

Araştırma Makalesi / Research Article

YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI VE BÜYÜME-SU TÜKETİMİ- SERA GAZI SALIMI İLİŞKİSİ: SEKTÖREL BİR ANALİZ*

Dr. Öğr. Üyesi Reyhan ÖZEŞ ÖZGÜR 

Istanbul Gelişim Üniversitesi, İİSBF, İstanbul, (rozes@gelisim.edu.tr)

Prof. Dr. Selim ÇAĞATAY 

Akdeniz Üniversitesi, İİBF, Antalya, (selimcagatay@yahoo.com)

ÖZET

Türkiye, ekonomik yapısı ve artan nüfusu nedeniyle su ve enerji talebi sürekli artan bir ülke durumundadır. Özellikle enerji ihtiyacındaki artış Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı bir ülke için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Yenilenebilir enerjiye yönelim hem enerjide dışa bağımlılığın hem de çevresel sorunların azaltılması bakımından önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin 2023 ekonomik ve çevresel hedefleri ile uyumlu alternatif enerji kullanımı ve ekonomik büyüme senaryolarının etkilerini analiz etmektir. Bu amaçla 11. Kalkınma Planı'nda belirtilen "öncelikli sektörler" teknoloji içeriklerine göre değerlendirilmekte ve söz konusu sektörlerin 2023 yılı toplam ihracat hedefi göz önünde bulundurularak senaryolar oluşturulmaktadır. Senaryolarda Türkiye'nin yenilenebilir enerji yatırım hedefinden yola çıkılarak elektrik üretiminde kullanılan petrol miktarı yenilenebilir enerji ile ikame edilmektedir. Söz konusu enerji ikamesi sonrası ulaşılan sınırlı büyüme oranını artırmak amacıyla kurgulanan iki senaryonun ekonomik ve çevresel etkileri 2014 yılı girdi-çıktı tablosu kullanılarak analiz edilmektedir. Orta-yüksek teknoloji içeren endüstriler ile yüksek teknoloji içeren endüstrilerin dahil edildiği iki farklı senaryo sonucunda, alternatif enerji kullanımı ile ekonominin görece olarak daha yüksek büyüme oranlarına ulaştığı tespit edilmiştir. Ancak özellikle orta-yüksek teknoloji içeren endüstrilerin analiz edildiği birinci senaryonun daha yüksek ekonomik büyüme avantajı ile birlikte yüksek su tüketimi ve sera gazı salımı dezavantajına da sahip olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Su Tüketimi, Sera Gazı Salımı, Girdi-Çıktı Analizi.

THE USE OF RENEWABLE ENERGY AND THE GROWTH-WATER CONSUMPTION-GREENHOUSE GAS EMISSIONS NEXUS: A SECTORAL ANALYSIS

ABSTRACT

Due to its economic structure and growing population Turkey is a country whose need for water and energy resources is increasing significantly. In particular, the increase in energy needs poses a significant problem for a country dependent on imported energy at significant rates, such as Turkey. The orientation towards renewable energy use is an important alternative both in terms of reducing external dependence on energy and environmental problems. This study aims at analyzing the impacts of alternative

* 9-11 Ekim 2020 tarihinde Piri Reis Üniversitesi'nde düzenlenen "The 19th International Online Conference of Middle East Economic Association" adlı konferansta makalenin sadece tarım sektörüne ilişkin ilk bulguları İngilizce olarak sunulmuştur.

energy-use and economic growth scenarios that would comply with 2023 economic targets of Turkey. For this purpose, the “priority sectors” specified in the 11th Development Plan are evaluated according to their technology content and scenarios are created considering the total export target of the said sectors for 2023. In the research, starting from Turkey’s renewable energy investment target, the amount of oil used in electricity production is substituted with renewable energy. The economic and environmental effects of two scenarios, designed to increase the limited growth rate achieved after the said energy substitution, are analyzed using the input-output table for 2014. As a result of two different scenarios in which medium-high technology industries and high technology are included, it has been determined that the economy has achieved relatively higher growth rates with the use of alternative energy. However, it was determined that in the first scenario where industries with medium-high technology are analyzed, higher economic growth rate was reached with the cost of higher water consumption and emissions.

Keywords: Renewable Energy, Water Consumption, Greenhouse Gas Emissions, Input-Output Analysis.

1. Giriş

Sanayileşmekte olan ülkelerde gerçekleşen hızlı ekonomik büyüme ve kalkınma sürecinin enerji kaynaklarının kullanımını artırması önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Tüm dünyada etkisinin hissedildiği küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin en büyük nedenlerinden biri üretim ve tüketim için gerekli enerjinin yenilenebilir enerji kaynakları yerine fosil yakıt kullanımından sağlanmasıdır. Özellikle enerji girdisi olarak yüksek oranda petrol, kömür gibi fosil yakıtların kullanılması sonucu meydana gelen sera gazı salımı hızlı ekonomik büyüme ile artış göstermekte ve büyümenin çevresel dezavantajını oluşturmaktadır. Bu nedenle enerjiden vazgeçilemeyecek olması dolayısıyla fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ekonomik büyümenin önündeki çevresel maliyetleri azaltabilecektir. Diğer yandan özellikle son yıllarda enerji sektöründe su kullanımı ve su kaynaklarının gün geçtikçe azalması da çevresel sorunlar içinde değerlendirilmesi gereken önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yoğun su kullanımının olduğu süreçlerden birisidir. Aynı zamanda en çok karbondioksit salımı yine elektrik enerjisi üretim sürecinde açığa çıkmaktadır. Nihayetinde tüm dünya ülkeleri için vazgeçilemeyecek bir süreç olan ekonomik büyüme sürecinde enerji-sera gazı salımı-su ilişkisinin önemi yadsınmaz görünmektedir. Ülkelerin ekonomik büyüme süreçleri paralelinde gelişen çevre sorunlarının iktisadi boyutlarıyla birlikte ele alınması konusu büyük önem taşımaktadır.

Sanayileşmekte olan ülke konumunda bulunan Türkiye’de de özellikle enerji kullanımından kaynaklanan sera gazı salımı ve su tüketimindeki artışın yol açtığı çevresel sorunlar her geçen gün artış göstermektedir. Bu nedenle fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji potansiyelinden faydalanmak hem ithal enerji bağımlılığının hem de su israfı ve sera gazı salımı gibi çevresel sorunların azaltılması bakımından önemli faydalar sağlayabilecektir. Bu çalışmada Türkiye’nin ekonomik ve çevresel hedeflerinden yola çıkılarak, yenilenebilir enerji ikamesi sonrasında geliştirilen senaryoların ekonomide meydana getirdiği değişikliklerin iktisadi ve çevresel etkileri değerlendirilmektedir. Bu amaçla öncelikle Türkiye’nin yenilenebilir enerji yatırım hedefi baz alınarak elektrik üretiminde kullanılan petrol miktarı yenilenebilir enerji ile ikame edilmekte ve bu ikamenin iktisadi etkileri saptanmaktadır. Sonrasında enerji ikamesinin ekonomide yarattığı sınırlı büyüme oranını artırmak amacıyla temel metodolojisinde 2014 yılına

ait girdi-çıkıtı tablosunun kullanıldığı talep yönlü iki adet senaryo oluşturulmaktadır. Senaryolar kurgulanırken 11. Kalkınma Plan'ında belirtilen öncelikli sektörler teknoloji içeriklerine göre sınıflandırılmakta ve sektörlerin 2023 yılı toplam ihracat hedeflerinden yola çıkılmaktadır. Orta-yüksek teknoloji içeren sektörler ile yüksek teknoloji içeren sektörlerin analiz edildiği iki farklı senaryonun sonuçları hem sektör hem de genel ekonomi bazında büyüme-sera gazı salımı-su tüketimi ekseninde değerlendirilmektedir. Bu perspektiften bakarak 2023 yılı ekonomik hedefleri doğrultusunda geliştirilen senaryoların iktisadi ve çevresel etkilerinin (sera gazı salımı ve su kullanımı etkisi) birlikte değerlendirilmesi önemli ipuçları verebilecektir.

Çalışmanın birinci bölümünde Türkiye'nin enerji kaynakları, su kullanımı ve sera gazı salımı ile ilgili hedefleri betimsel istatistikler ile eşliğinde değerlendirilmektedir. İkinci bölümde, genellikle enerji-su-ekonomi ekseninde analizlerin yapıldığı ampirik çalışmalardan oluşan bir literatür özeti yer almaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise araştırmada kullanılan yöntem anlatılmakta, senaryo analizleri ile sonuçları yer almaktadır. Nihai olarak araştırmanın genel sonuçları ve politika önerilerinin tartışıldığı sonuç bölümü ile çalışma sonlanmaktadır.

2. Türkiye'de Enerji Kullanımı, Su Tüketimi ve Sera Gazı Salımları

Bu kısımda Türkiye'nin enerji talebi ile su kullanımı ve hedefleri betimsel istatistikler ile değerlendirilmektedir. Türkiye'de mevcut sera gazı salımı ve buna ilişkin ileriye dönük hedefler de bu kısımda anlatılmaktadır.

