

Türkiye’de Su Tüketiminin Sürdürülebilirliğinin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Kapsamında Değerlendirilmesi¹

Bilal GÖDE (<https://orcid.org/0000-0001-8377-5909>), Pamukkale University, Türkiye; bgode@pau.edu.tr
Ekrem KARAYILMAZLAR (<https://orcid.org/0000-0001-6655-9542>), Pamukkale University, Türkiye; ekarayilmazlar@pau.edu.tr

Evaluation of the Sustainability of Water Consumption in Türkiye Within the Environmental Kuznets Curve Hypothesis²

Abstract

Water demand, as a natural resource, increases with economic development. Due to its different regional distribution, it is difficult for everyone to have equal access to water. Metropolitan cities, where economic activities grow, become centres of attraction, and their populations increase. This study investigates the relationship between total water consumption per capita, GDP per capita and urban population between 1992-2019 for Türkiye within the scope of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. Johansen's cointegration test was applied to the model, and it was concluded that there is cointegration between the variables. As a result of the application of CCR, FMOLS and DOLS tests, it is concluded that the EKC hypothesis is not valid in Türkiye. According to the model results, the EKC is U-shaped.

Keywords : Environmental Kuznets Curve (EKC), Economic Growth, Water Economy, Urban Population Growth.

JEL Classification Codes : Q25, Q53, Q56, O44, O47.

Öz

Bir doğal kaynak olan suya, ekonomik gelişimle beraber talep artmaktadır. Bölgesel olarak farklı dağılımı nedeniyle suya herkesin eşit olarak erişimi zorlaşmaktadır. Ekonomik faaliyetlerin büyüdüğü yerler olan büyükşehirler cazibe merkezleri olmakta ve nüfusları artmaktadır. Çalışmada Türkiye için 1992-2019 yılları arasındaki kişi başı toplam su tüketimi ile kişi başı GSYH ve şehir nüfusu arasındaki ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi kapsamında araştırılmıştır. Modelde Johansen eşbütünlük testi uygulanmış ve değişkenler arasında eşbütünlüğün olduğu sonucuna ulaşılmıştır. CCR, FMOLS ve DOLS testlerinin uygulanması sonucunda ÇKE hipotezinin Türkiye’de geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. ÇKE eğrisi model sonucuna göre U şeklinde oluşmuştur.

Anahtar Sözcükler : Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE), Ekonomik Büyüme, Su Ekonomisi, Şehir Nüfusu Artışı.

¹ Bu Makale “Maliye Perspektifinden Su Ekonomisi” konulu yayınlanmamış doktora tezinden türetilmiştir.

² This article is derived from an unpublished PhD thesis, ‘Water Economics From Public Finance Perspective’.

1. Giriş

Bütün canlı varlıkların içerisinde bulunduğu, birbirleri ile etkileşim halinde olduğu ortam ekosistem olarak adlandırılır. Hava, toprak ve su gibi temel ekosistem bileşenlerinin yeterlilikleri ve sürdürülebilirlikleri ekosistemin sağlıklı şekilde varlığını devam ettirip geleceğe taşınabilmesi için gereklidir. Ekosistemde yer alan her canlı birbirine bir vücudun organları gibi bağımlı ve bağlıdır. Sistemde meydana gelebilecek herhangi bir aksama yalnızca aksamının meydana geldiği parçayı değil sistemin tamamını etkilemektedir. Su vücuttaki kan misali bu sistem içindeki dolaşımı sağlamaktadır. Su döngüsünde meydana gelebilecek herhangi bir aksama da ekosistemi önemli şekilde olumsuz etkileyecektir.

İnsanlar çevresini değiştirerek ve çevresine adapte olmaya çalışarak varlığını sürdürmüştür. Sanayi devrimine kadar insanlık doğadan faydalanarak gelişim sağlamıştır fakat sanayi devriminden sonra bu süreç doğanın tüketilmesine evrilmiştir (Deniz, 2009: 96). Sanayi devrimi dünya tarihi açısından en büyük dönüm noktalarından birisidir. Sanayi devrimine kadar doğanın sağlamış olduğu ham güç ve imkanların yerini daha büyük miktarda enerji tüketimi ve yüksek üretim almıştır. İnsanlık daha yüksek miktarda enerji ve üretim için doğaya daha fazla yüklenmeye başlamış ve bu durum çevre açısından büyük bir yıkımın başlangıcı olmuştur. Kömürün büyük miktarlarda kullanılması, üretim sürecinde kullanılan suyun miktarının artması, süreç sonunda çıkan atıkların bertarafının yanlış yapılması ya da yapılmadan doğaya bırakılması ile hava, su ve toprak kirlenmeye başlamıştır.

Malthus nüfusun kontrol altına alınmaması halinde geometrik dizi şeklinde; gıda üretiminin ise aritmetik dizi şeklinde artacağını savunmuştur. Kendi dönem şartları itibarıyla her 25 yılda bir nüfusun iki katına çıkacağını hesaplamıştır. Bu durumu bir akarsuyun beslediği bir su rezervuarının tarım arazilerini besleme kapasitesi ile açıklamıştır. Nüfus artışıyla birlikte her yıl daha fazla su kullanımı gerekeceğinden en sonunda rezervuar tükenecek ve yalnızca akarsuyun kapasitesi ile sınırlı bir üretim kalacaktır (Malthus, 1798: 33). Malthus'un bu teorisi sanayi devriminin getirdiği büyük miktarlarda üretim sebebiyle boşluğa düşmüştür. Sanayi devrimiyle birlikte fabrikalaşma çağı başlamış ve bu sayede kitle üretimine geçilmiştir. Üretim sayesinde nüfus artışı hız kazanmıştır. 1200'lü yıllarda yaklaşık 445 milyon olan dünya nüfusu 1700'lü yıllarda 592 milyon seviyesine ancak yükselmişken 1800'lü yılların başında 1 milyar sınırını geçmiştir. 2000 yılında da dünya nüfusu 6 milyarı aşmıştır (Ourworldindata, 2021). 2023 yılı itibarıyla de dünya nüfusu 8 milyarı geçmiştir. Büyük miktarlarda üretimin gerçekleştirilebilmesi adına daha fazla insan gücüne ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple de şehir nüfusları artmaya başlamıştır.

1500'lerde dünya nüfusunun yaklaşık %4,1'i, 1600'lerde %5,2'si, 1800'lerde %7,3'ü, 1800'lerde %16,4'ü, 2000'lerin başında %47, 2020 yılı itibarıyla de %56'sı şehirlerde yaşamaktadır. 1500'lerden 1800'lere kadar 200 yılda oransal olarak yalnızca %3,2'lik bir artış olurken 1800'lerden 2000'lere gelindiğinde yaklaşık %40'lık bir artış meydana gelmiştir. Birleşmiş milletlerin gelecek projeksiyonuna göre 2050 yılında dünya nüfusunun ortalama %68'i şehirlerde yaşayacaktır. Gelişmiş bölgelerde bu oranın %86,6 ve

görece daha az gelişmiş bölgelerde de %65,6'ya ulaşacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'de 1800'lü yıllarda nüfusun %6,3'ü şehirlerde yaşarken bu oran günümüzde %80 sınırına dayanmıştır. (Ourworldindata, 2016; Birleşmiş Milletler Nüfus Dinamikleri, 2018). Nüfusun şehir merkezlerinde yoğunlaşması ekonomik gelişim için önemli kolaylıklar sağlasa da çevre açısından büyük sıkıntılar doğurmaktadır. Şehir merkezlerinde nüfus yoğunluğunun artması doğal kaynakların zamanla yetersiz kalabilmesi sonucunu da beraberinde getirmektedir. Şehirlerin hem sanayinin hem de nüfusun yoğunluk noktası haline gelmesi bu faktörlerin ortaya çıkardıkları atıkların da bertarafı sorununu da beraberinde getirmektedir. Şehirlerdeki bu yüksek yoğunluk doğal kaynak talebini günden güne artırmakta ve doğal kaynakların yetersiz olduğu durumlarda da alternatif çözümlere başvurulmasını zorunlu kılmaktadır. Çevre sorunları makro sorunlar arasında yer aldığından çözümünde de kamu politikalarına başvurulması kaçınılmaz olmaktadır.

Su kaynaklarının karakterinin hem artan talep hem de iklim kaynaklı olarak zaman içinde değişmesi tüm dünyanın su kıtlığına daha duyarlı hale gelmesini sağlamıştır. Bu tehlike ülke gündemlerindeki yerini artırdıkça bu alana yönelik de çalışmalar artmaktadır. Çevresel faktörlerin ampirik analizlerinde kullanılan bir model olan Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi Kuznets'in (1995) ekonomik büyüme ile gelir dağılımını ilişkilendirdiği çalışmasından hareketle oluşturulmuştur. Kuznets ekonomik büyüme ile birlikte önce gelir dağılımının bozulacağını daha sonra ile gelişimin artmasıyla birlikte eşitsizliğin azalacağını iddia etmiştir. ÇKE hipotezi de ekonominin ilk aşamalarında büyüme ile çevresel baskının artacağını, sonrasında ise bu baskının azalacağını öne sürmektedir. Bu bağlamda hipotezin geçerli olması için çevresel faktöre olan baskının grafiksel gösteriminin ters U şeklinde olması gerekmektedir. ÇKE hipotezinin testi amacıyla çalışmada Türkiye için 1992-2019 yılları arasındaki kişi başı toplam su tüketimi ile kişi başı GSYH ve şehir nüfusu arasındaki ilişki araştırılacaktır. Johansen eşbütünleşme testi ile değişkenler arasındaki ilişkinin mevcudiyeti tespit edildikten sonra uzun dönemli tahminciler olan FMOLS, DOLS ve CCR testleri yardımıyla ilişkinin yönü ve boyutu tespit edilecektir.

Ekonomik büyümeyle birlikte su kullanımı ve dolayısıyla da su kaynakları üzerindeki baskı günden güne artmaktadır. ÇKE hipotezinin amacı çevresel etmenlerin ekonomik büyümeden ne yönde etkilendiğinin bir çıkarımının yapılmasıdır. Bu sayede hem durum tespiti mümkün olmakta hem de gelecekteki politikalara dair yol gösterici bir kaynak sunulmaktadır. Çalışmada Türkiye'de su kullanımının ekonomik büyüme ile olan ilişkisi ele alınmıştır. Türkiye'de bundan önce yapılmış olan çalışmaların büyük çoğunluğunda ÇKE hipotezi karbon salınımı gibi kirlilik göstergeleri üzerinden test edilmiştir. Bu çalışmada gelir artışının ve şehir nüfusunun su kullanımı üzerindeki etkisi ÇKE hipotezi kapsamında test edilmektedir.

