayıda çalışma gelir ile farklı çevresel dinamikler arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Özellikle önemli bir doğal kaynak olan su tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye yönelik sınırlı bir sayıda çalışma bulunmakta ve bu açıdan çalışmanın literatüre önemli katkılar sunması beklenmektedir.

Çalışmada G-7 ülkelerinde su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında EKC benzeri bir ilişkinin olup olmadığının tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda G-7 ülkelerine ait 1991-2020 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak panel veri analizi yapılmaktadır. Su tüketimi ve gelir ilişkisinde yüksek gelir seviyelerinde teknolojik inovasyona bağlı olarak verimlilik ve ekinlik artışına bağlı olarak su tüketiminin azalacağı öngörülmektedir. Gelir seviyelerinin ve teknolojik kapasitelerinin yüksekliği bakımından gelişmiş yedi ülkenin incelenmesi önem taşımaktadır. Çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucunda bu ülke grubunda su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında EKC benzeri bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın giriş bölümünden sonra su tüketimi ve gelir ilişkisi kapsamında literatür incelemesine yer verildikten sonra üçüncü bölümde analizlerde kullanılan testler tanıtılmaktadır. Dördüncü bölümde ampirik bulgulara yer verilirken beşinci bölümde tartışmalara ve politika önerilerine yer verilmektedir. Çalışmanın nihai aşamasında sonuç kısmı yer almaktadır.

2. Literatür İncelemesi

Ekonomik büyüme ve su kaynaklarının kullanımı arasındaki ilişkilere yönelik 1980'li yıllardan itibaren artan bir ilgi bulunmaktadır. Özellikle çevre üzerindeki olumsuz etkileri olan kirleticiler ve emisyon değerleri üzerinde ciddi bir yoğunlaşma olduğu görülmektedir. Emisyonların çevre kirliliği başta olmak üzere iklim değişikliği gibi küresel etkilerinin yanında doğal kaynakların geri dönüştürülemez bir şekilde tüketilmesi de insan refahını benzer şekilde olumsuz etkilemektedir. Ancak emisyon değerleri ve enerji kullanımına yönelik yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında su tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmekte (Duarte vd., 2013: 519; Katz, 2015: 206) ve bu çalışmaların büyük bir kısmının 2000'li yıllar sonrasında yoğunlaştığı görülmektedir. Aynı zamanda bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu, su kullanımını ve gelir arasında ters U veya Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) tipi bir ilişki olduğunu ve su kullanımının başlangıçta arttığını ve daha sonra gelir artışına bağlı olarak azaldığını göstermektedir (Katz, 2015: 205).

Rock (1998) Sovyetler Birliği'nden ayrılan sosyalist ekonomiler ve MENA ülkeleri üzerine yapmış olduğu incelemesinde gelir ile su tüketimi arasındaki ters U şeklindeki ilişkiyi destekleyen güçlü kanıtların olduğunu belirtmektedir.

Goklany (2002) ABD'de tarımda yaşanan verimlilik artışının yanında su kullanımında azalma yaşandığını belirtmektedir. ABD'de 1990'lı yıllarda tarımsal verimlilikteki artış, su kullanımı üzerindeki baskıları azaltmış ve su kullanımında azalmanın yaşandığı görülmüştür. Bu değerlendirmeler, sadece tarım sektörü için yapılırsa da verimlilik artışı neticesinde su kullanımının azaldığı ve ters U şeklindeki ilişkinin tanımlayıcısı niteliğindedir.

Cole (2004) çalışmasında Avrupa, Kuzey Amerika, Afrika, Asya, Güney Amerika ve Okyanusya bölgelerinde su tüketimi ve gelir arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olduğunu, aynı zamanda su ile bağlantısı en yüksek olan tarım sektöründe de aynı ilişkinin olduğunu vurgulamaktadır.

Barbier (2004) yüz altmış üç ülkede su kullanımı ve ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde güçlü bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır. Aynı zamanda gelişmiş ülkeler açısından su kıtlığının henüz ekonomiler üzerinde olumsuz etkilerinin görülmeye başlamadığını belirtmektedir.