2.1. Türkiye'de Enerji Talebi ve Hedefler

Ekonomik büyüme refah artışıyla birlikte enerji tüketimi artışını da beraberinde getirmektedir. İthal enerji kaynaklarına bağımlı bir ülke olan Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin önemli bir kısmı yenilenemeyen enerji kaynakları olan fosil yakıtlardan (kömür, petrol, doğal gaz) oluşmaktadır. Fosil yakıt tüketiminde büyük oranda dışa bağımlı olunması ve fosil yakıt kullanımının çevre kaynaklı zararlarından dolayı yenilenebilir enerji (hidrolik, güneş, biyokütle, rüzgar, jeotermal, hidrojen) kullanımı büyük önem taşımaktadır (Koç & Şenel, 2013:33-34). Türkiye'de 2019 yılı itibarıyla toplam kurulu gücün %48,4'ü yenilenebilir enerji üreten santrallerden karşılanmaktadır. Ayrıca yüzde 61'i de yerli kaynaklar yoluyla elektrik üretimini gerçekleştiren santrallerden meydana gelmektedir. Son yıllarda meydana gelen bu artışın en önemli nedeni, yenilenebilir enerji kaynakları ve yerli kaynaklar yoluyla elektrik üretimi gerçekleştiren santrallere önemli teşvikler sunulmasıdır (TSKB, 2019a:8).

Tablo 1'de Türkiye'de 2018 yılında gerçekleşen ve 2023 yılında gerçekleştirilmesi hedeflenen enerji kullanım verileri yer almaktadır. 2018 yılında 303.3 TWh olarak gerçekleşen elektrik enerjisi talebi için 2023 yılı hedefi 375.8 TWh'tir. Türkiye'de 2018 yılında doğal gazın elektrik üretimindeki payı %29,85 ve yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretimindeki payı %32,5 iken söz konusu değişkenler için 2023 yılı hedefleri sırasıyla %20,7 ve %38,8'dir. Ayrıca 2018 yılında 150 TWh olarak gerçekleşen yerli kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi miktarının 2023 yılı itibarıyla 219.5 TWh'e çıkarılması hedeflenmektedir.

Tablo 1: Türkiye'nin Enerji Sektörü Hedefleri

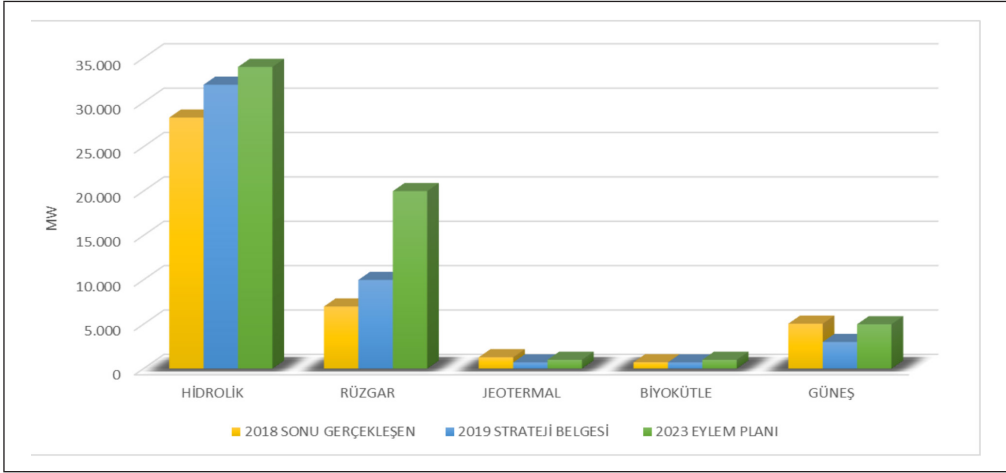
	2018	2023
Birincil Enerji Talebi (BTEP)	147.955	174.279
Elektrik Enerjisi Talebi (TWh)	303.3	375.8
Kişi Başı Birincil Enerji Tüketimi (TEP/Kişi)	1.81	2.01
Kişi Başı Elektrik Enerjisi Tüketimi (kWh/Kişi)	3.698	4.324
Doğal Gazın Elektrik Üretimindeki Payı (%)	29,85	20,70
Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üretimindeki Payı (%)	32,5	38,8
Yerli Kaynaklardan Üretilen Elektrik Enerjisi Miktarı (TWh)	150.0	219.5
Elektrik Kurulu Gücü (MW)	88.551	109.474

Kaynak: SBB. (2019). On birinci kalkınma planı (2019-2023). Erişim Tarihi: 10.05.2020, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>

Son yıllarda yenilenebilir enerjiye dayalı alternatif çözüm önerileri geliştirilerek yenilikçi bir enerji politikası yürütmeyi amaçlayan Türkiye 2023 yılına kadar toplam elektrik enerjisi talebinin en az yüzde 30'unu yenilenebilir kaynaklardan karşılamayı hedeflemektedir. Ayrıca ulaştırma sektörü ihtiyaçlarının yine yüzde 10'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması hedeflenmektedir (ETKB, 2014:38).

Türkiye'de yenilenebilir enerji türlerinin kullanım miktarı ve bu enerji türlerine ait 2023 yılı hedefleri Şekil 1'de gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en çok paya sahip olan enerji türünün hidrolik olduğu görülmektedir. 2018 yılı itibariyle 28.291 Mw olan hidrolik enerjinin 2023 Eylem Plan'ına göre 34.000 Mw'a çıkarılması hedeflenmektedir. Hidrolikten sonra rüzgâr enerjisi ile güneş enerjisi en fazla paya sahip olan diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. 2018 yılı sonu itibariyle gerçekleşen rüzgâr ve güneş enerjisi miktarları sırasıyla 7.005 Mw ve 5.063 Mw iken söz konusu enerji türleri için belirlenen 2023 yılı hedefi sırasıyla 20.000 Mw ve 5.000 Mw'tır. Jeotermal ve biyokütle enerjilerinin ise en az faydalanılan yenilenebilir enerji kaynakları olduğu görülmektedir.

Şekil 1: Türkiye’de Yenilenebilir Enerji: Mevcut Durum ve Hedefler



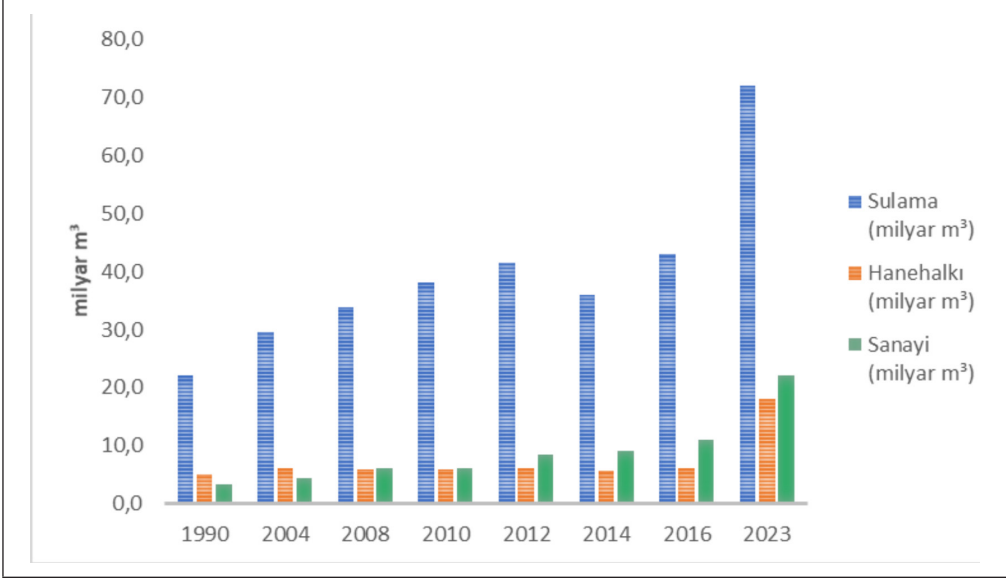
Kaynak: TMMOB. (2019). Türkiye enerji görünümü 2019. Erişim Tarihi: 10.07.2020, <https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2019/04/MMO-TEG-2019-Sunumu-Mart-2019.pdf>

2.2. Türkiye’de Su Tüketimi ve Hedefler

Yaşamsal bir kaynak olan su sektörlerin en temel girdilerinden biri olması dolayısıyla da hayati bir öneme sahiptir. Dünyadaki tüm su kaynaklarının yaklaşık %70’i tarım sektörü tarafından kullanılsa da sanayi, ulaşım, enerji ve hizmet gibi sektörler de su kullanımına gereksinim duymaktadır (WWF, 2014:10-11). Endüstriyel sektörlerdeki su kullanımı ülkeden ülkeye değişiklik gösterse de gelişmiş ülkelerde tarım sektöründeki su kullanımı sanayi sektörlerindeki su kullanımına göre oransal olarak daha az miktarlardadır. Ticari ve endüstriyel sektörlerin kullandığı su miktarının neredeyse dörtte üçünü bu sektörler içerisinde yer alan enerji sektörü tüketmektedir. Enerji sektörü su kullanımının çok büyük bir çoğunluğu ise birincil enerji üretimi için kullanılmakta ve bu miktarın önemli bir kısmı petrol, kömür gibi fosil yakıtlar ile biyoyakıt üretiminde harcanmaktadır (TSKB, 2019b:7).

Şekil 2’de 1990-2016 sektörel su kullanım miktarları ile 2023 yılı sektörel su kullanım hedefleri gösterilmektedir. Türkiye’de en çok tarımsal üretim yoluyla su tüketildiği görülmektedir. 2004 yılı itibarıyla 40.1 milyar metreküp olan toplam su kullanımının 29.6 milyar metreküpü tarım, 6.2 milyar metreküpü hanehalkı ve 4.3 milyar metreküpü sanayi sektörüne aittir. 2004 yılından 2016 yılına toplam su kullanım miktarı sürekli artış gösterirken tarım sektörü su kullanımının hanehalkı ve sanayi sektörü su kullanımına göre açık ara önde olduğu görülmektedir. 2014 yılı tarım ve hanehalkı sektörü su kullanım miktarlarında bir azalma olmasına rağmen 2016 yılı itibarıyla söz konusu sektörlerin su kullanım miktarlarının yeniden arttığı gözlenmektedir. Sanayi sektörü su kullanım miktarı ise yıllar itibarıyla artış trendini korumaktadır.