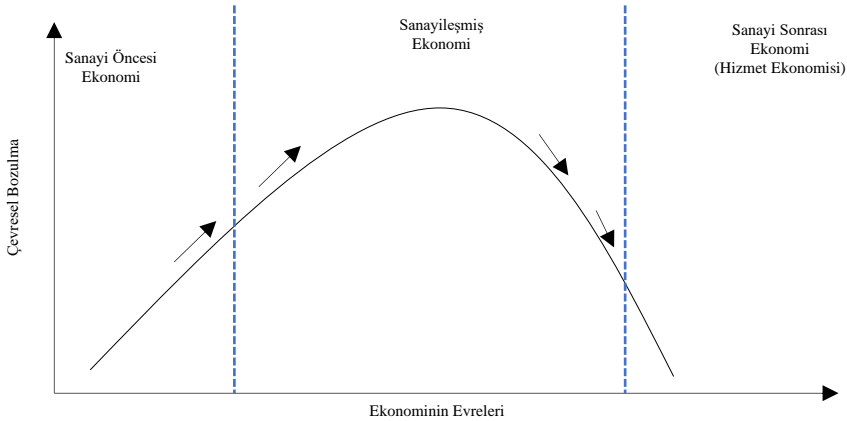
2. Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi

Toplumlar refahlarının artması için çeşitli ekonomik ve sosyal faaliyetlerde bulunmaktadırlar. Ekonomik faaliyetler refah artışı adına çok büyük önem arz etmektedir. Ekonomik faaliyetlerin hayata geçmesi adına da çeşitli girdiler kullanılmakta ve bu

faaliyetlerin de çevre üzerinde büyük etkileri olmaktadır. Gerek üretim sürecinde kullanılan girdiler gerekse de üretim süreci sonucunda ortaya çıkan atıklar doğayı zorlayıcı etkilere sahip olmaktadır.

Kuznets (1955) ekonomik büyüme ile gelir eşitsizliğini birlikte incelemiştir. Kuznets'e göre gelir eşitsizliği ekonomik büyüme sürecinde belli bir noktaya kadar artmakta, zirve değeri gördükten sonra ekonomik gelişmenin artmasıyla birlikte gelir eşitsizliği azalmaya başlamaktadır. Bu olgunun grafiksel gösterimi şekil olarak ters U şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Grossman ve Krueger (1991) Kuznets Eğrisini ÇKE'ye dahil etmiştir (Dasgupta et al., 2002: 147). Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi, ekonomik büyümeyle çevre arasındaki ilişkiyi ortaya koyan modeller arasında, ekonomik büyümenin çevreye olan olumsuz etkileri yorumlamak adına kullanılan bir yöntemdir (Atalay & Akan, 2023: 58).

Şekil: 1
Çevresel Kuznets Eğrisi



Kaynak: Panayotou, 1993: 3.

Ekonomik gelişimle birlikte çevresel bozulmanın seyri çevre politikası açısından büyük önem arz etmektedir. Ekonomik büyüme ile çevresel bozulma monoton bir şekilde artıyorsa çevresel desteklere öncelik verilmesini ve hatta bazı durumlarda ekonomik büyümede kısıtlamaya gidilebilmesi sonucunu beraberinde getirebilecektir (Panayotou, 1993: 3). Çevre politikalarının belirlenmesinde, yasal düzenlemelerde, bütçe tahsisatının yapılmasında çevresel bozulmanın seyri önemli bir hareket noktasıdır. Ekonomik büyüme ile çevresel bozulma azalıyorsa politika önceliği ekonomik büyümeye verilebilecektir.

ÇKE hipotezi ekonomik büyüme sürecinde kaçınılmaz olarak doğal kaynakların daha fazla kullanılacağını ve çevre üzerinde daha fazla baskı oluşturan kirletici sonuçlara ortaya çıkacağını öne sürmektedir. Bu hipoteze göre insanlar, büyüme sürecinin ilk döneminde

büyümenin çevresel sonuçlarını göz ardı edecek kadar fakirdir ya da çevresel sonuçların önemini kavrayamayacak durumdadırlar ve farkındalıkları düşüktür. Sanayileşmenin sonraki aşamalarında ise, gelir arttıkça insanlar çevreye daha çok önem vermekte, kurumlar güçlenerek daha etkin hale gelmekte ve bunlara bağlı olarak kirlilik düzeyi azalmaktadır (Dasgupta et al., 2002: 147). Bu sebeple ÇKE hipotezi ekonomik faaliyetler ile çevresel baskı (kirlilik, emisyon artışı, kaynakların tükenmesi ya da azalması) arasında iyi tanımlanmış bir ilişki çerçevesi çizmektedir. ÇKE çevresel etmenlerin bir ülkenin gelişimine göre nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır. ÇKE kişi başı gelire karşılık çevresel göstergelerin gelişimi grafiksel olarak ifade edildiğinde ters U şeklinde bir grafik ortaya çıkmaktadır. (Dinda, 2004: 432). ÇKE hipotezinin ekonometrik olarak ifadesi 1 numaralı denklemde verildiği gibidir.

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

1 numaralı denklemde yer alan y çevresel göstergeleri, x gelir ve z çevre kirliliğine etki eden diğer değişkenleri ifade etmektedir. Modelde yer alan i çalışmaya konu olan ülkeyi, t zamanı, α sabit terimi ifade etmektedir. Gelir düzeyinin artışı ile birlikte çevresel kaynakların kullanımının da seyri değişebilmektedir. Gelir düzeyi ile çevre kirliliği arasındaki muhtemel ilişkileri matematiksel olarak şu şekilde sıralanabilir (Dinda, 2004: 440-441):

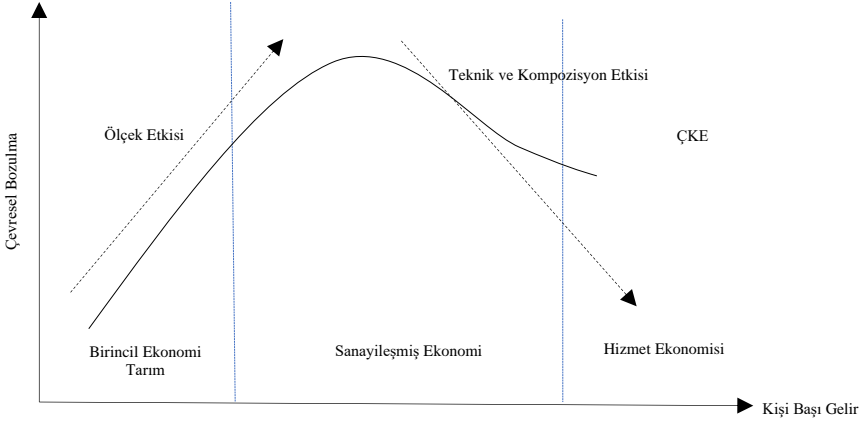
- $\beta_1 = \beta_2 = 0$ Değişkenler arasında düz bir ilişki ya da değişkenler arasında herhangi bir ilişki olmaması,
- $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 = 0$ Değişkenler arasında monotonik artan bir ilişki ya da x ve y değişkenleri arasında doğrusal bir ilişkinin olması,
- $\beta_1 < 0$ ve $\beta_2 = 0$ Değişkenler arasında monotonik azalan bir ilişkinin olması,
- $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ Değişkenler arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olması,
- $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ Değişkenler arasında U şeklinde bir ilişki.

ÇKE hipotezinin geçerli olabilmesi için ise 4 numaralı durumun gerçekleşmesi gerekmektedir. Bunların haricindeki ihtimallerde ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

2.1. Ölçek, Kompozisyon ve Teknik Etki

Ekonomik büyümenin, çevre üzerinde ölçek etkileri, teknolojik etkiler ve kompozisyon etkileri olmak üzere üç farklı kanal yoluyla etkileri mevcuttur. Bu üç etki ÇKE hipotezinin nasıl oluştuğunu göstermektedir. Bu etkilerin hangisinin baskın olduğu ÇKE hipotezinin geçerli olup olmayacağını belirlemektedir. Ölçek etkisi ÇKE'nin pozitif eğimli kısmını oluştururken, teknik etki ve kompozisyon etkisi eğrinin negatif eğimli kısmını oluşturmaktadır.

Şekil: 2
ÇKE'de Ölçek, Kompozisyon ve Teknik Etki



Kaynak: Kaika & Zervas, 2013: 1396.

Ölçek etkisi ekonomik büyüme için gereken üretim artışı dolayısıyla üretim ölçeğinde meydana gelen artıştan ismini almaktadır. Üretimin artırılabilmesi için daha fazla üretim girdisi gerekmektedir ve bu girdilerin en önemlilerinin başında da doğal kaynaklar gelmektedir. Kullanılan kaynaklar, üretim sonunda ortaya çıkan atıklar ve emisyonlar doğal çevreyi olumsuz etkiler. Bu açıdan üretim artışı çevreye olan olumsuz etkileri nedeniyle ölçek etkisi ortaya çıkarmaktadır (Dinda, 2004: 435). Ölçek etkisi çevre üzerindeki baskıyı artırıcı bir etki olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aşamadaki ilerleme teknik etki ve kompozisyon etkisinin de tabanını oluşturmaktadır.

Birim çıktı başına daha az girdi kullanımına ya da mal üretiminde eski ve daha çok atık üreten teknolojilerin yerini daha temiz teknolojilerin benimsenmesi teknik etkiyi oluşturmaktadır. Daha temiz, daha az atık üreten tekniklerin geliştirilmesi için, kabul edilebilir bir ekonomik büyüme için gereken çevresel Ar-Ge harcamalarının teşvik edilmesi gerekmektedir (Neumayer, 1998: 5). Ekonomik büyüme sayesinde zenginleşen ülkeler Ar-Ge harcamalarına daha fazla kaynak ayırabilmekte ve bu sayede de hem daha verimli hem de daha çevre dostu teknolojiler üretim sürecine dahil edilebilmektedir. Çevreyi ciddi şekilde kirleten fosil yakıtların yerini çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının alması bu duruma güzel bir örnektir. Fosil yakıt kullanan teknolojilerin devreden çıkarılıp yenilenebilir enerji kullanabilen teknolojilerin kullanıma alınabilmesi için de Ar-Ge harcamaları büyük önem taşımaktadır.

Ekonomik büyümeyle birlikte ekonomik kalkınma da gerçekleşir ve ekonominin yapısında değişimler meydana gelmeye başlar. Çevreyi yüksek derecede kirletici bir sektör olan sanayinin yerini daha çevre dostu olan hizmet sektörü almaya başlar. Kirletici faaliyetlerin yerini daha temiz faaliyetlerin alması da çevre açısından rahatlatıcı bir unsur

olmaktadır. Ekonominin kompozisyonunda meydana gelen bu değişim sonucunda çevre daha az kirleticilere maruz kalmaktadır (Kaika & Zervas, 2013: 1396). Teknik etki ve kompozisyon etkisinin ölçek etkisine baskın olması halinde ÇKE hipotezi gerçekleşebilecektir. Ölçek etkisinin baskın olması halinde ise ÇKE hipotezi geçersiz olacak ve ekonomik ilerlemeyle birlikte çevre üzerindeki baskı sürecektir.