Hemati vd., (2011) 2006 yılı için yüz otuz iki ülke için endüstriyel su kullanımı ve gelir arasındaki ilişkiye yönelik yatay kesit bir inceleme yapmışlar ve gelir değişimine bağlı olarak su kullanım oranlarının değiştiğini belirtmektedirler. Ayrıca, kişi başına düşen gelir ile su kullanımının esnekliği arasındaki ilişkinin çan şeklinde olduğuna dair güçlü kanıtlar bulunduğunu vurgulamaktadırlar.

Duarte vd., (2013) altmış beş ülke özelinde yapmış oldukları incelemelerinde gelir ve su kullanımı arasında ters U şeklinde ilişkinin varlığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda yazarlar gelirin artmasına bağlı olarak su tüketiminde azalmanın gözlemlendiğini vurgulamaktadırlar.

Katz (2015) yüz kırk dokuz ülke özelinde su kullanımı ve gelir arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada tüm su kullanım düzeylerinde gelir ile su kullanımı arasında ters U şeklinde ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu ilişkinin tarımsal kaynaklı su kullanımına bağlı olarak geliştiği vurgulanmaktadır.

Hao vd., (2019) Çin'de eyaletler bağlamında su kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çin'de eyaletlerde su kullanımı ve ekonomik büyüme arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin olduğu ve N şeklinde bir ilişkinin tespit edildiği belirtilmektedir.

Hosseinzadeh vd., (2022) İran’da su kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi sektörel bağlamda incelemişlerdir. Çalışmada İran’da su kullanımı ve ekonomik büyüme arasında EKC hipotezine uygun sonuçların olduğu vurgulanmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen çalışmalara bakıldığında, genel olarak su kullanımı ve ekonomik büyüme arasında EKC tipi bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Ekonomik büyümenin ilk aşamalarında artan bir su tüketimini azalan bir su tüketiminin takip ettiği savunulmaktadır. Küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin yoğun bir şekilde irdelendiği ve sonuçlarının hissedilebilir şekilde görülmeye başlandığı bu dönemlerde su tüketimini etkin ve verimli hale getirebilecek politikalar büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan su kullanımında verimliliği ve etkinliği sağlayacak politikalara yol gösterebilmesi bakımından farklı ülke grupları ve dönemleri için ekonomik büyüme ve su kullanımı arasındaki ilişkinin incelenmesi özel önem arz etmektedir. Bu doğrultuda çalışmada G-7 ülkelerinde ekonomik büyüme ve su kullanımı arasında EKC tipi ilişkinin olup olmadığı incelenmektedir.

3. Veriler ve Metodoloji

3.1. Veriler

Çalışmada 1991-2020 dönemi için G-7 ülkelere (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, İngiltere ve ABD) ait yıllık veriler kullanılmıştır. Analiz döneminin seçilmesinde detaylı analiz yapmaya yeterli ve geniş veri setine ulaşma çabası etkili olmuştur. Çalışmadaki tüm ülkelere ait verilerin, özellikle su tüketimi verilerinin başlangıç yılı olarak 1991 yılı ve en güncel olarak 2020 yılı tespit edilmiştir. Aynı zamanda su tüketimine ait veriler FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) Aquastat (FAO AquaStat, 2023) veri tabanından ve GSYİH ve ticari dışa açıklığa yönelik veriler Dünya Bankası Dünya Kalkınma Göstergeleri (Worldbank, 2023) veri tabanından elde edilmiştir.

Su kullanımı, bir tatlı su kaynağından çıkarılan veya alınan ve insani amaçlarla (yani endüstriyel, tarımsal veya evsel su kullanımı) kullanılan suyu ve tüketim amaçlı kullanım ise, bir kaynaktan çekilen ve ekonomik olarak yeniden kullanılmayacak şekilde kaybedilen suyu ifade etmektedir. Dolayısıyla su tüketimi, insan kullanımından sonra “geri dönüşü olmayan bir şekilde kaybolan” su çekiminin oranı olarak tanımlanmaktadır (Barbier, 2004: 3). Çalışmada su tüketimini temsilen kişi başına toplam su çekimi kullanılmış ve analizde “*Inwater*” şeklinde temsil edilmiştir. Aynı zamanda ekonomik büyüme göstergesi olarak yıllık GSYİH verileri tercih edilmiş ve “*Ingdp*” olarak ifade edilmiştir. Çalışmada kontrol değişkeni olarak Çevresel Kuznets Eğrisi analizlerinde sıklıkla tercih edilen ticari dışa açıklık verisi modele dahil edilmiştir. Dışa açıklık ihracat ve ithalatın