Şekil 2: Sektörel Su Kullanım Miktarları ve 2023 Yılı Hedefleri



Kaynak: TSKB. (2019b). Su: Yeni elmas. Erişim Tarihi: 09.07.2020, http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBAkis_SUYeniElmas_Subat2019.pdf

112 milyar metreküp toplam su potansiyeline sahip olan Türkiye 2023 yılında tüm su potansiyelini kullanmayı hedeflemektedir. Toplam miktarın %64'üne karşılık gelen 72 milyar metreküpün tarım sektöründe kullanılması hedeflenmektedir. Sanayi ve hanehalkı sektörlerinde ise sırasıyla toplam su kullanım hedefleri %20 ve %16'dır. 2023 yılı itibarıyla tarım sektörü su kullanımında bir azalma ile birlikte sanayi ve hanehalkı su kullanım miktarlarında bir artış görülmektedir.

2.3. Türkiye'de Sera Gazı Salımları ve Hedefleri

Genel olarak ekonomik kriz dönemleri hariç büyüme gösteren bir yapıya sahip olan Türkiye, artan gelir düzeyi ve fosil yakıtlara giderek daha bağımlı hale gelen yapısıyla OECD ülkeleri arasında en fazla sera gazı salım artışının yaşandığı ülke konumundadır. Çevre konusuna son yıllarda daha duyarlı hale gelmesine ve özellikle yenilenebilir enerjide gerçekleştirilen atılım ve hedeflerle birlikte sera gazı salımlarında sağlanan azalışa rağmen Türkiye'nin sera gazı salım miktarındaki azalma diğer OECD ülkelerine nazaran daha düşük miktarlarda gerçekleşmektedir (OECD, 2019:35).

Tablo 2: Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Salımları (CO₂ eşdeğeri), 1998 – 2018

Yıl	Toplam	Enerji	Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	Tarım	Atık
1998	280,2	195,9	27,4	43,5	13,5
1999	277,7	193,8	25,8	44,1	13,9
2000	298,8	216,1	26,2	42,1	14,3
2001	280,3	199,2	25,9	39,7	15,5
2002	286,0	205,8	26,9	37,4	15,9
2003	305,3	220,3	28,2	40,5	16,2
2004	314,7	226,1	30,8	41,1	16,6
2005	337,1	244,0	33,6	42,2	17,3
2006	358,3	260,0	36,7	43,6	18,0
2007	391,4	290,8	39,2	43,2	18,3
2008	387,6	287,3	40,9	41,0	18,4
2009	395,6	292,5	42,5	41,8	18,8
2010	398,9	287,0	48,1	44,1	19,5
2011	427,8	308,7	52,8	46,6	19,8
2012	447,3	320,5	55,1	52,3	19,4
2013	439,3	307,5	58,1	55,5	18,2
2014	458,4	325,8	58,6	55,9	18,2
2015	472,6	340,9	57,1	55,8	18,8
2016	497,7	359,7	61,1	58,5	18,4
2017	523,8	379,9	63,6	62,8	17,4
2018	520,9	373,1	65,2	64,9	17,8

Kaynak: TÜİK. (2018). Sektörlere göre toplam sera gazı salımları (CO₂ eşdeğeri), 1990-2018. Erişim Tarihi: 05.06.2020, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019

Tablo 2’de Türkiye’nin 1998-2018 dönemi sektörel ve toplam sera gazı salım verileri görülmektedir. Tablo’dan enerji sektörünün en fazla sera gazı salımına sahip sektör olduğu gözlenmektedir. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ile tarım sektörü ise enerji sektöründen sonra en fazla sera gazı salımına sahip sektörler olarak karşımıza çıkmaktadır. 2009 yılına kadar tarım sektörünün endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörüne göre daha fazla sera gazı salımına sahip olduğu görülürken, 2009 yılı ve sonrasındaki yıllarda endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörünün sahip olduğu sera gazı salım miktarının tarım sektöründeki sera gazı salım miktarını aştığı gözlenmektedir. Genel olarak toplam sera gazı salımlarının, 1998-2018 döneminde kriz yılları (1999, 2001, 2008) hariç, genellikle sürekli bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

Sera gazı salım miktarından çok yıllar itibariyle sera gazı salım miktarındaki artış hızıyla dikkat çeken Türkiye, OECD ülkeleri arasında 2020 yılı için sera gazı salım azaltım

hedefi belirlemeyen tek ülkedir. Kyoto Protokolü¹ 2009 yılında onaylayan Türkiye, küresel ısınmayı 1.5°C ve gezegen sıcaklık artışını 2°C ile sınırlandırmayı hedefleyen Paris İklim Anlaşmasını ise 2016 yılında imzalamış ancak anlaşmayı halen onaylamamıştır (OECD, 2019:35; Eren, 2019:3). Diğer yandan Türkiye, Ulusal Katkı Niyet Beyanı (INDC)² kapsamında 2030 yılında ulaşacağı karbondioksit salımı miktarını %21 oranında azaltmayı hedeflemiştir (Eren, 2019:4). Bu hedefin tutturulmasına yönelik olarak Beyan'da genellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önerilerden bahsedilmiş ve 2030 yılına kadar, elektrik iletim ve dağıtım kayıplarının %15'e düşürülmesi, hidroelektrik potansiyelinden tamamıyla yararlanılması, rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi kapasitesinin 16 GW'a ve güneş enerjisinden elektrik üretimi kapasitesinin 10 GW'a çıkarılması gibi öngörülerde bulunulmuştur (CSB, 2018:87).

3. Literatür Özeti

Ulusal yazında genellikle iktisadi büyüme ve buna bağlı olarak ortaya çıkan çevresel zarara odaklanan ampirik çalışmalar bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak Apaydın & Taşdoğan (2019), Başar & Akyol (2018), Canbay (2019), Çetintaş vd. (2016), Kılıç & Akalın (2016) ile Sancar Özkök & Atay Polat'a (2018) ait çalışmalar gösterilebilir. Öte yandan Kaypak (2011), Tıraş (2012), Toprak (2006), Yılmaz (2018) ve Yücel'e (2003) ait çalışmalarda ise konuya teorik açıdan yaklaşılmaktadır. Bu çalışma ise su tüketimi, enerji türlerine göre kullanımı ve iktisadi büyümeyi aslında birbirine kısıt oluşturan bir bağlamda ele almaktadır. Bu açıdan bakıldığında ulusal yazındaki çalışmalarla hem amaç hem kullanılan yöntem açısından çok fazla ortak nokta bulunmamaktadır. Çalışmada ele alınan bağlamın ve bu bağlamda kullanılan yöntemin uygunluğunun ortaya koyulabilmesi amacıyla bu çalışmadaki yazın taramasına, konuya dolaylı olarak yaklaşan ulusal çalışmalardansa uluslararası yazındaki direkt ilgili çalışmalar dahil edilmiştir. Bu çalışmaların ortak özelliklerinden birisi enerji kullanımı ve su tüketimi ilişkisine makro ekonomik veya sektörel düzeyde odaklanmış olmaları, diğeri ise genellikle girdi-çıkıtı matrisleri yoluyla analizlerin yapılmış olmasıdır. Bahsi geçen akademik çalışmalara ait karşılaştırmalı bir özet Tablo 3'de sunulmaktadır.

Makedonya'da su tüketimi ve sektörlerin su ile ilişkilerini inceleyen ve 2005 yılı temel alınarak yapılan bir çalışmada açık ve kapalı ekonomide tarım sektörünün en çok su tüketen sektör olduğu tespit edilmiştir (Hristov vd., 2012:14-25). Ayrıca araştırma sonucunda tarım sektöründe doğrudan su kullanım oranının, sanayi sektörlerinde ise dolaylı su kullanım oranının yüksek olduğu saptanmıştır. Söz konusu çalışmada elde edilen diğer önemli bir bulgu ise enerji sektörünün de su kullanımında anahtar sektör olduğu yönündedir. Kok kömürü ve rafine petrol, madencilik ve taş ocakçılığı, temel metaller gibi sektörlerin önemli miktarlarda su tüketen sektörler olduğu tespit edilmiştir. Çin'de rüzgâr enerjisinin karbondioksit salımları ve su tüketimi etkisini araştıran bir başka çalışma ise 2020-2050 dönemi için yapılmıştır (Li vd., 2012:443-447). Araştırma sonucunda rüzgâr enerjisinin karbon salımını ve su tüketimini azaltmada diğer enerji türlerine göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Çin'in kuzey bölgesine rüzgâr türbinleri yerleştirmenin enerji üretiminde su tüketimini önemli oranda azaltabileceği belirtilmiştir. Yine Çin'in 30 ilinin baz alındığı bir başka çalışmada özellikle

1 Kyoto Protokolü, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini ve insan kaynaklı sera gazı salımlarını azaltmak amacıyla sanayileşmiş ülkelerin imzaladığı antlaşmadır (<https://www.dunyaatlati.com/kyoto-protokolu-nedir/>).

2 https://yesilekonomi.com/files/The_INDC_of_TURKEY_v_15_19_30-TR.pdf.

enerji sektörlerinde ve 8 enerji ürünü temininde (kömür, ham petrol, doğal gaz, petrol ürünleri, kok, elektrik, ısı, gazlar) kullanılan su miktarı ve çevresel etkiler değerlendirilmiştir (Zhang & Anadon, 2013:14462-14467). Yapılan analizde kurak kuzey ve kuzeybatı bölgelerinin güney bölgeden çok daha yüksek miktarda su tükettiği belirtilmiştir. Ayrıca tüketilecek su miktarından kaynaklanan çevresel hasarlarında en çok bu bölgelerde meydana geldiği saptanmıştır.