2.2. ÇKE'ye Yönelik Eleştiriler

ÇKE hipotezi çevre politikalarının oluşturulmasında önemli bir araç olmasına karşın bazı yönleriyle çeşitli eleştirilere konu olmaktadır. Bu eleştiriler şu şekilde sıralanabilir (Erdoğan vd., 2015: 115):

- Çevresel bozulmalar kısa vadede telafi edilebilir bozulmalar değildir. Bu açıdan meydana gelen hasarların telafisi beklenenden uzun sürebilmekte ve hatta tamamen eski hale dönülemez ihtimali bulunmaktadır. Bu sebeple ölçek etkisi döneminde de dikkatli olunması gerekmektedir.
- Uluslararası ticaret sayesinde gelişmiş ülkeler yüksek çevre kirliliği yaratan ürünlerin üretimlerini kendi ülkeleri sınırlarında azaltıp bu ürünleri başka ülkelerden alarak diğer ülkelerin çevre kirliliğini artırabilmektedir.
- Verilerin toplanması ve işlenmesi aşamaları tam anlamıyla güvenilir olmayabileceği için elde edilen sonuçların politika yapıcılara yanıtlanabilmesi ihtimali ortaya çıkmaktadır.
- Modellere konu olan çevresel değişkenler belli bölgelerde artma ya da azalma eğiliminde olsa da geniş bölgelerde farklı sonuçlar ortaya çıkabilir.
- Modellerin çevresel iyileşme olacağı ya da çevresel zararın azalacağı yönünde tahminler üretmesine rağmen nüfus artışı, yeni ürün çeşitlerinin üretilmesi gibi sebeplerle tahminler gerçeklerle bağdaşmayabilir.
- ÇKE hipotezinde zirve değere ulaşılmasının ardından azalışa geçileceği öne sürülmektedir. Zirve gelir seviyesi toplum adına ortalama bir değeri ifade etmektedir fakat toplumlardaki gelir dağılımı eşitsizliği yüksek oranlarda olabilmektedir. Gini katsayısının yüksekliği ÇKE hipotezinin geçerliliğini zedelemektedir.
- Ekonomik büyümeyle birlikte bazı ürünlerin üretimlerinde azalma olmasına rağmen bazı ürünlerin de üretimlerinde artış olabilecektir. Yeni ürünlerin çevreye daha az zararlı olacağına dair bir kesinlik bulunmamaktadır.

3. Literatür

Modelin belirlenmesinde modele konu olan alanda daha önce yapılmış olan çalışmaların incelenmesi önemli ölçüde yol gösterici olmaktadır. Özgünlük, tekrara düşülmemesi ve doğru model oluşturulması adına geçmiş çalışmalar önemlidir. ÇKE hipotezinin geçerliliğinin sınanması ampirik analizlere konu olmaktadır. Su kıtlığı tehlikesinin ülke gündemlerini gün geçtikçe daha fazla meşgul etmesi bu konuya olan ilgiyi de arttırmaktadır.

Tablo: 1
Su-Ekonomik Büyüme İlişkisine Dair Çalışmalar

Yazar	Çalışma	Sonuç
Falkenmark M. (1986)	Fresh Water-Time For A Modified Approach	Çalışmada ekonomik ve sosyal gelişim için suyun çok önemli bir faktör olduğu incelenmiştir. Suyun uzun vadeli kalkınma için çok önemli bir faktör olduğu ortaya konulmuş. Suyun kıt bir kaynak olmasından hareketle özellikle nüfus artışının önemli bir darboğaza sebep olacağı ve su rekabetine sebep olabileceği sonucuna varılmıştır.
Rock M.T. (1998)	Freshwater Use, Freshwater Scarcity, And Socioeconomic Development	Rock, 1990 yılı için 68 ülkenin kişi başına gelir ile su tüketimi arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu bulmuştur ve bu makale, su tüketimi için Kuznets eğrisi hipotezini inceleyen ilk makedir. Çalışma sonucunda ÇKE hipotezi doğrulanmıştır.
Jia S., Yang H., Zhang S., Wang L., Xia J. (2006)	Industrial Water Use Kuznets Curve: Evidence From Industrialized Countries And Implications For Developing Countries	Jia ve ark. (2006), OECD ülkelerinin çoğunda endüstriyel su tüketimi ile gelir arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu bulmuştur. Bu sonuca göre ÇKE hipotezi geçerlidir.
Cole M.A. (2006)	Economic Growth And Water Use	Çalışmada gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler olmak üzere iki grupta ülkeler toplanmış ve su kullanımını ile gelir arasında bir bağlantının ve bu veriler arasında U şeklinde bir ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir. ÇKE hipotezinin varlığı onaylanmıştır.
Katz D.L. (2008)	Water, Economic Growth, And Conflict: Three Studies	Çalışmada OECD ülkeleri ile ABD eyaletlerinin 1998-2002 yılları arasındaki verileri panel veri şeklinde işlenmiştir. Aynı modellemeler sonucunda ÇKE modelinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Hemati A., Mehrara M., Sayehmiri A. (2011)	New Vision On The Relationship Between Income And Water Withdrawal In Industry Sector	Çalışmada 132 ülkeden 2006 yılı için yatay kesit verisi toplanmıştır. Sanayi su tüketimi ile kişi başına gelir arasında çan şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir. Bu ilişkinin ters U şeklinde olup olmadığı verinin ve modelin çeşidine göre çeşitlilik gösterebilmektedir.
Tutar F, Kılıç N, Aytekin S. (2012)	Türkiye'de Suyun Ekonomik Analizi	Çalışmada Türkiye'nin su potansiyeli ele alınmış ve Türkiye'nin su politikasına dair SWOT analizi yapılmıştır. Analiz kapsamında güçlü yanlar, zayıf yanlar, fırsatlar ve tehditler bağlamında çıkarımlar yapılmıştır.
Duarte R, Pinilla V, Serrano A. (2013)	Is There An Environmental Kuznets Curve For Water Use? A Panel Smooth Transition Regression Approach	Çalışmada, ÇKE hipotezi çerçevesinde, 1962-2008 dönemi boyunca 65 ülke için kişi başına düşen su kullanımı ile kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkinin bir analizini sunulmaktadır. Model sonuçlarına göre kişi başına su tüketimi ile kişi başına düşen GSYH arasındaki ilişki ters U şeklindedir ve ÇKE hipotezi geçerlidir.
Najaf A.H. (2016)	Water Consumption, Agriculture Value Added And Carbon Dioxide Emission In Iran, Environmental Kuznets Curve Hypothesis	Çalışmada İran'ın kentleri arası panel verilerden hareketle, kişi başına gelir ile su tüketimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre değişkenler arasında ters bir U ilişkisi elde edilmiş ve ÇKE hipotezinin geçerliliği ortaya konulmuştur.
Gu A, Zhang Y. ve Pan B. (2017)	Relationship Between Industrial Water Use And Economic Growth In China: Insights From An Environmental Kuznets Curve	Çalışmada Çin'in 8 bölgesinde ÇKE'nin varlığı araştırılmıştır. Sanayi amaçlı su tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkinin araştırıldığı modelde suyun daha verimli kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır.
Zhao J. (2017)	The Cubic Water Kuznets Curve: Patterns Of Urban Water Consumption And Water Policy Effects	Çalışmada 1960-2010 yılları arasında 27 ülkenin kişi başına kentsel su tüketimi ile kişi başı GSYH arasındaki ilişki araştırılmıştır. ÇKE modeline göre N şeklinde bir süreç gözlemlenmiştir. Sonuçlara göre kişi başına daha az su tüketimi ile ekonomik kalkınma elde etmesine olanak sağlanabileceği tespit edilmiştir.
Wang B, Liu L. ve Huang G. (2017)	Retrospective And Prospective Analysis Of Water Use And Point Source Pollution From An Economic Perspective - A Case Study Of Urumqi, China	Çalışma Urumçi'de (2000-2014) su kullanımı ve noktasal kaynak kirliliğinin dinamik eğilimleri ekonomik bir bakış açısıyla araştırılmıştır. Urumçi'de yıllar itibarıyla su talebinin GSYH artışı ile monotonik şekilde artan bir ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır.
Zhao X, Fan X, Liang J. (2017)	Kuznets Type Relationship Between Water Use And Economic Growth In China	Çalışmada 2003-2014 yılları arasında Çin'in tamamı ve bazı seçilmiş bölgeler örneklemleri üzerinde ÇKE hipotezinin geçerliliği test edilmiştir. Su tüketimi ve ekonomik büyüme arasında net bir ters U ilişkisi rastlanmıştır. Bu sonuçlar ÇKE hipotezinin varlığını doğrulamıştır.
Sun S, Fang C. (2018)	Water Use Trend Analysis: A Non-Parametric Method For The Environmental Kuznets Curve Detection	Çalışmada Çin'in 1997-2015 yılları arasında Çin'in 31 eyaleti ile 17 farklı ülkenin su tüketimleri ile ekonomik büyümeleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. 17 ülkeden 1'inde artan, 4'ünde azalan ve 1 ülkede ÇKE hipotezi geçerlidir. 31 eyaletin 4'ünde artan yönlü, 8'inde azalan yönlü ilişki mevcutken 11 eyalette ÇKE hipotezi geçerlidir.
Exposito A, Pablo-Romero M, Sanchez-Braza A. (2019)	Testing EKC For Urban Water Use: Empirical Evidence At River Basin Scale From The Guadaluquivir River	Çalışmada İspanya'nın günündeki Guadaluquivir Havzasındaki 336 şehirden veri toplanmış ve kentsel su tüketimi ile gelir arasında U şeklinde bir özellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçla ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
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	Çalışmada Çin'in 29 bölgesinin 1999-2014 yılları arasındaki verileri ele alarak su kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre N şeklinde bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca endüstriyel su kullanımının büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu saptanmıştır.
Pastor D.J. ve Fullerton T.M. (2020)	Municipal Water Consumption and Urban Economic Growth in El Paso	Çalışmada El Paso şehrindeki kentsel su tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiştir. Değişkenler arasında bir eşbütünlüşme ilişkisine rastlanmamıştır.