toplamının GSYİH'ye oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Worldbank, 2023). Dışa açıklık modelde “*Intrade*” olarak temsil edilmiştir. Dış ticaretin yoğunlaşmasına bağlı olarak artan üretim faaliyetleri sonucunda su kullanımının arttığı belirtilmektedir (Barbier, 2004: 9). Aynı zamanda su ile ilgili sorunların çözümünde uluslararası desteğin sağlanmasında dışa açıklığın önemli rol oynayacağı ifade edilmektedir (World Bank, 2016: 17). Çalışmada EKC tipi ilişkinin incelenmesi için serilerin doğal logaritmaları ve kareleri alınarak modele dâhil edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen literatürden yola çıkarak G-7 ülkelerinde ekonomik büyüme ve su tüketimi arasında ters U olarak ifade edilen Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) şeklinde bir ilişkinin varlığının tespiti hedeflenmektedir.

3.2. Panel Veri Analizi

Çalışmada serilerin hem birim hem de zaman boyutunun olmasından dolayı panel veri analizi tercih edilmiştir. Panel veri analizinde model şu şekilde ifade edilmektedir (Tatoğlu, 2013: 4):

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (1)$$

Formülde yer alan Y bağımlı değişkeni, X ise açıklayıcı değişkeni ifade etmektedir. Panel regresyon modelinde birimler i ve zaman ise t alt indisleriyle gösterilmektedir. Bu model toplamsal olarak kısaltılarak

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \sum_{k=2}^K \beta_{kit} x_{kit} + u_{it} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir.

3.3. Panel LM Birim Kök Testi

Serilerde uzun dönemli verilerle çalışılması, gerçeğe uygun sonuçların elde edilmesinde büyük önem taşımaktadır. Ancak serilerin uzun dönemli olması beraberinde önemli kırılmaların olduğu dönemleri içerebilme ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Böyle serilerde meydana gelen kırılmaların hesaplamalara dâhil edilmesi gerekmekte aksi takdirde sonuçlarda güç kaybı yaşanabilmektedir (Perron, 1989: 1386). Bu nedenle serilerde meydana gelen yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri geliştirilmiştir. Im vd., (2005) yapısal kırılmaları dikkate alan Panel LM birim kök testi geliştirmişlerdir. Bu testte, farklı kesit birimleri için farklı zaman dilimlerinde kırılmalar meydana gelebilecek şekilde heterojen kırılma dönemlerine izin verilmektedir (Lee ve Tieslau, 2019: 2).

Panel LM Birim kök testinde kullanılan model şu şekilde gösterilmektedir (Lee ve Tieslau, 2019: 2):

$$y_{it} = Z_{it}'\alpha_i + u_{it} \text{ ve } u_{it} = \rho_i u_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Formüldeki i birimleri ve t dönemi, ε_{it} yatay kesit birimleri için değişen varyansa izin veren hata terimini ifade etmektedir. Z_{it} ise, düzey ve trend değişimlerini yakalamak için kukla değişkenler içeren deterministik terimleri içermektedir. Modelde genel olarak H_0 hipotezi tüm birimler için $H_0 = \rho_i = 1$ şeklinde kurulmakta ve diğer bir ifade ile “seriler birim kök içermektedir” şeklinde ifade edilmektedir.

4. Ampirik Analiz ve Bulgular

Ampirik analiz yapmadan önce serilerde durağanlık incelemesinin yapılması gerekmektedir. Ancak uygulanacak birim kök testine karar verilmesinde serilerin yatay kesit bağımlılık içermesi belirleyici olmaktadır. Bu açıdan öncelikle serilerde yatay kesit bağımlılığı kontrolü yapılmış ve sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları

H₀: Yatay kesit bağımlılık yoktur.			
Değişkenler	Test	İstatistik	Olasılık
Inwater	Breusch-Pagan LM	486.6946	0.0000***
	Pesaran scaled LM	70.77811	0.0000***
	Bias-corrected scaled LM	70.65742	0.0000***
	Pesaran CD	21.97571	0.0000***
Ingdp	Breusch-Pagan LM	536.3673	0.0000***
	Pesaran scaled LM	78.44278	0.0000***
	Bias-corrected scaled LM	78.32209	0.0000***
	Pesaran CD	23.06826	0.0000***
Ingdp2	Breusch-Pagan LM	536.3673	0.0000***
	Pesaran scaled LM	78.44278	0.0000***
	Bias-corrected scaled LM	78.32209	0.0000***
	Pesaran CD	23.06826	0.0000***
Intrade	Breusch-Pagan LM	353.5879	0.0000***
	Pesaran scaled LM	50.23930	0.0000***
	Bias-corrected scaled LM	50.11861	0.0000***
	Pesaran CD	16.08837	0.0000***
Intrade2	Breusch-Pagan LM	353.5559	0.0000***
	Pesaran scaled LM	50.23436	0.0000***
	Bias-corrected scaled LM	50.11367	0.0000***
	Pesaran CD	15.93983	0.0000***

Not: *** % 1, ** % 5 ve * % 10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Serilerde yatay kesit bağımlılığın olmadığına dair H_0 hipotezi reddedilmekte ve yatay kesit bağımlılığın olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda yatay kesit bağımlılığını ve serilerde meydana gelen yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testlerinden Panel LM birim kök testi kullanılmıştır. Birim kök testine ait sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Panel LM Birim Kök Testi Sonuçları

Veriler	Düzeyde Tek Kırılma Panel LM İstatistiği	Düzeyde Çift Kırılma Panel LM İstatistiği	Trendde Tek kırılma Panel LM İstatistiği	Trendde Çift Kırılma Panel LM İstatistiği
Inwater	-10.012*** [0.000]	-22.636*** [0.000]	-7.091*** [0.000]	-33.650*** [0.000]
lngdp	-8.343*** [0.000]	-13.836*** [0.000]	-8.771*** [0.000]	-13.913*** [0.000]
lngdp2	-8.280*** [0.000]	-13.651*** [0.000]	-8.705*** [0.000]	-13.908*** [0.000]
Intrade	-8.999*** [0.000]	-14.667*** [0.000]	-5.241*** [0.000]	-12.386*** [0.000]
Intrade2	-8.735*** [0.000]	-14.794*** [0.000]	-5.305*** [0.000]	-12.756*** [0.000]

Not: *** % 1, ** % 5 ve * % 10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir. Köşeli parantez ([]) olasılık değerlerini göstermektedir.

Birim kök testi sonucunda tüm serilerde, birim kök içerdiğine dair H_0 hipotezi reddedilerek serilerin hem düzeyde hem de trendde durağan olduğu anlaşılmaktadır. Analizlerde serilerin düzey hallerinin kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmada panel veri analizi yapılmış ve analize uygun panel veri yönteminin tespiti için Hausman testi uygulanmış ve teste ait sonuçlar Ek 1 Tablo 4’te gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere Hausman testi sonucunda boş hipotez (H_0) reddedilerek, katsayılar arasındaki farkın sistematik olduğu ve sabit etkili panel veri modelinin kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmaktadır. Sabit etkili panel veri modeline ilişkin sonuçlar Ek 2 Tablo 5’te gösterilmektedir. Sabit etkili modelin hem bir bütün olarak, hem de değişkenler bazında istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir.

Modelde elde edilen sonuçları değerlendirmeden önce yatay kesit bağımlılığı, değişen varyans ve otokorelasyon olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Panel veri modelinde oluşabilecek güç kayıplarına karşın bu varsayımların kontrol edilmesi gerekmektedir (Ün, 2018:75). Modelde her üç varsayımın varlığı araştırılmış ve sonuçlar Ek 3 Tablo 6’da gösterilmiştir. Varsayımlar testleri

incelendiğinde modelde her üç varsayımda H_0 hipotezinin reddedilerek değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığının olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda modelde sapmasız sonuçların elde edilebilmesi için dirençli hata terimleri tahmincisinin kullanılması gerekmektedir.