Enerji sektöründe su talebinin değerlendirildiği başka bir çalışmada Çin ekonomisi analiz edilmiş ve 2035 yılına yönelik enerji senaryoları üretilmiştir (Qin vd., 2015:137-142). Senaryolar sonucu elde edilen bulgularda, Çin'in geleceğe yönelik enerji planlarının endüstriyel su politikası ile çelişebileceği fakat Çin'in özellikle enerji sektöründe kullandığı su miktarının teknoloji olanaklarına ve tercihlerine göre değişebileceği belirtilmiştir. Araştırmada Çin'in yüksek elektrik talebinin gelecekte kömür ve nükleer enerji ile karşılanmasının beklendiği fakat bu durumda da özellikle nükleer enerji kullanımının tatlı su talebi artışını beraberinde getireceği tespit edilmiştir. Rüzgar enerjisi üretim sistemlerinde enerji-su bağının incelendiği bir başka çalışmada Çin'de rüzgar enerjisi sistemlerinin su tüketimini azaltacağı tespit edilmiştir (Yang & Chen, 2016:6-11). Ayrıca çalışmada buna ek olarak enerji maliyetlerinin de azalacağı belirtilmiştir. Araştırmada elde edilen diğer önemli bir bulgu, bir rüzgar enerjisi üretim sisteminin elektrik üretiminde kullandığı su miktarının, güneş enerjisi ve nükleer enerji sistemlerinin elektrik üretiminde kullanacağı su miktarından çok daha az olacağı yönündedir. Yine Çin'de bölgelerarası enerji, su ve gıda akışı etkileşiminin incelendiği bir başka çalışmada bölgelerarası doğrudan ve dolaylı enerji ve su akışı değerlendirilmiş ve araştırma sonucunda gıda ile ilgili su akışının, su yetersizliği olan bölgelerden su kaynaklarının bol olduğu bölgelere doğru olduğu tespit edilmiştir (Liu vd., 2017:3110-3113). Bu bağlamda Shanghai, Zhejiang ve Guangdong bölgelerinin su alan bölgeler olduğu, Shandong, Henan ve Hebei bölgelerinin ise su tedarik eden bölgeler olduğu saptanmıştır. Gıda ile ilgili enerji kullanımında ise Heilongjiang, Shandong ve Henan bölgelerinin ana enerji tedarikçi bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Çin'in başkenti Pekin'de kentsel enerji ve su kullanımı analiz edilirken enerjiyle alakalı su tüketimi ve su ile alakalı enerji tüketiminin değerlendirildiği bir diğer çalışmada ekonomik sektörler ve bağlar arasındaki etkileşimin sonuçları araştırılmıştır (Wang vd., 2017:212-216). 2012 yılı için yapılan sektörel analizler sonucu imalat sanayinin en büyük karma enerji (hybrid energy) çıkışının sağlandığı sektör olduğu; tarım sektörünün ise en büyük enerji alıcı sektör olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda en büyük su tüketicisinin tarım sektörü olduğuna vurgu yapılırken enerji ile alakalı su tüketimine katkısı en büyük sektörlerin ulaştırma ve posta sektörleri olduğu saptanmıştır.

Çin'in en yüksek çelik üretiminin gerçekleştiği Hebei ilinde çelik endüstrisinde su, enerji ve sera gazı salım ilişkisinin teknolojiye dayalı bir yaklaşımla incelendiği bir çalışmada teknolojiye dayalı bir model (WEEN-water-energy-emission nexus) ile 2015 yılı için bir analiz yapılmıştır (Wang vd., 2017:121-126). Araştırma sonucunda, teknolojik gelişmeler ve hammadde kalitesi arttıkça sera gazı salımlarının ciddi oranda azalacağı, su ve enerji tasarrufu sağlanabileceği saptanmıştır. Ancak teknoloji ve hammadde kurulum ve işletim maliyetlerinin mevcut maliyetleri önemli miktarda artıracığı tespit edilmiştir. Farklı sektörler arası su ve enerji kaynaklarını ve ilişkilerini Çin ekonomisini temel alarak değerlendiren bir başka çalışmada 1997-2015 dönemi analiz edilmiştir (Huang vd., 2018:16-17). Araştırma bulgularına göre, tarım ile elektrik ve su sektörleri en önemli asıl su tedarikçisi endüstrilerdir. Metal ürünler, petrokimya, diğer metal olmayan maden ürünleri ve madencilik endüstrisi gibi

ağır sanayi sektörleri en çok sera gazı salımını açığa çıkaran sektörler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Çin'in net su ve karbon salımları ihracatçısı bir ülke olduğu belirtilmiştir. Bir diğer önemli çalışmada ise geleceğe yönelik enerji ile ilgili senaryoların su kullanımı üzerindeki etkileri incelenerek ulusal düzeyde enerji-su ilişkisi değerlendirilmiştir (Wang vd., 2019:836-838). Çin ekonomisinin analiz edildiği çalışma 2050 yılı için yapılmıştır. İklim değişikliğini azaltmaya yönelik düşük karbonlu gelişim senaryolarının uygulandığı araştırma sonucunda, tarım, elektrik ve maden eritme ve sıkıştırma sektörlerinin enerji ve su tüketimini azaltmaları gereken en önemli sektörler olduğu tespit edilmiştir. Maden eritme ve baskı sektörünün en büyük enerji ithalatçısı sektör olduğu saptanırken; tarım ile elektrik donanımı ve makine sektörlerinin en büyük su ithalatçısı sektörler olduğu belirtilmiştir. Yapılan analize göre ana su ihracatçısı sektörlerin ise tarım, kimya sanayi ve gıda ile tarım ürünleri imalat sanayi sektörleri olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3: Literatür Özeti

Kaynak	Analiz Dönemi	Yöntem	Ülke Kapsamı	Sonuç
Hristov vd. (2012)	2005	Girdi-Çıktı Modeli	Makedonya	Araştırma sonucunda tarım sektöründe doğrudan su kullanım oranının yüksek olduğu görülürken sanayi sektörlerinde ise dolaylı su kullanımının yüksek olduğu gözlenmiştir.
Li vd. (2012)	2020-2050	Girdi-Çıktı Modeli ve Yaşam Döngüsü Analizi	Çin	Araştırma sonucunda diğer enerji türleri ile kıyaslandığında rüzgar enerjisinin karbon salımını ve su tüketimini azaltmada diğer enerji türlerine göre daha avantajlı bir enerji çeşidi olduğu tespit edilmiştir.
Zhang & Anadon (2013)	2007	Girdi-Çıktı Modeli ve Yaşam Döngüsü Analizi	Çin	Yapılan analiz sonucunda ulusal düzeyde en fazla su tüketimi ile atık suyun meydana geldiği enerji türünün elektrik enerjisi olduğu tespit edilmiştir.
Qin vd. (2015)	2035	Uluslararası Enerji Ajansından (IEA) ve Çin Enerji İstatistik Yıllığından elde edilen veriler kullanılmıştır.	Çin	Çin'in özellikle enerji sektöründe kullandığı su miktarının teknoloji olanaklarına ve tercihlerine göre değişebileceği saptanmıştır.

Tablo 3 devam

Yang & Chen (2016)		Yaşam Döngüsü Analizi ve Ağ Analizi	Çin	Analiz sonucunda, rüzgar enerjisi sistemlerinin su tüketimini azaltacağı tespit edilmiştir. Ayrıca enerji maliyetlerinin de azalacağı saptanmıştır.
Liu vd. (2017)		Çok Bölgeli Girdi-Çıktı Analizi	Çin	Analiz sonucunda bölgelerarası karma enerji ve su akışının merkez illerden doğu illerine doğru olduğu belirtilirken; Shanghai ve Hainan gibi büyük bölgelerin en fazla enerji tüketiminin gerçekleştiği bölgeler olduğu tespit edilmiştir.
Wang vd. (2017)	2012	Girdi-Çıktı Modeli	Pekin	Sektörel analizler sonucu imalat sanayinin en büyük karma enerji (hybrid energy) çıkışının sağlandığı sektör olduğu; tarım sektörünün ise en büyük enerji alıcı sektör olduğu tespit edilmiştir.
Wang vd. (2017)	2015	WEEN (water-energy-emission nexus) Modeli	Hebei	Araştırma sonucunda teknolojik gelişmeler ve hammadde kalitesi arttıkça sera gazı salımlarının ciddi oranlarda azalacağı ve su ve enerji tasarrufu sağlanabileceği saptanmıştır. Ancak teknoloji ve hammadde kurulum ve işletim maliyetlerinin mevcut maliyetleri önemli miktarda arttıracığı tespit edilmiştir.
Huang vd. (2018)	1997-2015	Girdi-Çıktı Modeli	Çin	Araştırma bulgularına göre “tarım” ile “elektrik ve su” sektörleri en önemli asıl su tedarikçisi endüstrilerdir. Metal ürünler, petrokimya, diğer metal olmayan maden ürünleri ve madencilik endüstrisi gibi ağır sanayi sektörleri en çok sera gazı salımına sahip sektörler olarak tespit edilmiştir.
Wang vd. (2019)	2050	Girdi-Çıktı Modeli	Çin	Analiz sonucunda, maden eritme ve baskı sektörünün en büyük enerji ithalatçısı sektör olduğu saptanırken; tarım ile elektrik donanımı ve makine sektörlerinin en büyük su ithalatçısı sektörler olduğu belirtilmiştir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4. Ampirik Yöntem ve Analiz

Çalışmada senaryo analizleri için WIOD'dan (World Input-Output Database) 2014 yılı için elde edilen girdi-çıkıtı matrisi kullanılmıştır. Analizde 55 sektör 15 sektöre toplulaştırılmıştır. Girdi-çıkıtı matrisinde çözüm standart ters Leontief matrisinin talep ve çıktı değişimi arasında kurduğu bağ ile çözülmektedir (denklem 1)³.

$$\Delta X = (1 - A)^{-1} \cdot \Delta Y \quad (1)$$

Denklemden, çıktı vektörü X ile ifade edilirken nihai talep vektörü Y ile gösterilmektedir. Birim matris (I) ve teknoloji matrisi (A) kullanılarak elde edilen Leontief Ters Matris ise $(I - A)^{-1}$ olarak ifade edilmektedir. Senaryo analizlerinde nihai talep unsurlarından biri olan ihracat üzerine gelecek dışsal bir şokun arz etkisi değerlendirilmektedir. Bu bağlamda (1) no'lu denklemde ΔY ile gösterilen dışsal bir şokun değişim etkisi Leontief ters matris kullanılarak olarak bulunmaktadır. Sonuç olarak üretim teknolojisi (A) veri iken nihai talep vektöründeki değişime karşılık gelen üretim vektörü elde edilmektedir.