Xu W, Zhang X, Xu O, Gong H, Li O, Liu B ve Zhang J. (2020)	Study On The Coupling Coordination Relationship Between Water-Use Efficiency And Economic Development	Çalışmada 2008-2017 yılları arasında Çin'in Jinan bölgesindeki su verimliliği araştırılmıştır. Su kullanımı ile ekonomik kalkınma arasında ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.
Esen O, Yıldırım D.Ç. ve Yıldırım S. (2020)	Threshold Effects Of Economic Growth On Water Stress In The Eurozone	Çalışmada yenilenebilir su kaynakları üzerindeki baskının bir göstergesi olarak çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezini ampirik olarak incelenmektedir. Örneklem 1995-2013 dönemini kapsayacak şekilde 9 Avrupa ülkesinden oluşmaktadır. Çalışma regresyon modeli ile tahmin edilmiş ve yenilenebilir su kaynakları üzerindeki kişi başına GSYİH (gerçek) büyümenin çevresel baskıların artma eğiliminde olduğu bir eşliğin varlığını güçlü bir şekilde göstermektedir.
Gao X, Wang K, Lo K, Wen R, Mi X, Liu K ve Huang X. (2021)	An Evaluation Of Coupling Coordination Between Rural Development And Water Environment In Northwestern China	Çalışmada Çin'in Gansu eyaletinin 11 bölgesinde kırsal kalkınma ile su arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre kırsal kalkınmanın ana itici etkeni ekonomik büyümedir. Su ortamı kırsal kalkınma ile karşılıklı ilişki içerisindedir. Su ortamı ile kırsal kalkınma arasındaki ilişki zıt bir yapıdan karşılıklı uyum yapısına doğru yavaş bir ilerleme içerisindedir.
Ferasso M, Bares L, Ogachi D. ve Blanco M (2021)	Economic And Sustainability Inequalities And Water Consumption Of European Union Countries	Çalışmada 2002-2007-2012-2017 dönemlerine ilişkin olarak Avrupa Birliği üyesi ülkelerin su tüketimleri incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre yüksek GSYH ve nüfusa sahip olan ülkelerin su kıtlığı çektiği sonucuna ulaşılmıştır. Sanayisinin GSYH içindeki payı daha düşük olan ülkelerin su verimliliği sanayisinin GSYH içindeki payı daha yüksek oranla daha düşüktür.
Wang Q, Wang X, Liu Y, Li R. (2021)	Urbanization And Water Consumption At National- And Subnational-Scale: The Roles Of Structural Changes In Economy, Population, And Resources	Çalışmada Çin'deki 31 eyaletteki sanayi büyümesi, nüfus değişimi ve doğal kaynaklardaki değişimin kentleşme ve su tüketimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Nüfus yapısındaki değişiklikler ile su tüketimi arasında U şeklinde bir ilişki mevcuttur. Ekonomik yapıdaki değişim ile su tüketimi arasında negatif yönlü bir ilişki vardır.
He H, Zhang L, Zhou S, Hou J ve Ji S. (2022)	Relationship between Water Use and per Capita Income with Environmental Kuznets Curve of Developing Countries: A Case Study in Jiangsu Province, China	Çalışmada Çin'in Jiangsu Eyaletinde ÇKE hipotezinin geçerliliği araştırılmıştır. Jiangsu Eyaletinde 2005'ten 2017'ye kadar kişilerin geliri ile endüstriyel ve tarımsal su kullanımları arasında ters bir "U" şeklinde ilişki bulunmaktadır. Bu sonuç ÇKE hipotezinin Jiangsu eyaletinde geçerli olduğunu göstermektedir.
Guo L, Wang L. (2022)	Peak Water: Future Long-Term Changes Driven By Socio-Economic Development In China	Çalışmada Çin'de su tüketimine ilişkin bir tahmin modeli kurulmuştur. Ekonomik gelişim ile gelecekteki su tüketimi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmaya göre ekonomik büyüme ile su tüketimi artış gösterecektir. Modele göre 2026-2027 yıllarında su tüketimi 630 milyar metreküp olarak gerçekleşecek ve zirve değer 700 milyar metreküpün üzerine çıkmayacaktır.
Guo L, Li X, Wang L. (2022)	Economic Size And Water Use Efficiency: An Empirical Analysis Of Trends Across China	Çalışmada Çin'in 31 bölgesinin 2002-2020 yılları arasındaki hareketleri su kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre su kullanımı ile ekonomik büyüme arasında ters S şeklinde bir ilişki bulunmuştur. Bu sonuca göre ekonomik büyüme ile birlikte su kullanımı da artış göstermektedir.
Song Z. ve Jia S. (2022)	Municipal Water Use Kuznets Curve (2022)	Çalışmada 1992 ile 2017 yılları arasında 183 ülke ve 22 gelişmiş ülkenin evsel su kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma sonucunda her iki modelde de ilişkinin şekli ters U olarak gerçekleşmiştir. ÇKE hipotezi geçerlidir.
Zhang H, Long Z ve Zhang C. (2023)	When Will China's Total Water Consumption Reach The Turning Point? Ekc Simulation And Influencing Factors	Çalışma Çin'in su tüketim eğilimini ÇKE modeli kapsamında ele almaktadır. Çalışmanın sonucuna göre Çin'de ÇKE hipotezi geçerlidir. Toplam su tüketimini en büyük etkiyi GSYH yapmaktayken sanayi yapısının etkisi görece daha düşüktür.

4. Model ve Veri Seti

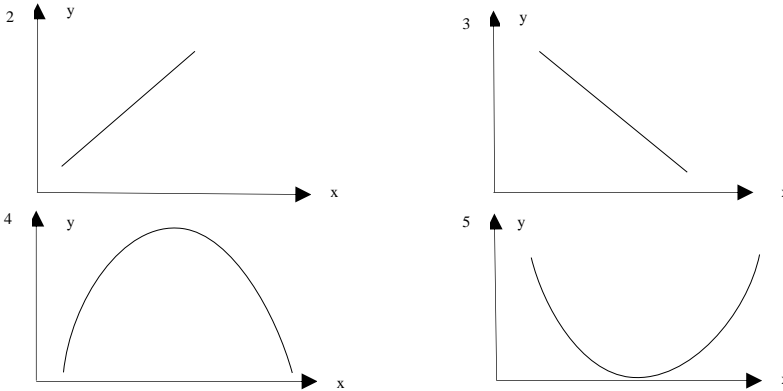
Bu çalışmada 1992 ve 2019 yılları verileri kullanılarak ÇKE hipotezinin su kullanımına uygulanmasının Türkiye için geçerliliği test edilmektedir. Bu amaç doğrultusunda bağımlı değişkeni kişi başına düşen toplam su tüketimi modelde kullanılmıştır. Modelde bağımsız değişkenler olarak ekonomik büyümeyi temsilen kişi başı GSYH, kişi başı GSYH'nin ikinci kuvveti ve şehir nüfusu kullanılmıştır. Hesaplama hatalarını minimize etmek adına değişkenlerin logaritmaları alınarak kullanılmıştır. Verilerin log dönüşümlü olarak kullanılması, orijinal verilerin çarpıklığını azaltmakta veya ortadan kaldırmaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ait veriler, Birleşmiş Milletlerin uzmanlık kuruluşlarından olan Gıda ve Tarım Örgütüne (FAO) ait Aquastat veri tabanından alınmıştır. Verilerin analizi Eviews 12 programı ile gerçekleştirilmiştir.

$$\ln TOWWPCt = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_t + \alpha_2 \ln Y_t^2 + \alpha_3 \ln URBP_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

2 numaralı denklemlerde TOWWPC toplam kişi başı toplam su tüketimini, Y kişi başına GSYH’yi, Y^2 kişi başına GSYH’nin ikinci kuvvetini, URBP şehir nüfusunu ve ε hata terimini ifade etmektedir. Denklemdaki α parametreleri ($i = 1, 2, 3$) sırasıyla, kişi başı GSYH ve kişi başı GSYH’nin ikinci kuvveti ve şehir nüfusunun esneklik tahminlerini vermektedir. Şehir nüfusunun uzun dönem esneklik tahmininde eğer $\alpha_3 > 0$ ise artan şehir nüfusunun kişi başına su tüketimini artıracacağı; $\alpha_3 < 0$ ise artan şehir nüfusunun kişi başına su tüketimini azaltacağı; $\alpha_3 = 0$ ise artan şehir nüfusunun kişi başına su tüketimi üzerinde bir etkisi olmadığı yorumu yapılabilecektir. α katsayısının alacağı değerlere göre ÇKE modelinin grafiğinin alabileceği şekiller aşağıdaki gibidir:

- $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ kişi başı toplam su tüketimi ve gelir arasında sabit terim kaynaklı düz bir ilişki vardır ya da herhangi bir ilişki yoktur.
- $\alpha_1 > 0$ ve $\alpha_2 = 0$ kişi başı toplam su tüketimi ve gelir arasında doğrusal bir ilişki vardır.
- $\alpha_1 < 0$ ve $\alpha_2 = 0$ kişi başı toplam su tüketimi ve gelir arasında monotonik artan bir ilişki vardır.
- $\alpha_1 > 0$ ve $\alpha_2 < 0$ kişi başı toplam su tüketimi ve gelir arasında ters-U biçimli bir ilişki vardır.
- $\alpha_1 < 0$ ve $\alpha_2 > 0$ kişi başı toplam su tüketimi ve gelir arasında U biçimli bir ilişki vardır.

Şekil: 3
Kişi Başı Gelir Düzeyi ile Kişi Başına Düşen Su Tüketimi Arasındaki Muhtemel İlişkiler



Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, modelde kişi başı gelirden (Y) meydana gelecek artışın kişi başı toplam su tüketimini (TOWWPC) ilk başlarda artırdığını, kişi başı gelir (Y) belirli bir seviyeye ulaştıktan sonra kişi başı toplam su tüketimini (TOWWPC) azaltacağını ifade etmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi’nin geçerli sayılabilmesi için

kişi başı gelirin (Y) katsayısının pozitif, kişi başı gelirin ikinci kuvvetinin (Y²) katsayısının negatif işaretli olması beklenmektedir. Bu şartların sağlanması halinde Türkiye'de ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılabilecektir. Şehir nüfusunun katsayısının pozitif işarete sahip olması yani şehir nüfusu artışının kişi başına düşen toplam su tüketimini artırıcı etkiye sahip olması beklenmektedir.

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Model kurulumunda modelde kullanılacak olan verilere ilişkin temel bilgilerin bilinmesi faydalı olmaktadır. Modele konu olan serilere ilişkin temel bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo: 2
Tanımlayıcı İstatistikler

	lnTOWWPC	lnY	lnY ²	lnURBP
Ortalama	6,421	8,745	76,797	17,652
Medyan	6,380	8,958	80,253	17,656
Maksimum	6,609	9,442	89,163	17,960
Minimum	6,304	7,727	59,717	17,334
Standart Sapma	0,093	0,573	9,941	0,189
Çarpıklık	0,749	-0,303	-0,265	-0,025
Basıklık	2,154	1,482	1,446	1,828
Gözlem Sayısı	28	28	28	28

Çarpıklık herhangi bir serinin dağılımını göstermektedir. Normal dağılıma sahip bir serinin çarpıklık değeri sıfırdır. Negatif çarpıklık durumunda dağılım grafiğinin sol kuyruğu daha uzundur. Dağılım şeklinin sağında yoğunlaşmıştır. Pozitif çarpıklık durumunda sağ kuyruk daha uzundur ve dağılım şeklinin solunda yoğunlaşmıştır. lnWWPC'nin çarpıklık değeri 0,749'dur ve sıfırdan büyük olduğu için pozitif çarpıklık söz konusu iken diğer tüm değişkenlerin çarpıklık değerleri sıfırdan küçüktür. Bu da geri kalan değişkenlerin negatif çarpıklığa sahip olduğunu göstermektedir. Basıklık eşik değeri 3'tür. Tüm değişkenlerin basıklık değerinin 3'ten küçük olması nedeniyle platikürtik olarak adlandırılmaktadır. Platikürtik dağılıma geniş dağılım adı da verilmektedir.

ÇKE modelinin tahmin edilmesinden önce değişkenlerin birim kök içerip içermediğinin tespitinin yapılması gerekmektedir. Birim kök bulunup bulunmamasının tespitinin yapılmaması halinde sahte regresyon sorunu ile karşı karşıya kalınabilecektir.

4.2. Birim Kök Testleri ve Sonuçları

Hayatın birçok noktasında her şey ve herkes çeşitli şoklara maruz kalmaktadır. Bu şokların etkileri kimi durumlarda kalıcı olmakta kimi durumlarda ise etkisini zamanla kaybetmektedir. Şokların etkilerinin kalıcı olduğu durumlarda şoka maruz kalan varlığın şok öncesi davranışlarında kalıcı değişiklikler meydana gelmekte ve şok öncesi durumuna dönememektedir. Bir kısım ise şokun etkisini atlatmayı başararak eski davranışına dönebilmektedir. Zaman serilerinde meydana gelen şokların kalıcı olması yani serinin

yapısını bozması birim kök (unit root) olarak adlandırılmaktadır. Şok sonrasında seri eski ortalamasına dönebiliyorsa eğer bu seri durağan (stationary) olarak adlandırılmaktadır.