Çalışmada her üç varsayımın sağlanmadığı durumda dirençli sonuçlar veren Driscoll-Kraay Dirençli Hata Terimleri Tahmincisi kullanılmış ve testi ait sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Driscoll-Kraay Dirençli Hata Terimleri Tahmincisi Sonuçları

Bağımlı Değişken: lnwater				
Gözlem Sayısı: 210				
Ülke Sayısı: 7				
F(4,6): 26.25				
Prob > F: 0.0006***				
Değişkenler	Katsayılar	Drisc/Kraay Standard Hata	t	P> t
lngdp	5.672562	2.497823	2.27	0.064*
lngdp2	-0.1097332	0.0450623	-2.44	0.051*
Intrade	1.749179	0.4834321	3.62	0.011**
Intrade2	-0.2730444	0.071911	-3.80	0.009***
Sabit	-68.5519	34.4336	-1.99	0.094*

Not: *** % 1, ** % 5 ve * % 10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Dirençli hata terimleri tahmincisi sonucunda elde edilen modelin bir bütün olarak istatistiki açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bireysel olarak değişkenlere bakıldığında, muhtelif anlamlılık düzeylerinde olsa da hepsinin istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına göre, ekonomik büyümenin düzey halinin su tüketimi üzerinde pozitif ve ekonomik büyümenin karesinin ise negatif etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. İlk aşamada ekonomik büyümede meydana gelen % 1 birimlik değişimin su tüketimi üzerinde yaklaşık % 5.67 birimlik artışa neden olurken, ekonomik büyümenin ilerleyen dönemlerinde % 0.10 birim azalmaya neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda G-7 ülkelerinde ekonomik büyüme ve su tüketimi arasında ters U şeklindeki ilişkinin varlığı teyit edilmektedir. Aynı şekilde ekonomik büyümenin ilk aşamalarında ticari dışa açıklıkta meydana gelen % 1 birimlik artış, su tüketiminde % 1.79 birim artışa yol açarken, ilerleyen dönemlerde yaklaşık % 0.27 birim azalmaya neden olmaktadır. Ekonomik büyümeye benzer olarak dışa açıklık ve su tüketimi arasında da ters U şeklinde ilişkinin varlığı tespit edilmektedir. G-7 ülkeleri özelinde elde edilen bu sonuçlar, Barbier (2004), Cole (2004), Goklany (2002), Hemati vd., (2011),

Hosseinzadeh vd., (2022), Katz (2015) ve Rock (1998) çalışmalarında elde edilen sonuçlar ile uyum göstermektedir.

5. Tartışma ve Politika Önerileri

Çalışma kapsamında incelenen literatüre uygun olarak G-7 ülkelerinde su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında EKC tipi ters U şeklinde bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Ekonomik büyümenin ilk aşamalarında artan su tüketimini takiben yüksek gelir düzeylerinde azalan bir su tüketiminin olduğu anlaşılmaktadır. Burada önemli olan husus, yüksek gelir seviyelerinde su tüketiminde yaşanan azalmanın gerekçelerinin açık ve net bir şekilde tespit edilmesidir. Bu gerekçelerin doğru bir şekilde tespit edilmesi, gelişmekte olan ülkelere ve henüz su tüketiminde etkinliği ve verimliliği sağlayamamış diğer ülkelere yönelik politika çıkarımlarına temel oluşturmaktadır. Su tüketiminin azalmasına yönelik temel bir takım varsayımlar öne sürülmektedir. Bu varsayımların başında teknolojik ilerlemeler gelmektedir (Qiao vd., 2020: 12). Gelir artışının daha verimli su teknolojilerine ve su dağıtım sistemlerine erişimi sağlaması neticesinde su kullanımında düşüşe neden olabileceği belirtilmektedir (Katz, 2015: 206; Cole 2004: 4). Bu doğrultuda su verimliliğini artırıcı teknolojilerin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına özen gösterilmelidir. Aynı zamanda bu teknolojileri ortaya çıkarabilecek ve sürekliliğini sağlayabilecek inovasyon ekosisteminin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Su verimliliğini artıracak teknolojik ilerlemelerin yanında ekonomide yaşanan sektörel dönüşümlerin de etkili olduğu savunulmaktadır. Ekonomilerin ilerleyen aşamalarında sektörel ağırlığın tarımdan sanayi ve hizmetler gibi daha az su yoğun sektörlere doğru kaydığı belirtilmektedir. Tarımın sektörünün yoğun su kullanımının azalacağı ve bu sayede su tüketiminin azalabileceği belirtilmektedir (Katz, 2015: 212). Aynı zamanda tarımsal ve endüstriyel tekniklerin iyileştirilmesi ve hatta kronik su kıtlığı çeken bölgelerin teknik etkilerden faydalandırılması su kullanımını daha verimliliği hale getirebileceği savunulmaktadır (Cole, 2004: 4). Ekonominin ilerleyen aşamalarında doğal olarak yaşanan sektörel dönüşümün su tasarrufuna öncülük edebilmesi için gerekli önlemlerin alınması, yeşil ve çevreye saygılı altyapı sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir. Aynı zamanda tarımsal ağırlığın korunarak su tasarrufu yapabilmeyen mümkün olduğu vurgulanmaktadır. Suyun depolama veya diğer amaçlar için barajların inşa edilmesi ve bu yatırımların finanse edilmesi savunulmaktadır (Grey ve Sadoff, 2006: 49). Bu sebeple tarım sektöründe bir daralmaya gidilmeden yeterli altyapı yatırımlarının yapılması neticesinde su kaynaklarının tüketilmesinde etkinliğin sağlanabileceği görülmektedir.