Analizler 2014 yılı üzerinden kurgulandığı için WIOD 2009 yılına ait su tüketimi ve sera gazı salım verileri ile yine aynı yıla ait sektörel üretim değerleri kullanılarak birim sera gazı salım ve su tüketimi değerleri hesaplanmıştır.

Senaryolar oluşturulurken Türkiye'nin 2023 yılı ekonomik ve çevresel hedefleri temel alınmaktadır. 11. Kalkınma Planı'nda "öncelikli sektörler"⁴ yönelik 2023 yılı ihracat hedefleri yer almaktadır. Bu çalışmada 11. Kalkınma Planı'nda belirtilen öncelikli sektörler teknoloji içeriklerine göre değerlendirilmekte ve söz konusu sektörlerin 2023 yılı toplam ihracat hedefleri göz önünde bulundurulurken senaryolar oluşturulmaktadır. Türkiye'nin 2023 yılı ekonomik hedeflerine ulaşılabilirliği test edilirken bu hedefin çevresel etkileri de göz önünde bulundurulmaktadır.

Taahhütler ve hedefler doğrultusunda gerçekleştirilen ampirik analizlerin asıl amacı, elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasına karşılık en çok sera gazı salımı açığa çıkaran enerji türlerinden vazgeçilmesi durumunda ekonomide meydana gelen sınırlı büyüme oranını artırmak amacıyla senaryolar geliştirmektir. Ayrıca gerçekleşen ekonomik büyüme sonucu sera gazı salım ve su tüketimi hedeflerinde ne kadarlık bir sapma meydana geldiği ve çevresel bağlamda da söz konusu senaryoların göze alınabilirliği değerlendirilmektedir.

4.1. Senaryo Tanımları

Her iki senaryonun çıkış noktasını yenilenebilir enerji ile en çok sera gazı salımına sahip enerji türlerinin ikamesi oluşturmaktadır. Türkiye'nin 2030'a kadar yıllık ortalama 5,3 ila 7 milyar dolarlık yenilenebilir enerji yatırım hedefi bulunmaktadır (SHURA, 2019:15). Bu hedeften yola çıkılarak senaryo analizlerinde 2023 yılı yenilenebilir enerji yatırımının 5,3 milyar dolar artırılması hedeflenmiştir. Her iki senaryo temelinde 5,3 milyar dolarlık yenilenebilir enerji elektrik üretiminde kullanılırken bu oranı karşılayan miktarda "petrol" ve "elektrik, gaz"

3 Özeş & Çağatay'a (2018: 261) ait çalışmada bu denklemin elde edilmiş biçimi detaylı olarak anlatılmaktadır.

4 Kimya ve ilaç, elektronik ve yarı iletkenler, makine ve teçhizat, gıda, motorlu kara taşıtları, bilişim ve yazılım, çelik sanayi.

gibi en çok sera gazı salımına sahip enerji türlerinden vazgeçilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yenilenebilir enerji yatırımına (5,3 milyar dolar) karşılık gelen elektrik miktarı bulunmuş (86000 bin TEP) ve elektriğin net kalori değeri kullanılarak söz konusu yatırıma karşılık gelen miktar (309600 Tj) kalori cinsinden hesaplanmıştır (Tablo 4). Daha sonra elde edilen kalori değeri ile petrol net kalori değeri kullanılarak yenilenebilir enerji yatırımına karşılık gelen toplam petrol kalori değeri hesaplanmış ve yenilenebilir enerji üretiminde kullanılan elektrik miktarının artırılmasına karşılık aynı oranda petrol kullanımından vazgeçilmiştir. Bu ikame sonucu ekonomide meydana gelen düşük oranlı büyüme oranı pozitif talep şokları ile artırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla büyüme yönlü 2 senaryo geliştirilmiştir.

Tablo 4: Enerji İkamesi Hesabı

	2023 Yılı Yenilenebilir Enerji Üretiminde Kullanılacak Elektrik Miktarı (Bin TEP) (A)	Net Kalori Değeri (TJ/1000 ton) (B)	Kalori (Tj) (A*B)	Petrolün Kalori Değeri
Petrol		42,3*	0	7319,1
Elektrik	86000	3,60*	309600	

Kaynak: * <https://unstats.un.org> Erişim Tarihi: 05.10.2020

Senaryolar geliştirilirken 11. Kalkınma Planı'nda yer alan orta-yüksek teknoloji endüstrilerin ihracat payı hedefi ile yüksek teknoloji endüstrilerin ihracat payı hedefleri bağlamında öncelikli 7 sektör teknoloji içeriklerine göre gruplandırılmıştır. Bu doğrultuda birinci senaryoda, 2023 yılı imalat sanayi ihracatı hedefinin %44,2'sini oluşturan orta-yüksek teknoloji içeren endüstrilerin ihracat payı hedefi baz alınarak "makine ve teçhizat" ve "motorlu kara taşıtları" endüstrileri analiz edilmiştir. Bu endüstrilere verilen hedef ihracat şokları ile enerji ikamesi sonucu meydana gelen ekonomik büyüme oranının daha da arttırılması amaçlanmıştır.

İkinci Senaryoda ise 2023 yılı imalat sanayi ihracatı hedefinin %5,8'ini oluşturan yüksek teknoloji içeren endüstrilerin ihracat payı hedefi baz alınmıştır. Bu bağlamda değerlendirilen yüksek teknoloji içeren endüstriler; "kimya ve ilaç", "elektronik ve yarı iletkenler", "bilişim ve yazılım" ve "çelik sanayi" endüstrileridir.

Tablo 5: Türkiye 2023 Yılı İmalat Sanayi Hedefleri

	2018	2023
İmalat Sanayii/GSYH (Cari, %)	19,1	21,0
İmalat Sanayii İhracatı (Milyar Dolar)	158,8	210,0
Öncelikli Sektörlerin İmalat Sanayii İhracatı İçerisindeki Payı (%)	37,9	46,3
Orta-Yüksek Teknolojili Sanayilerin İmalat Sanayii İhracatındaki Payı (%)	36,4	44,2
Yüksek Teknolojili Sanayilerin İmalat Sanayii İhracatındaki Payı (%)	3,2	5,8

Kaynak: SBB. (2019). On birinci kalkınma planı (2019-2023). Erişim Tarihi: 10.05.2020, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>

Her iki senaryonun yaratacağı iktisadi etkiler yanında çevresel etkileri de analiz edilmeye çalışılmıştır. Enerji ikamesi sonrasında ulaşılan sınırlı büyümenin sera gazı salım ve

su tüketimi etkileri hesaplanırken, her iki senaryo sonucu meydana gelen ekonomik büyümenin sera gazı salım ve su tüketimi etkisi de ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Senaryoların sera gazı salımı ve su tüketimi etkisi Türkiye'nin 2023 yılı sektörel su tüketimi hedefleri ve toplam sera gazı salımları baz alınarak değerlendirilmiştir.

Tablo 6: Türkiye 2023 Yılı Sektörel Su Tüketim Hedefleri

	Sektörel Su Kullanım Miktarı (milyar m ³)	Sektörlerin Su Tüketimi Payı (%)
Sulama (Tarım)	72	64
Evsel (İçme Suyu)	18	16
Endüstriyel	22	20
Toplam	112	100

Kaynak: TSKB. (2019b). Su: Yeni elmas. Erişim Tarihi: 09.07.2020, http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBAkis_SUYeniElmas_Subat2019.pdf

2023 yılı için 112 milyar metreküp olması hedeflenen toplam su tüketiminin 72 milyar metreküpü sulama (tarım), 18 milyar metreküpü hanehalkı ve 22 milyar metreküpü endüstriyel hedeftir.

Türkiye, Paris Konferansı öncesi 2030 yılı toplam sera gazı salım miktarı hedefini Ulusal Katkı Beyanı ile açıklamıştır. Beyan'da 2030 yılında hiçbir önlem alınmadığı takdirde gerçekleşmesi öngörülen 1.175 milyon ton CO₂ eşdeğeri toplam sera gazı salım miktarının %21 azaltımla 928.3 milyon tona çekileceği belirtilmektedir. Ulusal Katkı Beyanı'na göre toplam sera gazı salımlarında yıllık ortalama %6,3 oranında öngörülen artış baz alınarak, 2023 yılı için taahhüt öncesi ve taahhüt sonrası toplam sera gazı salım miktarları sırasıyla 789.6 ve 717 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Tablo 7).