Bir zaman serisinin durağanlığından bahsedebilmek için, ortalaması, varyansı ve otokovaryansının seri boyunca hangi noktada hesaplanırsa hesaplanırsın aynı olması gerekmektedir; yani zaman içerisinde değişkenlik göstermemelidir. Bu şartların geçerli olduğu durumda böyle bir zaman serisi meydana gelebilecek bir şok sonrasında ortalamasına tekrar dönme eğiliminde olacaktır. Serinin ortalaması etrafındaki dalgalanmalar yani varyansı da büyük ölçüde sabit bir hareket aralığına sahip olacaktır. Bir zaman serisi, bu tanımlamaların aksi özelliklere sahip ise, durağan olmayan bir zaman serisi olarak adlandırılır. Bir başka deyişle, bir zaman serisi durağan değil ise, zamanlar arasında değişen bir ortalamaya veya zamanlar arasında değişen bir varyansa ya da her iki duruma birden sahip olacaktır. (Gujarati, 2004: 797).

Durağanlık, zaman serilerinin modellerde kullanılabilmesi için gözlemlenmesi gereken en önemli özelliklerdendir. Seriler durağan değilse, serilerin durağanlaştırılması gerekmektedir. Serilerin trend içermesi durumunda sahte regresyon ilişkileri ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeple ilişkilerin gerçek olup olmadığının doğrulanabilmesi adına serilerin durağanlığından emin olunması gerekmektedir (Tari, 2010: 374).

Zaman serisi modellerinde serilerin birim kök içerip içermediğinin tespiti büyük önem arz etmektedir. Serilerin birim kök içerip içermediğine göre ekonometrik testlerin seçilimi değişkenlik göstermektedir. VAR modeli kurulabilmesi için serilerin durağan olması gerekirken eş bütünleşme testleri için serilerin birim kök içermesi gerekmektedir. Serilerin birim kök içerip içermediğinin tespiti için de birim kök ve durağanlık testleri geliştirilmiştir.

Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen ADF testi birim kök testleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan testler arasındadır. Standart DF testinden farklı olarak eşitliğin her iki tarafından y_{t-1} çıkarılması ile denklem elde edilmektedir.

$$\Delta Y_t = \beta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta Y_t = \gamma_0 + \beta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta Y_t = \gamma_0 + \mu_t + \beta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

4 numaralı denklem sabit terimsiz ve trendsiz modeli, 5 numaralı denklem sabit terimli fakat trendsiz modeli, 6 numaralı denklem ise hem sabit terimin hem de trendin yer aldığı modeli göstermektedir. Denklemlerde γ sabit terimi, μ trendi, Y birim kök içerip içermediği araştırılan seriyi, n optimal gecikme uzunluğunu, ε hata terimini simgelemektedir. Optimal gecikme uzunluğu Akaike, Schwarz, Hannan-Quinn gibi bilgi kriterlerine göre belirlenmektedir. ADF testinde boş hipotez (H_0) serinin birim kök içerdiği yani durağan olmadığıdır. Alternatif hipotez ise serinin birim kök içermediği yani durağan olduğudur.

DF-GLS testi Elliot-Rottenberg-Stock (ERS) (1996) tarafından geliştirilmiştir. Bu test ADF testinden farklı olarak seriyi trendden arındıran bir değişiklik öne sürmektedir.

$$\Delta y_{t-1}^d = \delta y_{t-1}^d + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-1}^d + v_t \quad (7)$$

7 numaralı denklem Dickey-Fuller GLS (DF-GLS) denklemi olarak adlandırılır. ADF testine benzer olarak boş hipotez (H_0) serinin birim kök içerdiği yani durağan olmadığını ifade eder. Alternatif hipotez ise (H_1) serinin birim kök içermediği yani durağan olduğunu ifade eder. Test istatistiği ilgili kritik değerden küçük olduğunda yokluk hipotezi reddedilmektedir.

Kwiatkowski, Philips, Schmidt, Shin Testi (KPSS Testi) (1992) diğer birim kök testlerinden farklı olarak teste tabi olan zaman serisinin durağanlığını test etmektedir. Boş hipotez (H_0) serinin durağan olduğu iken alternatif hipotez (H_1) serinin durağan olmadığını ifade eder. KPSS test istatistiği EKK tahmininden hareketle LM istatistiğinin hesaplanmasına dayanmaktadır.

Modellerde kullanılacak olan serilerin analizlerinin doğru şekilde yapılabilmesi adına serilerin birim kök içerip içermediklerinin tespitinin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla serilere ADF, DF-GLS, ve KPSS testleri uygulanarak serilerin durağanlık seviyeleri test edilmiştir.

Tablo: 3
Birim Kök Test Sonuçları

Seri Adı	Model	DF-GLS	ADF		KPSS	
		İstatistik	İstatistik	Olasılık	İstatistik	
Kişi Başı Toplam Su Tüketimi	Seviye	Hiçbiri	-	1,768	0,9785	-
		Sabit Terim	0,343	0,326	0,9754	19,582
		Sabit Terim ve Trend	-1,377	-1,226	0,8749	1,881
	Birinci Fark	Hiçbiri	-	-4,691***	0,0000***	-
		Sabit Terim	-5,256***	-5,147***	0,0003***	0,251***
		Sabit Terim ve Trend	-5,655***	-5,431***	0,0009***	0,055***
Kişi Başı GSYH	Seviye	Hiçbiri	-	0,619	0,8440	-
		Sabit Terim	-0,719	-1,137	0,6858	38,264
		Sabit Terim ve Trend	-1,058	-0,689	0,9637	0,928
	Birinci Fark	Hiçbiri	-	-4,396***	0,0001***	-
		Sabit Terim	-4,622***	-4,527***	0,0014***	0,247***
		Sabit Terim ve Trend	-4,774***	-4,581***	0,0060***	0,172*
Şehir Nüfusu	Seviye	Hiçbiri	-	2,140	0,9900	-
		Sabit Terim	-1,701*	2,137	0,9998	30,505
		Sabit Terim ve Trend	-1,958	-0,912	0,9386	21,170
	Birinci Fark	Hiçbiri	-	-0,187	0,6080	-
		Sabit Terim	-3,041***	-2,864*	0,0639*	0,148***
		Sabit Terim ve Trend	-3,977***	-3,293*	0,0904*	0,028***
(Kişi Başı GSYH) ²	Seviye	Hiçbiri	-	1,185	0,9351	-
		Sabit Terim	-0,745	-1,242	0,6408	33,793
		Sabit Terim ve Trend	-1,398	-1,081	0,9139	0,794
	Birinci Fark	Hiçbiri	-	-5,016***	0,0000***	-
		Sabit Terim	-5,302***	-5,228***	0,0003***	0,186***
		Sabit Terim ve Trend	-5,480***	-5,260***	0,0013***	0,106***

Not: ***%1, **%5, *%10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir. ADF birim kök testlerinde gecikme uzunluğu kriteri Schwarz bilgi kriteri olarak belirlenmiş ve gecikme uzunluğu yıllık veri kullanılması sebebiyle 2 olarak seçilmiştir. DF-GLS birim kök testinde gecikme kriteri Schwarz bilgi kriteri olarak belirlenmiş ve gecikme uzunluğu yıllık veri kullanılması sebebiyle 2 olarak seçilmiştir. PP birim kök testinde spektral tahmin yöntemi olarak AR Spectral - OLS seçilmiş, gecikme uzunluğu kriteri olarak Schwarz belirlenmiş ve gecikme uzunluğu yıllık veri kullanılması sebebiyle 2 olarak seçilmiştir. KPSS birim kök testinde spektral tahmin yöntemi olarak AR Spectral - OLS seçilmiş, gecikme uzunluğu kriteri olarak Schwarz belirlenmiş ve gecikme uzunluğu yıllık veri kullanılması sebebiyle 2 olarak seçilmiştir.

3 numaralı tabloda yer aldığı üzere modelde kullanılan tüm değişkenlerin yapılan birim kök ve durağanlık testleri sonucunda seviyelerinde birim kök taşıdıkları tespit edilmiştir. Değişkenlerin birinci farkları alınarak tekrar birim kök ve durağanlık testlerine tabi tutulmuşlardır. Birinci farklarının alınmasının ardından tüm serilerin çeşitli anlamlılık seviyelerinde durağanlaştığı görülmüştür. Serilerin birinci dereceden birim kök içermesi serilerin ham halleriyle eş bütünleşme testlerine; farklarının alınması itibarıyla de regresyon ve VAR analizine konu edilmesine imkân vermektedir.

4.3. Johansen Eşbütünleşme Testi ve Sonuçları

Johansen eşbütünleşme testinin ortaya çıkışında birden fazla eşbütünleşme yahut denge durumunun varlığının analiz edilmesi yatmaktadır. Johansen yaklaşımı bir sistem yaklaşımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Johansen ve Hansen (1998), Johansen ve Juselius (1990), Johansen (1995) modelde yer alan tüm değişkenlerin içsel olabileceğini kabul ederek vektörel bir eşbütünleşme ilişkisi tanımlamışlardır (Mert & Çağlar, 2019: 260).

$$\Delta y_t = \tau_1 \Delta y_{t-1} + \tau_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \tau_{p-1} \Delta y_{p-t+1} + \alpha \begin{pmatrix} \beta \\ \delta_1 \end{pmatrix} (Y_{t-1} \mathbf{1}) + \mu_2 + \delta_2 t + \varepsilon_t \quad (8)$$

Johansen eşbütünleşme testi vektörel bir tabana sahip olduğu için testin yapılabilmesi için stabilite koşullarının sağlanmış olduğu bir VAR modelinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Uygun gecikme uzunluğuna karar verilebilmesi adına VAR modelinin sırayla düşükten yükseğe doğru test edilmesi gerekmektedir.

Tablo: 4
Uygun Gecikme Uzunluğu Kriterleri

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	88,16141	NA	1,15e-09	-6,397031	-6,155090	-6,327361
1	283,1992	300,0582*	2,50e-15*	-19,47686*	-18,02521*	-19,05884*
2	306,0669	26,38576	3,74e-15	-19,31284	-16,65148	-18,54646

* Kriter tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Johansen testinin gerçekleştirilebilmesi adına uygun VAR modelinin tespit edilmesi gerekmektedir. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için de tabloda LR: sıralı değiştirilmiş LR test istatistiği (her test %5 düzeyinde), FPE: Son tahmin hatası, Akaike, Schwarz, Hannan-Quinn gibi kriterler yer almaktadır. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için çalışma için hangi kriterin esas alındığına ya da yıldızların (*) hangi seviyede yoğunlaştığına bakılarak karar verilmektedir. Bu çalışmanın önceki aşamalarında Schwarz bilgi kriteri esas alındığı için bu aşamada da Schwarz bilgi kriteri seçilmiştir ve 1 gecikmede karar kılınmıştır. Johansen testi için VAR(1) modeli üzerinden hareket edilecektir.

Tablo: 5
VAR(1) Modeli AR Kökleri Tablosu

Kök	Modulus
0,993562	0,994487
0,883437 - 0,248750i	0,917790
0,883437 + 0,248750i	0,917790
0,009819	0,009819

Stabilite koşullarının karşılanabilmesi adına bütün köklerin değerlerinin 1'in altında olması gerekmektedir. Tabloda da görüleceği üzere VAR(1) modelinde tüm kökler 1'den küçüktür ve stabilite koşulu sağlanmaktadır.

