



T.C.

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET ANA BİLİM DALI

SANAL SU TİCARETİ: TARIM ÜRÜNLERİ ÜZERİNE TÜRKİYE
İÇİN AMPİRİK BİR UYGULAMA

Doktora Tezi

Sultan SAT

Danışman
Prof. Dr. Harun UÇAK

ALANYA
2023

Sultan SAT

Sanal Su Ticareti: Tarım Ürünleri Üzerine Türkiye
İçin Ampirik Bir Uygulama

ALKÜ 2023

T.C.
ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET ANA BİLİM DALI

SANAL SU TİCARETİ: TARIM ÜRÜNLERİ ÜZERİNE TÜRKİYE İÇİN
AMPİRİK BİR UYGULAMA

Doktora Tezi

Sultan SAT
Uluslararası Ticaret Anabilim Dalı

Danışman
Prof. Dr. Harun UÇAK

ALANYA
2023

Onay sayfası



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmamın Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

.....

Sultan SAT

TEŞEKKÜR

Doktora çalıőmam boyunca her dağıldığımda beni tekrar konuya çeken ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Harun UÇAK'a, tezimin ilk yazım aşamasında motive edici konuőmalarını esirgemeyen arkadaőım Dr. Öğr. Üyesi Vedi TEMİZKAN'a, tezimi okuyarak önerilerde bulunan Arő. Gör. Saliha ÇELİK'e, tezimin analiz kısmında yardımlarını esirgemeyen ve sabırla yardımcı olan hocam Doç. Dr. Yakup ARI'ya çok teşekkür ederim. Tez savunma jürisinde yer alan, pozitif enerjileri ile heyecanımın azalmasını sağlayan ve eleőtirileriyle tezimde katkı sağlayan hocalarım Prof. Dr. Oğuz YILDIRIM, Prof. Dr. Ahmet őAHBAZ ve Doç. Dr. Hasan Bilgehan Yavuz'a teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan dostum, eőim zdemir SAT ve tez yazım aşamasında aramıza katılan büyük motivasyon kaynağım oğlum őems Ali SAT teşekkür ederim.

ÖZET

SANAL SU TİCARETİ: TARIM ÜRÜNLERİ ÜZERİNE TÜRKİYE İÇİN AMPİRİK BİR UYGULAMA

Sultan SAT

Uluslararası Ticaret Anabilim Dalı

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,

Haziran, 2023

Su, küresel boyutta kıt olmaya doğru giden en önemli doğal kaynaklardan biridir. Yapılan çalışmalar gelecekte Türkiye’de yoğun bir su sorunu yaşacağına dikkat çekmektedir. Bu nedenle küresel boyutta olduğu gibi Türkiye özelinde de su tasarrufunun ve güvenliğinin sağlanması çok önemli olmaktadır. Bu durumda, sanal su alternatif bir kaynak olarak görülmekte ve bu ticaret türü önemli hale gelmektedir. Konunun bu öneminden hareketle, Türkiye’de en yüksek su kullanımının tarım sektöründe olması sebebiyle tarımsal ürünlerle gerçekleştirilen sanal su ticaretinin incelenmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu bağlamda bu tez çalışmasının amacı, su sorununa dikkat çekerek Türkiye’de tarımsal ürünler ile gerçekleşen sanal su ticaretini analiz etmektir. Çalışmada tarımsal üretim endeksi, Türkiye GSYH/Dünya GSYH, reel döviz kuru, sulanan alan, sıcaklık, yağış değişkenlerinin sanal su ticaret dengesine (toplam ihracat miktarı/toplam ithalat miktarı) etkisi ekonometrik ve istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Bu kapsamda söz konusu değişkenler ile sanal su ticaret dengesi arasındaki ilişki ARDL sınır testi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada oluşturulan modelde yer alan değişkenlerden sadece GSYH değişkeninin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiş ve modelden çıkarılmıştır. Diğer değişkenlerden sıcaklık, sulanan alan değişkenlerinde pozitif yönlü bir birim değişiminin, sanal su ticaret dengesine pozitif etki edeceği görülmüştür. Bununla birlikte yağış, tarımsal üretim endeksi ve reel döviz kuru değişkenleri ile sanal su ticaret dengesi arasında negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Su Sorunu, Suyun Ekonomi Politikası, Su Kaynaklarının Durumu, Sanal Su Ticareti, Su Ayak İzi