Tablo 7: Türkiye'nin 2023 Yılı Sera Gazı Salım Hedefleri (Milyon ton CO₂ eşdeğeri)

	2023	2030
Taahhüt Öncesi Toplam Sera Gazı Salım Miktarı	789,6*	1,175**
Taahhüt Sonrası Toplam Sera Gazı Salım Miktarı	717*	928,3**

Kaynak: *: Yazar tarafından hesaplanmıştır. **: <https://yesilekonomi.com>

4.2. Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları

4.2.1. Ekonomik Büyüme

Senaryo analizleri gerçekleştirilmeden önce enerji ikamesine dayalı endüstriyel üretim sonuçları ile birinci ve ikinci senaryoya ait endüstriyel üretim sonuçları Tablo 8'de verilmektedir. Birinci senaryoda, orta-yüksek teknoloji içeren endüstrilerin ihracat payı hedefi baz alınarak analiz edilen "makine ve teçhizat" ve "motorlu kara taşıtları" endüstrileri "diğer imalat sanayi" endüstrisi başlığı altında değerlendirilmiştir. İkinci senaryoda ise yüksek teknoloji içeren endüstriler olarak değerlendirilen "kimya ve ilaç", "elektronik ve yarı iletkenler", "bilişim ve yazılım" ve "çelik sanayi" endüstrileri ise sırasıyla "ecza ve kimyasal ürünler", "diğer

imalat sanayi”, “diğer hizmetler”, “çelik sanayi” ve “diğer hammaddeler” başlıkları altında değerlendirilmiştir.

Her iki senaryo öncesinde gerçekleşen, elektrik üretiminde kullanılan 5,3 milyar dolarlık yenilenebilir enerji ile “petrol” ve “elektrik, gaz” gibi en çok sera gazı salımına sahip enerji türlerinin ikamesi sonucunda en az büyüme yaşanan endüstriler “eğitim”, “insan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri” ve “inşaat” endüstrileridir. Enerji ikamesi uygulaması ve büyüme senaryoları sonrası “elektrik, gaz ve su arzı” endüstrisinde görülen ekonomik büyüme ise dikkat çekicidir. Birinci senaryo uygulaması ile “makine ve teçhizat” ile “motorlu kara taşıtları” endüstrilerine verilen hedef ihracat şokları sonucu enerji ikamesiyle çok mütevazı oranlarda gerçekleşen endüstriyel ve toplam ekonomik büyüme oranlarında önemli artışlar kaydedilmiştir. Özellikle “diğer imalat sanayi” ve “diğer hizmetler” endüstrileri en fazla büyüme artışı yaşanan endüstriler olmuştur. İkinci senaryoda yüksek teknoloji içeren endüstriler olan “kimya ve ilaç”, “elektronik ve yarı iletkenler”, “bilişim ve yazılım” ve “çelik sanayi” endüstrilerine verilen hedef ihracat şoku sonrası ise “ecza ve kimyasal ürünler” ve “diğer hizmetler” endüstrileri enerji ikamesi sonrasına göre en fazla ekonomik genişlemenin yaşandığı endüstriler olarak karşımıza çıkmaktadır (Tablo 8).

Tablo 8: Endüstriyel Arz Değişimi Oranları (%)

	Senaryolar Öncesi (Enerji İkamesi Sonrası)	1. Senaryo Sonrası	2. Senaryo Sonrası
Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	0,000	0,010	0,005
Gıda, içecek ve tütün ürünleri imalatı	0,000	0,007	0,004
Tekstil, giyim eşyası ve deri ürünleri imalatı	0,001	0,026	0,004
Kâğıt hamuru, kâğıt, basım ve yayım	0,001	0,010	0,004
Ecza ve kimyasal ürünler	0,001	0,021	0,189
Diğer metalik olmayan mineraller imalatı	0,000	0,010	0,002
Temel metaller ve yarı mamul metaller	0,001	0,028	0,002
Elektrik, gaz ve su arzı	0,239	0,242	0,219
Eğitim	0,000	0,001	0,000
İnsan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri	0,000	0,001	0,000
İnşaat	0,000	0,003	0,002
Diğer (kalan) hammaddeler	0,021	0,031	0,027
Diğer imalat sanayii	0,002	0,788	0,005
Diğer hizmetler	0,030	0,288	0,093
Toplam	0,296	1,466	0,557

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Yenilenebilir enerji ile en çok sera gazı salımına sahip enerji türleri ikamesinin ekonomi geneli büyüme etkisi %0,3'tür. Orta-yüksek teknoloji ve yüksek teknoloji içeren endüstrilere verilen hedef ihracat şokları sonucu meydana gelen ekonomi geneli büyüme etkileri ise sırasıyla %1,5 ve %0,6 olarak tespit edilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9: Ekonomi Geneli Büyüme Oranları (%)

Senaryolar Öncesi (Enerji İkamesi Sonrası) Ekonomi Geneli Büyüme	1. Senaryo Sonrası	2. Senaryo Sonrası
0,3	1,5	0,6

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

4.2.2. Çevresel Bulgular

Enerji ikamesi sonrası endüstriyel sera gazı salımı ve su tüketimi miktarları ile birinci ve ikinci senaryoya ait endüstriyel sera gazı salımı ve su tüketimi miktarları sırasıyla Tablo 10 ve 11'de gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji ile fosil yakıt ikamesine dayalı enerji ikamesi sonrası en fazla sera gazı salım miktarına sahip endüstriler başta “elektrik, gaz ve su” olmak üzere “diğer imalat sanayi” ve “diğer metalik olmayan mineraller imalatı”dır. Orta-yüksek teknoloji ile yüksek teknoloji içeren endüstrilerin ihracat payı hedefi baz alınarak geliştirilen birinci ve ikinci senaryo sonuçlarına bakıldığında en fazla sera gazı salımına sahip endüstrilerin de enerji ikamesi sonrası en fazla sera gazı salımına sahip endüstriler ile aynı olduğu görülmektedir. Ancak yapılan analiz sonucu enerji ikamesi sonrası sera gazı salım miktarlarına göre birinci ve ikinci senaryo sonrası endüstriyel ve toplam sera gazı salım miktarlarındaki artış göze çarpmaktadır. En çok sera gazı salımının gerçekleştiği endüstri olan “elektrik, gaz ve su” endüstrisine ait enerji ikamesi sonrası gerçekleşen sera gazı salım miktarı 96.041 milyon ton CO₂ eşdeğeri iken birinci ve ikinci senaryo uygulamaları sonucu gerçekleşen aynı endüstriye ait sera gazı salım miktarları sırasıyla 96.104 milyon ton ve 95.641 milyon ton CO₂ eşdeğeridir. Hem endüstriyel bazda hem de toplam olarak en fazla sera gazı salım miktarı ise birinci senaryo uygulaması sonucu gerçekleşmiştir. Enerji ikamesi sonrası ve birinci ve ikinci senaryo uygulaması sonucu gerçekleşen sera salım miktarları sırasıyla 252.641 milyon ton, 257.315 milyon ton ve 252.618 milyon ton CO₂ eşdeğeridir. Diğer yandan hem enerji ikamesi sonrası hem de birinci ve ikinci senaryo sonrası en az sera gazı salımı açığa çıkaran endüstriler ise “insan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri”, “kağıt hamuru, kağıt, basım ve yayım” ve “eğitim” endüstrileridir (Tablo 10).

Tablo 10: Endüstrilere Göre Toplam Sera Gazı Salım Miktarları

Endüstriler	Toplam Endüstriyel Sera Gazı Salım Miktarları (milyon ton CO ₂ eşdeğeri)		
	Enerji İkamesi Sonrası	1. Senaryo Sonrası	2. Senaryo Sonrası
Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	20,175	20,197	20,186
Gıda, içecek ve tütün ürünleri imalatı	8,682	8,689	8,686
Tekstil, giyim eşyası ve deri ürünleri imalatı	4,301	4,312	4,302
Kâğıt hamuru, kâğıt, basım ve yayım	0,860	0,866	0,862
Ecza ve kimyasal ürünler	3,966	3,995	4,242
Diğer metalik olmayan mineraller imalatı	34,130	34,324	34,166
Temel metaller ve yarı mamul metaller	9,316	9,386	9,319
Elektrik, gaz ve su arzı	96,041	96,104	95,641
Eğitim	1,267	1,268	1,268
İnsan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri	0,826	0,826	0,826
İnşaat	10,291	10,296	10,293
Diğer (kalan) hammaddeler	6,692	6,713	6,705
Diğer imalat sanayii	46,072	50,270	46,088
Diğer hizmetler	10,022	10,068	10,034
Toplam	252,641	257,315	252,618

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Enerji ikamesi ve senaryo analizleri sonucu elde edilen endüstrilere göre ve toplam su tüketimi miktarları Tablo 11’de yer almaktadır. Tüm analizler sonucu en fazla toplam su tüketimi miktarının gerçekleştiği endüstrinin “tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık” olduğu görülmektedir. Enerji ikamesi ve senaryo uygulamaları sonucu en fazla su tüketiminin gerçekleştiği diğer önemli endüstriler ise “elektrik, gaz ve su” ve “diğer metalik olmayan mineraller imalatı”dır. Enerji ikamesi sonrası elde edilen endüstriyel ve toplam su tüketimi miktarlarının senaryo uygulamaları sonucu artış gösterdiği görülmektedir. Enerji ikamesi sonrası toplam su tüketimi 125.974 milyar metreküp iken birinci senaryo uygulaması sonucu su tüketimi 126.127 milyar metreküp ve ikinci senaryo uygulaması sonucu 126.010 milyar metreküp olarak gerçekleşmiştir. Endüstriyel ve toplam bazda en fazla su tüketimi, orta-yüksek teknoloji içeren endüstrilerin ihracat hedefi baz alınarak geliştirilen birinci senaryo uygulaması sonucu gerçekleşmektedir. Her iki senaryo sonrası en az su tüketiminin gerçekleştiği endüstriler ise “gıda, içecek ve tütün ürünleri imalatı” ve “ecza ve kimyasal ürünleri”dir (Tablo 11).