Tablo: 6
Otokorelasyon ve Değişen Varyans Test Sonuçları

Otokorelasyon LM Testi						
Gecikme	LRE* Değeri	df	Olasılık	Rao F Değeri	df	Olasılık
1	28,08693	16	0,0309	2,006779	(16, 46,5)	0,0332
2	13,44092	16	0,6403	0,830038	(16, 46,5)	0,6467
White Heteroskedasticity Testi						
	Ki-Kare	df	Olasılık			
	58,50927	70	0,8347			

Modelin stabilitesinin belirlenmesinde önemli olan bir diğer test de serisel korelasyonun mevcudiyetinin belirlendiği otokorelasyon testidir. LM testinin boş hipotezi serisel korelasyon yoktur şeklinde olup 1. gecikmede olasılık değeri 0,0332 2. gecikme için olasılık değeri 0,6742'dir. Her iki gecikme seviyesinde de olasılık değerleri 0,01'den büyük olduğu için serisel korelasyon yoktur hipotezi kabul edilmekte ve modelde serisel korelasyon sorunu yoktur çıkarımı yapılabilmektedir. Yapılan White Heteroskedasticity testi sonucuna göre ki-kare değeri 58,50927 ve olasılık değeri 0,8347 olarak hesaplanmıştır. Olasılık değeri ($P > 0,01$) 0,01'den büyük olduğundan modelde değişen varyans sonucunun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo: 7
Normallik Test Sonuçları

Bileşen	Çarpıklık	Ki-Kare	df	Olasılık		
1	0,068664	0,021216	1	0,8842		
2	-0,148984	0,099883	1	0,7520		
3	-0,248679	0,278286	1	0,5978		
4	-0,298606	0,401244	1	0,5264		
Birleşik Değer		0,800629	4	0,9384		
Bileşen		Basıklık		Ki-Kare	df	Olasılık
1	4,088948			1,334033	1	0,2481
2	2,778027			0,055431	1	0,8139
3	5,072959			4,834303	1	0,0279
4	2,830679			0,032253	1	0,8575
Birleşik Değer				6,256021	4	0,1808
Bileşen		Jarque-Bera		df	Olasılık	
1			1,355249	2	0,5078	
2			0,155314	2	0,9253	
3			5,112589	2	0,0776	
4			0,433498	2	0,8051	
Birleşik Değer			7,056650	8	0,5305	

Tablo 7'de çarpıklık, basıklık ve Jarque-Bera istatistikleri üzerinden dağılım testlerinin sonuçları yer almaktadır. Testlere ilişkin boş hipotez serilerin kalıntılarının normal dağıldığı şeklindedir. Çarpıklık testinin birleşik olasılık değeri 0,9384'tür ve bu değer 0,01'den büyüktür. Boş hipotez reddedilememekte ve kalıntılarının normal dağıldığı kabul edilmektedir. Basıklık testinin birleşik olasılık değeri 0,1808'dir ve bu değer 0,01'den büyüktür. Boş hipotez reddedilememekte ve kalıntılarının normal dağıldığı kabul edilmektedir. Jarque-Bera testinin birleşik olasılık değeri 0,5305'dir ve bu değer 0,01'den büyüktür. Boş hipotez reddedilememekte ve kalıntılarının normal dağıldığı kabul edilmektedir.

Johansen Eşbütünleşme testinin yapılabilmesi için modele konu tüm değişkenlerin aynı dereceden birim kök içermesi gerekmektedir. Farklı derecelerde durağanlık olması halinde yani bazı serilerin I(0) bazı serilerin I(1) olması halinde bu testin yapılması mümkün olmamaktadır. Tüm seriler 1. dereceden birim kök içerdiği yani birinci farkları alındığı zaman durağanlaştığı tespit edilmiştir. Bu sebeple Johansen Eşbütünleşme testini uygulamak mümkün olmaktadır. Test 9 numaralı denklemde yer alan model üzerinden gerçekleştirilecektir.

$$LNTOW = \beta_0 + \beta_1 LNY + \beta_2 (LNY)^2 + \beta_4 (LNURB) + \varepsilon_t \quad (9)$$

Tablo: 8
Sabit Terimin Olduğu Trendin Olmadığı Model Sonuçları

Varsayılan Eşbütünleşme Sayısı	Eigen Değeri	İz İstatistiği	Kritik Değer (0,1)	Olasılık
Hiç *	0,613036	49,57562	44,49359	0,0341**
En Fazla 1	0,430904	24,89058	27,06695	0,1654
En Fazla 2	0,263436	10,23424	13,42878	0,2631
En Fazla 3	0,084116	2,285507	2,705545	0,1307

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

Sabit terimin yer aldığı Johansen Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre %10 seviyesinde 1 adet eşbütünleşme bulunmaktadır. İz istatistiği değeri en fazla 1 eşbütünleşme seçeneğinde kritik değerinin altında olduğundan eşbütünleşme vardır hipotezi reddedilmektedir. En fazla 3 seçeneğinin kabul edilmesi halinde tüm veriler birbiriyle eşbütünleşik olmakta ve Johansen modeli anlamsız olmaktadır.

4.4. Uzun Dönem Eşbütünleşme Regresyonları ve Sonuçları

Aralarında eşbütünleşme ilişkisi bulunan serilerin uzun dönemdeki aralarındaki ilişkilerinin tespit edilebilmesi için uzun dönem eşbütünleşme regresyonlarına başvurulabilmektedir. Uzun dönemli katsayıların EKK tahmincisi ile tahmine edilmesi içsellik ve otokorelasyon sorunları sebebiyle sonuçların sapmalı olmasına neden olmaktadır. EKK'nın zayıf karnı olan içsellik ve sapma sorunları uzun dönemli eşbütünleşme regresyonlarında giderilmiştir (Küçükaksoy vd., 2015: 714). Bu sorunların ortadan kaldırılabilmesi adına dinamik EKK (DOLS), tam değişmiş EKK (FMOLS), kanonik eşbütünleşme regresyonu (CCR) yöntemleri geliştirilmiştir.

Phillips ve Hansen içsellik dolayısıyla ortaya çıkan sorunlardan kurtulabilmek amacıyla yarı-parametrik bir düzeltme yöntemiyle çalışan FMOLS tahmincisini geliştirmişlerdir (Phillips & Hansen, 1990: 100). Tam değişmiş EKK tahmincisi, klasik EKK tahmincisinde yer alan sorunlar olan sapma ve içsellığı ortadan kaldırarak tam değiştirilmiş EKK tahmincisini elde etmektedirler. Tam değişmiş EKK'nın tahmin aşamaları ise şu şekildedir (Phillips & Hansen, 1990: 101-102). Eşbütünleşme regresyonu kalıntılarına (ε_t) ve bağımsız değişkenler regresyonu kalıntılarına (w_t) EKK yöntemiyle ulaşılır. Bu kalıntılar kullanılarak kovaryans matrisi (Ω) ve tek-yönlü uzun dönem kovaryans matrisi (Λ) tahmin edilmektedir. Bağımlı değişkenin dönüştürülmesi ile içsellik sorunu ortadan kaldırılarak FMOLS tahmincisi elde edilir.

$$\hat{\theta}_{FMOLS} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma}_1 \end{bmatrix} = \left(\sum_{t=1}^T X_t y_t^+ - T \hat{\lambda}_{12}^+ \right) \left(\sum_{t=1}^T X_t X_t' \right)^{-1} \quad (10)$$

Park (1992) tarafından geliştirilen kanonik eşbütünleşme regresyonu (CCR) büyük oranda FMOLS tahmincisine benzemektedir. FMOLS regresyonundan farklı olarak, EKK tahmincisindeki sapma ve içsellığı düzeltmek için seride (Y_t , X_t) durağan dönüşümler kullanılmaktadır. CCR tahmin aşamaları sırasıyla şu şekildedir (Park, 1992): FMOLS regresyonunda olduğu gibi eşbütünleşme regresyonu kalıntıları (ε_t) ve açıklayıcı regresyonların kalıntıları (w_t) EKK yöntemiyle tahmin edilir. Yine benzer şekilde FMOLS regresyonunda olduğu gibi tek yönlü uzun dönem kovaryans matrisi (Λ) ile kovaryans matrisi (Ω) tahmin edilir. FMOLS regresyonundan farklı olarak, CCR regresyonu ek olarak eşanlı kovaryans matrisine de (Σ) ulaşılmasını da gerektirmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin dönüştürülmesiyle sapma ve içsellik sorunları ortadan kaldırılmaktadır.

$$\hat{\theta}_{CCR} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma}_1 \end{bmatrix} = \left(\sum_{t=1}^T X_t^* y_t^* \right) \left(\sum_{t=1}^T X_t^* X_t^{*'} \right)^{-1} \quad (11)$$

EKK tahmincisindeki içsellik ve sapma sorunlarının çözülmesi adına Stock ve Watson (1993) tarafından eşbütünleşme regresyonunun bağımsız değişkenlerin gecikmeleri (r) ve öncülleri (q) ile genişletilmesi fikrini ortaya atmışlardır.

$$y_t = X_t' \beta + D_t' \gamma_1 + \sum_{j=-q}^r \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (12)$$

DOLS yaklaşımı tek bir denklem ile çalıştığı için Johansen ve FMOLS yaklaşımlarına göre daha avantajlıdır. DOLS tahmincisinin özellikle küçük örneklerde diğer yaklaşımlara kıyasla daha iyi bir performans gösterdiği gözlemlenmiştir (Mark & Sul, 2003: 655). DOLS tahmincisinin kullanılabilmesi adına bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunması bir gerekliliktir (Kızıl & Ceylan, 2018: 203).

Tablo: 10
Uzun Dönem Eşbütünleşme Tahminci Sonuçları (İkinci Derece Model)

FMOLS TEST SONUÇLARI			
DEĞİŞKEN	Katsayı	t-İstatistiği	Olasılık
LN(Y)	-2,404102	-6,729643	0,0000***
LN(Y) ²	0,132761	6,442358	0,0000***
LN(URBP)	0,682446	12,89022	0,0000***
C	5,200740	2,957826	0,0071***
DOLS TEST SONUÇLARI			
LN(Y)	-1,392434	-2,407463	0,0285**
LN(Y) ²	0,073251	2,435248	0,0270**
LN(URBP)	0,782679	3,602077	0,0024***
C	-1,127404	-0,638851	0,5320
CCR TEST SONUÇLARI			
LN(Y)	-1,924687	-3,747137	0,0011***
LN(Y) ²	0,106339	3,647699	0,0013***
LN(URBP)	0,597236	6,952621	0,0000***
C	4,518165	1,982963	0,0594*

Not: *** %1, ** %5, * %1 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir. FMOLS testinde sabit terim yer almaktadır. Uzun dönem kovaryans hesaplamasında gecikme kriteri Schwarz ve gecikme uzunluğu yıllık veri olması nedeniyle 2 olarak belirlenmiştir. Bartlett Kernel ve Newey-West otomatik bant genişliği seçilmiştir. DOLS testinde sabit terim yer almaktadır. Öncül ve gecikme belirlenmesinde Schwarz bilgi kriteri kullanılmış ve yıllık veri kullanılması nedeniyle maksimum 2 seçilmiştir. Uzun dönem kovaryans hesaplamasında gecikme kriteri Schwarz ve gecikme uzunluğu yıllık veri olması nedeniyle 2 olarak belirlenmiştir. Bartlett Kernel ve Newey-West sabit bant genişliği seçilmiştir. CCR testinde sabit terim yer almaktadır. Uzun dönem kovaryans hesaplamasında gecikme uzunluğu kriteri Schwarz ve gecikme uzunluğu yıllık veri olması nedeniyle 2 olarak belirlenmiştir. Bartlett Kernel ve Newey-West sabit bant genişliği seçilmiştir.