Ayrıca ekonominin ilerleyen aşamalarında yeni su kaynaklarının ortaya çıkarılmasından ziyade mevcut stokların yönetilmesi ve verimli hale getirilmesine odaklanıldığı belirtilmektedir (Grey ve Sadoff, 2006: 49). Bu açıdan su

kaynaklarının yönetimine yönelik kurumsal yapının oluşturulması ve kültür ortamının oluşturulması gerekmektedir.

Su tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin şekillenmesinde su yönetiminin, teknolojik ilerlemelerin ve ekonomin sektörel ağırlığının tarımdan hizmetler ve sanayi sektörüne doğru geçişi etkili olduğu vurgulanmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen ülkelerin bu varsayımları gerçekleştirebilmiş olmaları ters U şeklindeki ilişkiyi açıklayabilmektedir. Bu açıdan elde edilen bulgular gelişmekte olan ülkeler açısından önemli uzanımlar sunmaktadır.

6. Sonuç

Su tüketimi, canlılığın devamı başta olmak üzere insan refahı ve ekonominin performansı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Özellikle küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerinin hissedilebilir şekilde görülmeye başlandığı bu dönemlerde ayrı bir önem kazanmaktadır. Su tüketimi ve ekonomi arasındaki ilişkinin yönüne ve boyutuna yönelik 1980’li yıllardan itibaren çeşitli incelemeler yapılmaya başlanmıştır. Ancak bu çalışmaların 2000’li yıllardan sonra yoğunlaşmaya başladığı görülmüştür. Çalışma kapsamında incelenen çalışmalara bakıldığında, su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında EKC tipi ters U şeklinde ilişkinin olduğu belirtilmektedir. EKC modeli, çıkış noktası itibariyle çevresel kirleticiler ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanırken, zaman içerisinde farklı faktörlerin ekonomi ile olan ilişkilerine uyarlandığı görülmektedir. Bu çalışmada su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında G-7 ülkeleri kapsamında EKC tipi bir ilişkinin olup olmadığı incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre G-7 ülkelerinde su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında EKC tipi bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Ancak esas itibariyle bu ilişkinin şeklinin ve boyutunun tespit edilmesinin yanında su tüketimin azalmaya başlamasında rol oynayan uygulamaların ve politikaların tespit edilmesi önem taşımaktadır. Su tüketiminin azalmaya başladığı ekonomik yapı itibariyle elde edilen teknoloji düzeyi ve tarımdan sanayi ve hizmetler sektörüne doğru geçiş temel etkenler olarak gösterilmektedir. Ayrıca yüksek ekonomi seviyelerinde su kaynaklarının oluşturulmasının yanında mevcut kaynakların etkin kullanımına yönelmenin etkili olduğu belirtilmektedir. Öne sürülen genel gerekçelerin G-7 ülkelerinde ortaya çıkan ilişkiyi açıklamaktadır. Aynı zamanda gelişmekte olan ülkelere su yönetimi ve verimliliği açısından geliştirilecek politikalara ve uygulamalara önemli uzanımlar sunmaktadır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerinin hissedilebilir şekilde görüldüğü günümüzde su verimliliğinin artırılabilmesi için küresel işbirliğinin ve mücadelenin sağlanması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- BARBIER, E. (2004). Water and Economic Growth. *The Economic Record*, 80(248), 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2004.00121.x>.
- COLE, M. (2004). Economic growth and water use. *Applied Economics Letters*, 11(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/1350485042000187435>.
- DUARTE, R., Pinilla, V., & Serrano, A. (2013). Is there an environmental Kuznets curve for water use? A panel smooth transition regression approach. *Economic Modelling* 31, 518–527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2012.12.010>.
- FAO AquaStat. (2023). AQUASTAT. https://tableau.apps.fao.org/views/ReviewDashboard-v1/country_dashboard?%3Adisplay_count=n&%3Aembed=y&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y&%3Aorigin=viz_share_link&%3AshowAppBanner=false&%3AshowVizHome=n
- GOKLANY, I. (2002). Comparing 20th Century Trends in U.S. and Global Agricultural Water and Land Use. *Water International*, 27(3) , 321-329. <https://doi.org/10.1080/02508060208687012>.
- GREY, D., & Sadoff, C. (2006). Water for Growth and Development. *Thematic Documents of the IV World Water Forum*, 1-55. <http://documents.worldbank.org/curated/en/255681468314995282/Water-for-growth-and-development>.
- HAO, Y., Hu, X., & Chen, H. (2019). On the relationship between water use and economic growth in China: New evidence from simultaneous equation model analysis. *Journal of Cleaner Production* 235, 953-965. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.024>.
- HEMATI, A., Mehrara, M., & Sayehmiri, A. (2011). New Vision on the Relationship between Income and Water Withdrawal in Industry Sector. *Natural Resources*, 2, 191-196. doi:10.4236/nr.2011.23025.
- HOSSEINZADEH, M., Saghaian, S., Nematollahi, Z., & Foroushani, N. (2022). Water consumption and economic growth: evidence for the environmental Kuznets curve. *Water International*, 47(8), 1333-1348. <https://doi.org/10.1080/02508060.2022.2091398>.