Tablo 11: Endüstrilere Göre Toplam Su Tüketimi Miktarları

Endüstriler	Toplam Endüstriyel Su Tüketimi Miktarları (milyar m ³)		
	Enerji İkamesi Sonrası	1. Senaryo Sonrası	2. Senaryo Sonrası
Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	112,605	112,728	112,665
Gıda, içecek ve tütün ürünleri imalatı	0,067	0,068	0,067
Tekstil, giyim eşyası ve deri ürünleri imalatı	0,476	0,477	0,476
Kâğıt hamuru, kâğıt, basım ve yayım	0,366	0,368	0,367
Ecza ve kimyasal ürünler	0,148	0,149	0,159
Diğer metalik olmayan mineraller imalatı	2,541	2,556	2,544
Temel metaller ve yarı mamul metaller	0,492	0,496	0,493
Elektrik, gaz ve su arzı	9,279	9,285	9,240
Toplam	125,974	126,127	126,010

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

2023 yılı sera gazı salımı ve su tüketimi hedefleri doğrultusunda analiz sonuçlarına bakıldığında; hedef sera gazı salımlarına en yakın durumun birinci senaryo sonucu meydana geldiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji ikamesi sonrası uygulanan senaryo analizleri sonucu sera gazı salımında meydana gelen artış miktarının senaryolar sonucu ulaşılan ekonomik büyüme oranlarıyla uyumlu bir şekilde yükseldiği görülmektedir (Tablo 12).

Tablo 12: Sera Gazı Salımı Bulguları ve Hedefleri (milyon ton CO₂ eşdeğeri)

	Enerji İkamesi Sonrası	1. Senaryo Sonrası	2. Senaryo Sonrası	2023 Hedefleri
Toplam	252,641	257,315	252,618	789,6*

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır. * Taahhüt Öncesi Toplam Sera Gazı Salım Miktarı, ** Taahhüt Sonrası Toplam Sera Gazı Salım Miktarı.

Su tüketimi verileri incelendiğinde “tarım” endüstrisinde enerji ikamesi sonrası ve birinci ile ikinci senaryo sonrası oluşan su tüketimi miktarlarının 2023 hedeflerinin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Endüstriyel su tüketimi miktarlarının ise hedeflerin altında kaldığı görülmektedir (Tablo 13).

Tablo 13: Su Tüketimi Bulguları ve Hedefler (milyar m³)

Endüstriler	Araştırma Bulguları*			2023 Hedefleri**
	Enerji İkamesi Sonrası	1. Senaryo Sonrası	2. Senaryo Sonrası	
Sulama (Tarım)	112,60	112,73	112,66	72
Evsel				18
Endüstriyel	13,37	13,40	13,35	22
Toplam	125,97	126,13	126,01	112

Kaynak: * Yazar tarafından hesaplanmıştır. ** TSKB. (2019b). Su: Yeni elmas. Erişim Tarihi: 09.07.2020, http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBAkis_SUYeniElmas_Subat2019.pdf

5. Sonuç

Bu çalışmanın amacı, alternatif enerji ikamesi sonucu ekonomide meydana gelen sınırlı büyüme etkisini artırmak amacıyla kurgulanan talep yönlü senaryoların ekonomik ve çevresel etkilerini Türkiye'nin 2023 hedefleri doğrultusunda incelemektir. Bu doğrultuda, araştırmada ilk olarak yenilenebilir enerji yatırımlarındaki bir artışın “petrol” ve “elektrik, gaz” gibi enerji türleri ile telafi edilmesi sonucu meydana gelen iktisadi etkilerin sera gazı salımı ve su tüketimi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Daha sonra ekonomide meydana gelen sınırlı büyüme etkisi, temel metodolojisinde girdi-çıkı analizinin kullanıldığı ihracat odaklı büyüme senaryoları ile arttırılmaya çalışılmıştır. Nihai olarak öncelikli 7 sektör⁵ üzerinden kurgulanan büyüme yönlü senaryo analizleri sonucu ortaya çıkan iktisadi etkiler ile sera gazı salımı ve su tüketimi etkileri değerlendirilmiştir.

Senaryolar geliştirilirken Türkiye'nin 11. Kalkınma Planı'nda yer alan 2023 yılı endüstriyel ihracat hedefleri temel alınmıştır. Bu doğrultuda öncelikli 7 endüstri teknoloji içeriklerine göre gruplandırılmış ve orta-yüksek teknoloji içeren endüstriler ile yüksek teknoloji içeren endüstrilere yönelik 2 adet senaryo kurgulanmıştır. Birinci senaryoda orta-yüksek teknoloji içeren endüstriler olan “makine ve teçhizat” ve “motorlu kara taşıtları” endüstrileri analiz edilmiştir. İkinci senaryoda ise yüksek teknoloji içeren “kimya ve ilaç”, “elektronik ve yarı iletkenler”, “bilişim ve yazılım” ve “çelik sanayi” endüstrileri analize tabii tutulmuştur. Her iki senaryo analizi sonucunda da enerji ikamesi ile ulaşılan sınırlı büyüme oranında artış görülmüştür. Fakat orta-yüksek teknoloji içeren endüstrilerin analiz edildiği birinci senaryo sonrasında ekonominin daha fazla oranda büyüdüğü tespit edilmiştir. Buna ilaveten birinci senaryo elde edilen daha yüksek büyüme oranları daha yüksek sera gazı salımı ve su tüketimi oranlarını da beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla birinci senaryo ekonomik büyüme avantajı ile birlikte yüksek su tüketimi ve sera gazı salımı dezavantajına da sahip görünmektedir.

Analiz sonrası elde edilen bulgulara göre, her iki senaryo öncesinde gerçekleşen enerji ikamesi sonrası en çok büyüme gösteren endüstriler sırasıyla “diğer hammaddeler”, “elektrik, gaz ve su” ve “diğer hizmetler”dir. Uygulanan birinci senaryo sonucu en fazla büyüyen endüstriler ise “diğer imalat sanayi” ve “diğer hizmetler” iken, ikinci senaryo sonucu en fazla büyüyen endüstriler “elektrik, gaz ve su” ve “ecza ve kimyasal ürünler”dir.

5 Kimya ve ilaç, elektronik ve yarı iletkenler, makine ve teçhizat, gıda, motorlu kara taşıtları, bilişim ve yazılım, çelik sanayi.

“Eğitim”, “insan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri” ve “inşaat” endüstrileri ise enerji ikamesi sonrası ve her iki senaryo uygulaması sonrası en az büyüyen endüstriler olarak karşımıza çıkmaktadır. Araştırmanın önemli bir çevresel bulgusu, enerji ikamesi sonrası ve her iki senaryo analizi sonrası en fazla sera gazı salımına sahip endüstrilerin başta “elektrik, gaz ve su” olmak üzere “diğer imalat sanayi” ve “diğer metalik olmayan mineraller imalatı” olduğu yönündedir. Ancak enerji ikamesi sonrası sera gazı salım miktarlarına göre birinci ve ikinci senaryo sonrası endüstriyel ve toplam sera gazı salım miktarlarında artış tespit edilmiştir. Enerji ikamesi sonrası elde edilen endüstriyel ve toplam su tüketimi miktarlarının senaryo uygulamaları sonucu artış göstermesi araştırmanın önemli bir başka çevresel bulgusudur. Tüm analizler sonucu en fazla toplam su tüketimi miktarının gerçekleştiği endüstriler ise başta “tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık” olmak üzere “elektrik, gaz ve su” ve “diğer metalik olmayan mineraller imalatı” iken en az su tüketiminin gerçekleştiği endüstriler “gıda, içecek ve tütün ürünleri imalatı” ve “ecza ve kimyasal ürünler”dir.

Nihai olarak, 2023 yılı toplam sera gazı salımı ve su tüketimi hedefleri temel alınarak yürütülen bu araştırma sonucunda, yenilenebilir enerji ikamesi sonrası ulaşılan mütevazı büyüme oranı özellikle birinci senaryo uygulaması ile önemli miktarda artış göstermiştir. Endüstriyel ve toplam olarak en fazla sera gazı salımı ve su tüketimi miktarı da yine birinci senaryo uygulaması sonucu gerçekleşmiştir. Araştırmanın bulguları ekonomik büyümenin olumsuz çevresel etkiler pahasına sağlanabileceği yönündedir. Türkiye enerji-çevre-su üçgeninde eşanli politikalar üretmek zorundadır.

Bu bağlamda hem ekonomik büyümeden hem de çevreden vazgeçilemeyecek olması ekonomik ve çevresel politikaların eşgüdümlü olarak uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Çevre ve iklim değişikliği ile ilgili uluslararası anlaşmalara duyarlı olmak, bu anlaşmalarda ve organizasyonlarda aktif bir ülke olarak yer almak ve çevresel hedeflere kayıtsız kalmamak hem çevre konusunda daha bilinçli hareket edilmesini sağlayacak hem de ülke içinde tüm yatırımcılara ve üreticilere yol gösterici olacaktır. Enerji kullanımında yerli enerji kaynaklarına öncelik vermek suretiyle kaynak çeşitlendirmesi yapmak, özellikle açığa çıkan sera gazı salım miktarının ve su kullanımının çok yoğun olduğu elektrik enerjisi üretim sürecinde yenilenebilir enerji kullanımı ile birlikte düşük su tüketimi ve düşük sera gazı salımı olan teknolojilerden faydalanmak çevresel hasarı azaltarak önemli avantajlar sağlayabilecektir. Su ve enerji yönetiminin çevre ile birlikte değerlendirilerek çevreye duyarlı teknolojiler kullanılması veya geliştirilmesi, enerji verimliliğini artırıcı politikalar uygulanması yerinde bir karar olacaktır. Ayrıca fosil yakıt kullanımının azaltılmasına yönelik çevresel vergiler uygulanması yenilenebilir enerjiye yönelimi arttırabilecektir. İktisadi büyüme planlanırken hedef sektörlerin teknoloji içeriğine göre önceliklendirilmesi yeterli görülmemeli, bu teknolojilerin aynı zamanda “temiz” olma zorunluluğu da dikkate alınmalıdır.