FMOLS test sonuçlarına göre LN(Y)'nin katsayısı negatif işaretli yani azalan bir seyir izlemekte ve daha sonra LN(Y)²'nin katsayısı pozitif olduğu için seyir artan şekle dönüşmektedir. Bu da U şeklinde bir şekli ortaya çıkarmaktadır. FMOLS testi sonuçlarına göre Türkiye'de ÇKE hipotezi geçerli değildir. LN(URBP) değişkeninin katsayısı 0,682'dir. Şehir nüfusunda meydana gelen %1'lik bir artış kişi başı toplam su tüketimini %0,682 artırmaktadır. LN(URBP)'nin katsayısı %1 seviyesinde anlamlıdır.

DOLS test sonuçlarına göre LN(Y)'nin katsayısı negatif işaretli yani azalan bir seyir izlemekte ve daha sonra LN(Y)²'nin katsayısı pozitif olduğu için seyir artan şekle dönüşmektedir. Bu da U şeklinde bir şekli ortaya çıkarmaktadır. DOLS testi sonuçlarına göre Türkiye'de ÇKE hipotezi geçerli değildir. LN(URBP) değişkeninin katsayısı 0,782'dir. Şehir nüfusunda meydana gelen %1'lik bir artış kişi başı toplam su tüketimini %0,782 artırmaktadır. LN(URBP)'nin katsayısı %1 seviyesinde anlamlıdır.

CCR test sonuçlarına göre LN(Y)'nin katsayısı negatif işaretli yani azalan bir seyir izlemekte ve daha sonra LN(Y)²'nin katsayısı pozitif olduğu için seyir artan şekle dönüşmektedir. Bu da U şeklinde bir şekli ortaya çıkarmaktadır. CCR testi sonuçlarına göre Türkiye'de ÇKE hipotezi geçerli değildir. LN(URBP) değişkeninin katsayısı 0,682'dir. Şehir nüfusunda meydana gelen %1'lik bir artış kişi başı toplam su tüketimini %0,597 artırmaktadır. LN(URBP)'nin katsayısı %1 seviyesinde anlamlıdır.

Üç tahmincinin sonuçları da birbirini destekler şekildedir. Her üç tahmincede de ÇKE eğrisinin U şeklinde olduğu ve ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Üç tahminci sonuçları da şehir nüfusunun artışının kişi başına su tüketimini de artırdığını ortaya koymuştur. Değişkenlerin tamamına yakınının katsayıları %1 seviyesinde anlamlıdır ve bu modellerin sağlamlığını ve tutarlılığını göstermektedir.

5. Sonuç

Sanayi devrimi tüm insanlık tarihi açısından bir kırılım noktası olmuştur. O zamana kadar doğayla beraber hareket eden insanlık o zamandan sonra doğaya rağmen hareket safhasına geçmiştir. Çoğu çevre sorununun başlangıcını sanayi devrimine kadar götürme imkânı mevcuttur. Özellikle hava kirliliğinin başlangıç tarihi olarak sanayi devrimi milat kabul edilmektedir. Su kıtlığının temel sebeplerinden olan hızlı nüfus artışının nedeni olarak da sanayi devrimi dolayısıyla ortaya çıkan kitle üretimi gösterilmektedir.

Su kıtlığı tehlikesi tüm dünyanın yüksek sesle dile getirdiği bir tehlike haline gelmiştir. Su hizmetlerinin devamlılığının sağlanabilmesi adına su potansiyelinin ve su sarfiyatının doğru tespit edilerek sürdürülebilir politikaların hayata geçirilmesi gerekmektedir. Öncelikle devletin birinci müdahale alanı kendi sınırları çerçevesinde yer alan evsel tüketim, tarımsal tüketim ve sanayi tüketimlerine yönelik politikalar üretmek sürdürülebilirliği desteklemesi gerekmektedir. İkinci politika alanı ise uluslararası iş birliği kapsamında iklim değişikliği ile mücadeledir. Su politikaları gerek yurtiçinde gerekse de yurtdışında zamana yayılması zorunlu politikalardır zira evsel tüketimde değişim yaşanabilmesi için insanların davranışlarında değişikliğin gerçekleşmesi gerekmektedir. Tarımda bu değişimin yaşanabilmesi için hem çiftçilerin davranışlarında değişiklik hem de teknik altyapının değişmesi gerekmektedir. Sanayide su kullanımında beklenen bir değişiklik için sektörel su kullanımlarında bir değişiklik olması gerekmekte ve bunun için de önemli Ar-Ge araştırmaları yapılmalıdır. Bu açılardan su politikalarının oluşturularak uygulanması sürecinin zamana yayılarak dikkatli bir şekilde hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Su hizmetleri konusu kapsamında anahtar kelimelerden başında sürdürülebilirlik gelmektedir. Eski dönemlerde su kullanımının temelinde yatan sebep ihtiyaçlar iken günümüzde su diğer çevre unsurları gibi üretim sürecinde bir yakıt haline dönüşmüştür. Bu sebeple suya olan talep hızla artmaktadır. Devletlerin sürdürülebilirliği sağlamak adına önlemler alması ve sürdürülebilirlik öncelikli politikalar geliştirmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu amaca yönelik olarak politikaların oluşturulabilmesi için de akademik çalışmaların önemi büyüktür. Sorunun boyutunun tespiti, hareket alanının genişliği, mevcut politikaların etkinliği gibi meselelerin tespiti ve geleceğe yönelik projeksiyonların oluşturulması için bilimsel çalışmalara başvurulmaktadır. Bu çalışmada da Türkiye'nin mevcut su potansiyeli, su tüketim alanları sektörel olarak göz önüne alınmak suretiyle su kullanımının analizi yapılmaya çalışılmıştır.

Çalışmada 1992-2019 yılları arasındaki Türkiye'nin su tüketiminin, ekonomik büyüme ve şehir nüfusundan hareketle Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi kapsamında analizi yapılmıştır. Öncelikle serilerin birim kök içerip içermediği birim kök testleri ile analiz edilmiş ve serilerin birinci dereceden I(1) birim kök içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Birim kök içerdiği görülen seriler Johansen eşbütünlük testi kapsamında teste tabi tutulmuş ve serilerin birbiri ile eşbütünlük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Seriler arasındaki bu eşbütünlüğün yönünün ve katsayıların tespiti için uzun dönem eşbütünlük tahminleri

olan FMOLS, DOLS ve CCR ile tahminler yapılmıştır. Geçmiş çalışmalarda ÇKE hipotezi hem ikinci dereceden model vasıtasıyla hem de üçüncü dereceden model vasıtasıyla test edilmektedir. Çalışmada ikinci derece model sonuçlarına yer verilmiştir ve modele göre ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Süreç boyunca su tüketiminin ekonomik büyüme ve şehir nüfusu ile olan ilişkisi değerlendirildiğinde görülmüştür ki Türkiye'de 1992-2019 yılları arasında su tüketiminde ÇKE hipotezi geçerli değildir ve nüfus artışı da su tüketimini artırıcı etki yapmaktadır. ÇKE hipotezinin geçerli olmaması analizin kapsadığı dönemde su tüketiminin verimliliğinin artmadığını ve dolayısıyla da su tüketiminin giderek arttığını göstermektedir. Mevcut makro ekonomik sistemin yapısı su tüketimini artırıcı bir niteliktedir. Şehir nüfusunun artışının da su tüketimini artırıcı nitelikte olması şehir nüfusunun artışının kentsel su hizmetlerinin geleceği açısından önemli bir tehlike olduğu sonucunu doğurmaktadır.

Türkiye iklim değişikliğinden en çok etkilenen ve gelecekte de etkilenmesi beklenen Akdeniz kuşağında yer almaktadır. Gerek coğrafi konumu gerek büyüyen ekonomisi gerekse de artan nüfusu nedeniyle yakın gelecekte su kıtlığı yaşayabilecek ülkeler arasında yer almaktadır. Su kıtlığına sebebiyet verecek bu üç unsura da kısa vadede çözüm bulunması pek mümkün gözükmemektedir. İklim değişikliği sanayi devriminden başlayarak günümüze kadar gelen sürecin bir sonucu olduğundan gidişatın tersine çevrilmesi kısa vadede pek mümkün gözükmemektedir. Türkiye geliştirmekte olan bir üst orta gelir grubu ülkesi olduğundan ekonomik büyüme amacından taviz veremeyecek durumdadır. Türkiye nüfusu 2022 yıl sonu itibarıyla 85,7 milyona ulaşmıştır. Türkiye nüfusa ek olarak da yasal ve yasadışı göçmenler de bu sayıyı yukarı çekmektedir. Şehirlerin nüfusu da giderek artmaktadır. Ekonomik büyümenin getirmiş olduğu refah nüfus artışını getirmekte, nüfus artışı da ekonomik büyüme için gereken emek gücünü sağlamaktadır. Türkiye'nin bu üç faktörden de kısa vadede vazgeçmesi ya da büyük politika dönüşümlerine başvurması mümkün gözükmemektedir. Bu sebeple bu faktörlerin dışında kalmak üzere politika önerilerine başvurulması gerekmektedir.

- Su mevzuatındaki çok parçalı yapı giderilerek taslak aşamasında olan su kanununun en kısa zamanda yasalaşarak suyun yasal güvence altına alınması gerekmektedir. Su yönetiminin de çok çeşitli kurum ve kuruluşların yetki alanından çıkarılarak yönetimde olabildiğince çok başlılığın önüne geçilmeye çalışılmalıdır.
- Su ve su hizmetlerine ilişkin detaylı istatistiklerin tutulmaya başlanması gerekmektedir. İstatistiklerin bulunması halinde daha detaylı ve isabetli modeller kurularak su politikasına ilişkin sağlam dayanaklar oluşturulabilecektir.
- Türkiye'nin artan nüfusu sebebiyle kişi başına düşen su miktarı her geçen gün düşmektedir. Bu sebeple mevcut potansiyelin verimli şekilde kullanılabilmesi için vatandaşların bilinçlendirilmesi şarttır. İlkokullardan başlayarak eğitimin tüm kademelerinde bu konunun ciddiyetine dikkat çekilmelidir. Kamuoyu kampanyalarıyla su kıtlığı tehlikesinin ciddiyeti toplumun geneline kavratılmalıdır.