- KATZ, D. (2015). Water use and economic growth: reconsidering the Environmental Kuznets Curve relationship. *Journal of Cleaner Production* 88, 205-213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.017>.
- LEE, J., & Tieslau, M. (2019). Panel LM unit root tests with level and trend shifts. *Economic Modelling* 80, 1-10.
- MURRAY, S., Foster, P., & Prentice, I. (2012). Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model. *Journal of Hydrology* 448–449 (2012) , 14–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.02.044>.
- PERRON, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica* , Nov., 1989, Vol. 57, No. 6, 1361-1401. <https://www.jstor.org/stable/1913712>.
- QIAO, N., Fang, L., & Mu, L. (2020). Evaluating the impacts of water resources technology progress on development and economic growth over the Northwest, China. *PLoS ONE* 15(3), 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229571>.
- ROCK, M. (1998). Freshwater Use, Freshwater Scarcity, and Socioeconomic Development. *The Journal of Environment Development*, 7(3), 278-301. DOI: 10.1177/107049659800700304.
- TATOĞLU, F. (2013). *Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı*. İstanbul: Beta Yayınları.
- ÜN, T. (2018). Panel Veri Modellerinin Varsayımlarının Testi. S. Giriş içinde, *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi* (s. 73-101). İstanbul: Der Yayınları.
- WORLD BANK. (2016). *High and Dry Climate Change, Water, and the Economy*. Washington DC: The World Bank Group.
- WORLD BANK. (2023). *World Development Indicators*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

EKLER:

Ek 1: Tablo 4: Hausman Testi Sonuçları

H₀: Katsayılar arasındaki fark sistematik değildir.	
chi2(4)	Prob>chi2
241.17	0.0000***

Not: *** % 1, ** % 5 ve * % 10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Ek 2: Tablo 5: Sabit Etkili Panel Veri Modeli Sonuçları

Bağımlı Değişken: lnwater				
Gözlem Sayısı: 210				
Ülke Sayısı: 7				
F(4,199): 96.24				
Prob > F: 0.0000***				
Değişkenler	Katsayılar	Standard Hata	t	P> t
lngdp	6.868573	1.422139	4.83	0.000***
lngdp2	-7.655343	1.458694	-5.25	0.000***
Intrade	1.001691	0.2092453	4.79	0.000***
Intrade2	-1.133039	0.2026859	-5.59	0.000***
Sabit	89.11751	2.666296	33.42	0.000***
F testi tüm u_i: 0 F(6, 199): 635.07 Prob > F: 0.0000***				