Katkı Oranı Beyanı

Makale yazarlarından Dr. Öğr. Üyesi Reyhan Özeş Özgür’ün makaleye katkısı %75 oranında iken Prof. Dr. Selim Çağatay’ın makaleye katkısı ise %25 oranındadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışmanın yazarları arasında sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Apaydın, Ş. & Taşdoğan, C. (2019). Türkiye’de iktisadi büyüme ve birincil enerji tüketiminin karbon salınımı üzerindeki etkisi: Yapısal var yaklaşımı. *Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(16), 19-35.
- Başar, S. & Akyol, H. (2018). Enerji tüketimi ve karbon emisyonu ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin tespit edilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(23), 332-347.
- Canbay, Ş. (2019). Türkiye’de iktisadi büyüme ile yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkileri. *Maliye Dergisi*, 176, 140-151.
- CSB. (2018). Türkiye’nin yedinci ulusal bildirimi. Erişim Tarihi: 06.06.2020, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/yed-nc--ulusal-b-ld-r-m-20190909092640.pdf>.
- Çetintaş, H., Bicil, İ. M. & Türköz, K. (2016). Türkiye’de CO₂ salınımları enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 53(619), 57-67.
- Eren, S. (2019). Türkiye’de iklim mücadelesi: Paris Anlaşması’ndan 3 yıl sonra ne durumdayız?. Erişim Tarihi: 10.05.2020, https://www.ikv.org.tr/images/files/Selvi_Eren_iklim_Paris_3_yili_ikv.pdf
- ETKB. (2014). Türkiye ulusal yenilenebilir enerji eylem planı.
- Hristov, J., Martinovska - Stojceska, A. & Surry, Y. (2012). Input-output analysis for water consumption in Macedonia. *Proceeding of Management of International Water*, 1-33.
<http://www.wiod.org/database/niots16>
<https://unstats.un.org/unsd/energy/balance/2015/05.pdf>
<https://www.dunyaatlası.com/kyoto-protokolu-nedir/>. Erişim Tarihi: 10.06.2020
https://yesilekonomi.com/files/The_INDC_of_TURKEY_v_15_19_30-TR.pdf. Erişim Tarihi: 10.07.2020
- Huang, H., Li, X., Cao, L., Jia, D., Zhang, J., Wang, C. & Han, Y. (2018). Inter-sectoral linkage and external trade analysis for virtual water and embodied carbon emissions in China. *Water*, 10(1664), 1-19.
- Kaypak, Ş. (2011). Küreselleşme sürecinde sürdürülebilir bir kalkınma için sürdürülebilir bir çevre. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13(20), 19-33.
- Kılıç, R. & Akalın, G. (2016). Türkiye’de çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), 49-60.
- Koç, E. & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu – Genel değerlendirme. *Mühendis ve Makine*, 54(639), 32-44.
- Li, X., Feng, K., Siu, Y. L. & Hubacek, K. (2012). Energy-water nexus of wind power in China: The balancing act between CO₂ emissions and water consumption. *Energy Policy*, 45, 440-448.
- Liu, Y., Wang, S. & Chen, B. (2017). Regional water–energy–food nexus in China based on multiregional input–output analysis. *Energy Procedia*, 142, 3108-3114.
- OECD. (2019). OECD çevresel performans incelemeleri: Türkiye 2019. Erişim Tarihi: 05.07.2020, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ab/icerikler/oecd-epr-tr-20190228120557.pdf>
- Özeş, R. & Çağatay, S. (2018). Sera gazı azaltımı için alternatif karbon vergisi uygulamaları etki analizi: 2018 yılı için bulgular. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 45, 255-283.
- Qin, Y., Curmi, E., Kopeck, G. M., Allwood, J. M. & Richards, K. S. (2015). China’s energy-water nexus–assessment of the energy sector’s compliance with the “3 red lines” industrial water policy. *Energy Policy*, 82, 131-143.

- Sancar Özkök, C. & Atay Polat, M. (2018). CO₂ emisyonu-enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: G7 ülkeleri üzerine ekonometrik bir analiz. *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 21, 33-46.
- SBB. (2019). On birinci kalkınma planı (2019-2023). Erişim Tarihi: 10.05.2020, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>
- SHURA. (2019). Türkiye’de enerji dönüşümünün finansmanı. Erişim Tarihi: 10.03.2020, https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2019/10/Turkiyede_Enerji_Donusumunun_Finansmani_2.pdf
- Tıraş, H. (2012). Sürdürülebilir kalkınma ve çevre: Teorik bir inceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 57-73.
- TMMOB. (2019). Türkiye enerji görünümü 2019. Erişim Tarihi: 10.7.2020, <https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2019/04/MMO-TEG-2019-Sunumu-Mart-2019.pdf>
- Toprak, D. (2006). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde çevre politikaları ve mali araçlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(4), 146-169.
- TSKB. (2019a). Sektörel görünüm: Enerji. Erişim Tarihi: 10.07.2020, <http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2019.pdf>
- TSKB. (2019b). Su: Yeni elmas. Erişim Tarihi: 09.07.2020, http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBAkis_SUYeniElmas_Subat2019.pdf
- TÜİK. (2018). Sektörlere göre toplam sera gazı salımları (CO₂ eşdeğeri), 1990-2018. Erişim Tarihi: 05.06.2020, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019
- Wang, C., Wang, R., Hertwich, E. & Liu, Y. (2017). A technology-based analysis of the water-energy-emission nexus of China’s steel industry. *Resources, Conservation & Recycling*, 124, 116-128.
- Wang, S., Cao, T. & Chen, B. (2017). Urban energy–water nexus based on modified input–output analysis. *Applied Energy*, 196, 208-217.
- Wang, S., Fath, B. & Chen, B. (2019). Energy–water nexus under energy mix scenarios using input–output and ecological network analyses. *Applied Energy*, 233-234, 827-839.
- WWF. (2014). Türkiye’nin su riskleri raporu. Erişim Tarihi: 05.07.2020, http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiyenin_su_riskleri_raporu_web.pdf
- Yang, J. & Chen, B. (2016). Energy–water nexus of wind power generation systems. *Applied Energy*, 169, 1-13.
- Yılmaz, V. (2018). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme arasındaki ilişki. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 6(2), 79-89.
- Yücel, F. (2003). Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında çevre korumanın ve ekonomik kalkınmanın karşılıklı ve birlikteliği. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(11), 100-120.
- Zhang, C. & Anadon, L. D. (2013). Life cycle water use of energy production and its environmental impacts in China. *Environmental, Sciences & Technology*, 47(24), 14459-14467.

EXTENDED SUMMARY

Research Questions & Purpose

Turkey's energy requirement brings significant economic and environmental problems with it. In this study, two scenarios have been developed in order to increase the economic growth rate resulting from the substitution of renewable energy used in electricity generation with the energy types that emit the most emission. In other words, the study aims at developing environment friendly policy advice to reach economic targets.

Literature Review

Due to lack of domestic empirical studies that specifically focus on the nexus mentioned in this analyses, the literature review here mainly focused on international literature. Most of the reviewed studies focused on the Chinese economy and the basic methodologies employed were life cycle analysis, network analysis and especially input-output analysis. The comparative table given in the text summarizes the main characteristics of these empirical studies.

We believe this study fulfils a remarkable task by simultaneously considering the environmental, economic and water consumption targets as a trade off for policy makers.

Methodology

Analyses were carried out by employing year 2014 world input-output matrix for Turkey, which was aggregated into 15 industries from 55. Industrial emissions and water consumption data was obtained from the same data source. Two policy scenarios were simulated. Energy substitution between fossil fuels and renewable energy sources was enabled through calorific value of alternative energy sources. Analyses considered future targets with regard to emissions, water use and economic growth simultaneously. A demand side policy shocks were introduced and by using inverse Leontief matrix changes in industrial supply pattern was obtained.

Results and Conclusions

In the first scenario, "machinery and equipment" and "motor vehicles" industries, which are medium-high technology industries, were included. In the second scenario, "chemistry and medicine", "electronics and semiconductors", "informatics and software" and "steel industry" industries containing high technology were analyzed. As a result of both scenario analysis, there was an increase in the limited growth rate achieved by energy substitution. However, after the first scenario in which medium-high technology industries were analyzed, it was determined that the economy grew more. In addition, the higher growth rates achieved with the first scenario lead to higher emission and water consumption rates. Therefore, the first scenario seems to have the disadvantage of high water consumption and emission together with the advantage of economic growth.

According to the findings obtained after the analyses, before running the scenarios, the industries that showed the highest growth after the energy substitution were "other raw materials", "electricity, gas and water" and "other services" industries, respectively. As a result of the first scenario, the industries growing the most are "other manufacturing industry" and "other services", while the industries with the highest growth as a result of the second scenario are "electricity, gas and water" and "pharmaceutical and chemical products". "Education", "human health and social service activities" and "construction" industries appear to be the least growing industries after energy substitution and after both scenarios.