- Eysel su kullanımı için uygun hale getirilen suların başka amaçlarla kullanımına kısıtlamalar getirilmelidir. Özellikle şehirlerdeki sitelerin peyzaj ve havuz gibi yüksek su sarfıyatı gerektiren alanlarda şebeke sularının kullanımı yasaklanmalı ya da tarifelerin üst dilimlerdeki ücretler artırılmak suretiyle tarife dikliği artırılmalıdır. Yüksek fatura bedelleri sayesinde bu amaçlara yönelik olarak su kullanımının azaltılması sağlanmalıdır. Bu kaynaktan elde edilecek ek mali kaynaklar da su altyapısına ilişkin yeni yatırımlar için kullanılabilir olacaktır.
- Yağmur suyunun hasadına yönelik uygulamalar teşvik edilmeli, modern sarniç sistemlerinin kullanımı ve yaygınlaşmasına önayak olunmalıdır. Bu sistemlerin kurulmasında ve kullanılmasında vergisel avantajlar getirilerek kullanımının artırılmasına teşvikler sağlanmalıdır.
- Nüfusun ve ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı bölgelerdeki nüfus yoğunluğu da arttığından bu bölgelerdeki su kıtlığı riski diğer bölgelere kıyasla daha büyüktür. Bu bölgelerin kendi öz potansiyellerinin yetersiz kalması ihtimaline karşı diğer havzalardan su transferlerinin yapılabilmesi için büyük su transferi projelerinin hayata geçirilmesi için hazırlıklar yapılmalıdır.
- Su hizmetlerinin sunumunda özelleştirme uygulamalarından kaçınılarak hizmet sunumunun devlet eliyle yapılması garanti altına alınmalıdır.
- Kamu idarelerinin de hizmet sunumu esnasında su tüketimini asgariye indirici şekilde hareket etmesi gerekmektedir.
- Tarımda su verimliliğinin artırılabilmesi adına çiftçilerin eski usul sulama yöntemlerini kullanmalarının yasaklanarak modern sistem kullanmaları sağlanmalıdır. Bu modern sistemlerin kurulumu için de hibe ve kredi destekleri sunulmalıdır.
- Sondaj sistemi vasıtasıyla sulamanın kapsamının önemli ölçüde daraltılarak büyük sulama sistemi projelerinin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Sondaj uygulaması nedeniyle yer altı sularının çekilmekte ve bu durum ekosistemi ciddi derecede tehdit etmektedir.
- Klasik tarım yöntemlerine kıyasla %90-95 daha az suya ihtiyaç duyan modern topraksız tarım uygulamalarına ilişkin destekler artırılmalıdır.
- Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye açısından bu denizler büyük bir fırsat barındırmaktadır. Tuzdan arındırma tesisleri sayesinde içme suyu sağlanması uygulaması dünyada giderek yaygınlaşmaktadır. Türkiye'nin de tuzdan arındırma tesislerine yönelik olarak plan ve programlara başlaması ve kamu maliyesinin el verdiği ölçüde yatırımlara başlaması gerekmektedir.
- Bölgelerdeki su baskısının kırılması adına su yoğun çalışan sanayi kollarının ilerleyen dönemde teşvik ve yasal düzenlemelerle ülkenin değişik bölgelerine dağılımlarının sağlanması gerekmektedir.

Çalışmanın analiz sonuçlarına göre Türkiye'yi su kıtlığı tehlikesi beklemektedir. Ekonomik büyüme Türkiye için önemli önceliklerden birisi olduğundan bu amaçtan vazgeçilmesi söz konusu değildir. Bu sebeple bu amaçtan vazgeçilmeden bu tehlikeye karşı önlem alınması gerekmektedir. Türkiye'nin mevcut kullanılabilir su potansiyeli 200 milyar

m³'ün üzerine çıkmaktadır. Bu potansiyelin yaklaşık olarak 112 milyar m³'ü kullanılabilir durumdadır ve bu miktarın da yaklaşık olarak yarısı kullanılmaktadır. Bu potansiyele erişmek için gereken altyapı yatırımlarının yapılması birincil öncelik olmalıdır. Bu potansiyelin kullanılabilmesi Türkiye'nin su kıtlığı riskini ciddi derecede ötelemesi anlamına gelmektedir.

Kaynaklar

- Atalay, A.Ç. & Y. Akan (2023), "OECD Ülkelerinin Yeşil Ekonomi Verilerinin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezine Göre Test Edilmesi", *Trends in Business and Economics*, 37(1), 57-67.
- Birleşmiş Milletler (2018), *Nüfus Dinamikleri*,
<https://population.un.org/wup/download/files/wup2018-f02-proportion_urban.xls>, 10.08.2022.
- Cole, M.A. (2004), "Economic growth and water use", *Applied Economics Letters*, 11(1), 1-4.
- Dasgupta, S. et al. (2002), "Confronting The Environmental Kuznets Curve", *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147-168.
- Deniz, M. (2009), "Sanayileşme Perspektifinde Kentleşme ve Çevre İlişkisi", *Coğrafya Dergisi*, (19), 95-105.
- Dickey, D.A. & W.A. Fuller (1979), "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root", *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Dinda, S. (2004), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
- Duarte, R. et al. (2013), "Is There An Environmental Kuznets Curve For Water Use A Panel Smooth Transition Regression Approach", *Econ Model*, 31, 518-527.
- Elliott, G. et al. (1996), "Efficient tests for an autoregressive unit root", *Econometrica*, 64, 813-836.
- Erdoğan, I. vd. (2015), "Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Türkiye Ekonomisi için Geçerliliği", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, 113-123.
- Esen, Ö. et al. (2020), "Threshold Effects of Economic Growth on Water Stress in The Eurozone", *Environmental Science And Pollution Research*, 27, 31427-31438.
- Expósito, A. et al. (2019), "Testing EKC for urban water use: Empirical evidence at River Basin scale from the Guadalquivir River, Spain", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 145(4), 04019005.
- Falkenmark, M. (1986), "Fresh Water: Time For A Modified Approach", *Ambio*, 15(4), 192-200.
- FAO (2022), *Aquastat Veri Tabanı*, <<https://data.apps.fao.org/aquastat/?lang=en>>, 11.10.2022.
- Ferasso, M. et al. (2021), "Economic and Sustainability Inequalities and Water Consumption of European Union Countries", *Water*, 13(19), 2696.
- Gao, X. et al. (2021), "An evaluation of coupling coordination between rural development and water environment in Northwestern China", *Land*, 10(4), 405.
- Grossman, G.M. & A. Krueger (1991), "Environmental Impact of A North American Free Trade Agreement", *Working Paper 3914*, NBER, Cambridge, MA.
- Gu, A. et al. (2017), "Relationship between industrial water use and economic growth in China: Insights from an environmental Kuznets Curve", *Water*, 9(8), 556.
- Gujarati, D. (2004), *Basic Econometrics*, 4th Edition, Magraw Hill Inc, New York, 109.

- Guo, L. & L. Wang (2023), "Peak Water: Future Long-Term Changes Driven By Socio-Economic Development in China", *Environmental Science And Pollution Research*, 30(1), 1306-1317.
- Guo, L. et al. (2022), "Economic size and water use efficiency: an empirical analysis of trends across China", *Water Policy*, 24(1), 117-131.
- Hansen, P.R. & S. Johansen (1998), *Workbook on Cointegration*, Advanced Texts in Econometrics.
- Hao, Y. et al. (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.
- He, H. et al. (2022), "Relationship Between Water Use And Per Capita Income With Environmental Kuznets Curve of Developing Countries: A Case Study in Jiangsu Province, China", *Sustainability*, 14(24), 16851.
- Hemati, A. et al. (2011), "New Vision on The Relationship Between Income And Water Withdrawal In Industry Sector", *Nat Resources*, 2, 191-196.
- Jia, S. et al. (2006), "Industrial Water Use Kuznets Curve: Evidence from Industrialized Countries and Implications for Developing Countries", *J Water Resources Plann Manag*, 132, 183-191.
- Johansen, S. & K. Juselius (1990), "Maximum likelihood estimation and inference on cointegration - with applications to the demand for money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Johansen, S. (1995), *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*, OUP Oxford.
- Kaika, D. & E. Zervas (2013), "The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory - Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case", *Energy Policy*, 62, 1392-1402.
- Katz, D.L. (2008), "Water, Economic Growth, And Conflict: Three Studies", *PhD Dissertation*, University of Michigan, Natural Resources and Environment.
- Kızıllı, B.C. & R. Ceylan (2018), "Sağlık harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisi: Türkiye örneği", *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 13(50), 197-209.
- Kuznets, S. (1955), "Economic Growth And Income Inequality", *Am. Econ. Rev.*, 45, 1-28.
- Küçükaksoy, İ. et al. (2015), "İhracata Dayalı Büyüme Hipotezi: Türkiye Uygulaması", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 691-720.
- Kwiatkowski, D. et al. (1992), "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?", *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Malthus, T. (1798), *An Essay on The Principle of Population*, Printed for J. Johnson, London: St. Paul's Church-Yard.
- Mark, N.C. & D. Sul (2003), "Cointegration Vector Estimation by Panel DOLS and Long-Run Money Demand", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 65(5), 655-680.
- Mert, M. & A.E. Çağlar (2019), *Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi*, Ankara: Detay Yayıncılık.
- Najaf, A.H. (2016), "Water Consumption, Agriculture Value Added And Carbon Dioxide Emission in Iran, Environmental Kuznets Curve Hypothesis", *Int J Environ Sci Technol*, 13, 2079-2090.

- Neumayer, E. (2001), "Pollution havens: Why be afraid of international capital mobility", *Presentation at Environmental Economics*, Tilburg University, Netherlands.
- Ourworldindata (2016), *Şehirleşme İstatistikleri*, <<https://ourworldindata.org/urbanization>>, 11.10.2022.
- Ourworldindata (2021), *Nüfus İstatistikleri*, <<https://ourworldindata.org/population-growth>>, 11.10.2022.
- Panayotou, T. (1993), "Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development", International Labour Organization *Working Papers*, 992927783402676.
- Park, J.Y. (1992), "Canonical cointegrating regressions", *Econometrica*, 60(1), 119-143.
- Pastor, D.J. et al. (2020), "Municipal Water Consumption And Urban Economic Growth in El Paso", *Water*, 12(10), 2656.
- Rock, M.T. (1998), "Freshwater Use, Freshwater Scarcity, and Socioeconomic Development", *J Environ Dev*, 7, 278-301.
- Song, Z. & S. Jia (2023), "Municipal Water Use Kuznets Curve", *Water Resources Management*, 37(1), 235-249.
- Stock, J.H. & M.W. Watson (1993), "A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems", *Econometrica*, 61, 783-820.
- Sun, S. & C. Fang (2018), "Water Use Trend Analysis: A Non-Parametric Method for The Environmental Kuznets Curve Detection", *Journal of Cleaner Production*, 172, 497-507.
- Tarı, R. (2010), *Ekonometri*, Genişletilmiş 6. Baskı, Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Tutar, F. vd. (2012), "Türkiye'de Suyun Ekonomik Analizi", *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (9), 231-246.
- Wang, B. et al. (2017) "Retrospective and Prospective Analysis of Water Use and Point Source Pollution from An Economic Perspective - A Case Study of Urumqi, China", *Environ Sci Pollut Res*, 24, 26016-26028.
- Wang, Q. et al. (2021), "Urbanization and Water Consumption at National-And Subnational-Scale: The Roles of Structural Changes in Economy, Population, And Resources", *Sustainable Cities And Society*, 75, 103272.
- Xu, W. et al. (2020), "Study On The Coupling Coordination Relationship Between Water-Use Efficiency And Economic Development", *Sustainability*, 12(3), 1246.
- Zhang, H. et al. (2023), "When Will China's Total Water Consumption Reach The Turning Point? EKC Simulation And Influencing Factors", *Environmental Science And Pollution Research*, 30(9), 22843-22862.
- Zhao, J. (2017), "The cubic water Kuznets curve: patterns of urban water consumption and water policy effects", *Water Policy*, 19(1), 28-45.
- Zhao, X. et al. (2017), "Kuznets Type Relationship Between Water Use And Economic Growth in China", *J Clean Prod*, 168, 1091-1100.