Not: *** % 1, ** % 5 ve * % 10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Ek 3: Tablo 6: Sabit Etkili Panel Varsayım Testleri Sonuçları

H₀: Değişen varyans yoktur.	
chi2 (7)	Prob>chi2
2552.33	0.0000**
H₀: Otokorelasyon yoktur	
Durbin-Watson	Baltagi-Wu LBI
0.54400624	0.61702566
H₀: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.	
Test İstatistiği	Olasılık Değeri
8.366	0.0000***

Not: *** % 1, ** % 5 ve * % 10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

EXTENDED ABSTRACT

AIM AND SCOPE

Water is one of the most valuable natural resources in the world and is vital for the continuation of living, especially human welfare. At the same time, access to water is essential in ensuring economic development and improving the quality of life. In this respect, it is imperative to use water resources efficiently and effectively to ensure sustainable economic growth. However, the effects of global warming and climate change are becoming more evident, threatening sustainable economic growth through the availability of water resources. Therefore, it is necessary to accurately determine the direction and size of the relationship between water use and economic growth to reveal the relationship between water use and income, determine the current trends in countries, predict future developments and develop policies in line with these developments. Depending on countries' income levels, it is stated that water use increases in the first stage and decreases in the high-income stages. As a result of this situation, an inverted U-shaped relationship of the Environmental Kuznets Curve (EKC) type is indicated. Most studies on the Environmental Kuznets Curve focus on the relationship between environmental pollutants and economic growth, and there are many studies in this field. However, few studies examine the relationship between income and different environmental dynamics. Therefore, this study aims to determine whether there is an EKC-type relationship between water consumption and economic growth in G-7 countries. For this purpose, a panel data analysis is conducted using annual data of G-7 countries for the period 1991-2020.

METHODS

This study prefers panel data analysis since the series have unit and time dimensions. The model in panel data analysis is expressed as follows (Tatoğlu, 2013: 4):

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it}$$

Working with long-run data in the series requires including structural breaks in the models. For this reason, Im et al. (2005) Panel LM unit root test that considers structural breaks is used.

The model used in the Panel LM Unit root test is shown as follows (Lee and Tieslau, 2019: 2):

$$y_{it} = Z_{it}'\alpha_i + u_{it} \text{ ve } u_{it} = \rho_i u_{it-1} + \varepsilon_{it}$$

RESULTS

It is seen that the model obtained as a result of the analysis is statistically significant as a whole. At the same time, when individual variables are examined, it is seen that all of them are statistically significant, albeit at various levels of significance. According to the test results, it is understood that the level of economic growth has a positive effect on water consumption, and the square of economic growth has a negative effect. In the first stage, a 1% unit change in economic growth causes an increase of approximately 5.67% unit on water consumption, while it causes a decrease of 0.10% unit in the following periods of economic growth. This confirms an inverted U-shaped relationship between economic growth and water consumption in G-7 countries. Likewise, a 1% unit increase in trade openness in the early stages of economic growth leads to a 1.79% unit increase in water consumption, while it causes a decrease of approximately 0.27% unit in the following periods. Like economic growth, an inverted U-shaped relationship exists between trade openness to international trade and water consumption. These results obtained for G-7 countries are consistent with the results obtained by Barbier (2004), Cole (2004), Goklany (2002), Hemati et al. (2011), Hosseinzadeh et al. (2022), Katz (2015) and Rock (1998).

CONCLUSION

This study examines whether there is an EKC-shaped relationship between water consumption and economic growth in G-7 countries. According to the study's findings, there is an EKC-type relationship between water consumption and economic growth in G-7 countries. However, in addition to determining the shape and size of this relationship, it is important to identify the practices and policies that play a role in the decline in water consumption. The level of technology and the transition from agriculture to industry and services sectors are the main factors in the economic structure in which water consumption starts to decrease. In addition, it is stated that the creation of water resources at high economic levels and the orientation towards the efficient use of existing resources are effective. Hence, the general justifications put forward to explain the relationship emerging in G-7 countries. At the same time, it offers important extensions to the policies and practices to be developed regarding water management and efficiency in developing countries.