ABSTRACT

VIRTUAL WATER TRADE: AN EMPIRICAL APPLICATION, FOR TURKEY, ON AGRICULTURAL PRODUCTS

Sultan SAT

Department of International Trade

Graduate School of Alanya Alaaddin Keykubat University,

June, 2023

Water is one of the most important natural resources, likely to be scarce in a global extent. Studies made indicate that Turkey encounter an intense water problem in the future. For this reason, it is very important to save water and ensure water safety in Turkey as well as in a global extent. In this case, virtual water is considered as an alternative water source and virtual water trade is becoming important. Based on this importance of the issue, in addition, due to the fact that the highest water use in Turkey is in the agricultural sector, it is essential that the virtual water trade carried out in agricultural products be examined. In this context, the aim of this thesis study is to draw attention to the water problem and to analyze the virtual water trade, carried out with agricultural products, in Turkey. In the study, the effects of Agricultural Production Index, Turkey GDP/World GDP, Real Exchange Rate, Irrigated Area, Temperature, Precipitation variables on virtual water trade balance (virtual water export amount/virtual water import amount) were revealed econometrically and statistically. In this context, the relationship between aforementioned variables and the virtual water trade balance was examined by applying the method of ARDL limit test. It was determined that only the effect of the GDP variable, among the variables in the model created in the study, on the dependent variable was not statistically significant and was excluded in the model. It was observed that a positively directed unit change in the variables of temperature and irrigated area, among the other variables, would have a positive effect on the virtual water trade balance. Furthermore, an avoidant relationship was found between the variables of precipitation, agricultural production index and real exchange rate and virtual water trade balance.

Keywords: Water Problem, Political Economy of Water, Condition of Water Resources,
Virtual Water Trade, Water Footprint



İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK SAYFASI	
ONAY SAYFASI.....	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR.....	5
2.1. Su Döngüsü ve Su Sorunu ile İlgili Temel Kavramlar.....	5
2.1.1. Su döngüsü (Hidrolojik Döngü).....	5
2.1.2. Su Sorunu.....	6
2.1.2.1. Su Sorunu ile İlgili Teorik Çerçeve.....	7
2.1.2.1.1. Piyasacı ve Ticari Yaklaşım.....	8
2.1.2.1.2. Kamu Yönetimi Yaklaşımı.....	8
2.1.2.1.3. Yerelci Yaklaşım.....	8
2.1.2.2. Su Kıtlığı.....	9
2.1.2.2.1. Su Zengini ve Su Fakiri Tanımları.....	10
2.1.2.2.2. Su Kıtılıma Yol Açan Sebepler.....	12
2.1.2.2.2.1. Nüfus Artışı.....	12
2.1.2.2.2.2. Kirlilik.....	12
2.1.2.2.2.3. İleri Teknoloji.....	13

2.1.2.2.2.4. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği.....	13
2.1.2.2.2.5. Kuraklık.....	14
2.2. Suyun Ekonomi Politikası.....	15
2.2.1. Suyun Ekonomik Önemi.....	15
2.2.1.1. Suyun Metalaşması.....	16
2.2.1.2. Su Hakkı ve Su Hakkı Mücadeleleri.....	21
2.2.2. Suyun Stratejik Önemi.....	24
2.2.2.1. Sınır Aşan ve Sınır Oluşturan Sular.....	24
2.2.2.2. Su Savaşları.....	27
2.3. Dünyada ve Türkiye’de Su Kaynaklarının Genel Durumu ve Kullanım Alanları.....	29
2.3.1. Dünyadaki Su Kaynaklarının Genel Durumu ve Kullanım Alanları.....	29
2.3.2. Türkiye’deki Su Kaynaklarının Genel Durumu ve Kullanım Alanları.....	32
2.4. Sanal Su, Sanal Su Ticareti ve Su Ayak İzi	37
2.4.1. Sanal Su Kavramı.....	37
2.4.2. Sanal Su Ticareti.....	40
2.4.2.1. Uluslararası Sanal Su Ticareti.....	40
2.4.2.2. Türkiye’nin Sanal Su Ticareti.....	45
2.4.3. Su Ayak İzi.....	48
2.4.3.1. Küresel Su Ayak İzi.....	53
2.4.3.2. Türkiye’nin Su Ayak İzi.....	56
2.4.4. Sanal Su Ticareti Hesaplamaları.....	60
2.4.4.1. Tarımsal Ürünlerde Sanal Su Ticareti Hesaplamaları.....	60
3. YÖNTEM.....	66
3.1. Literatür Taraması	66
3.2. Ampirik Analiz.....	71
3.2.1. Analizde Kullanılan Yöntem.....	71

3.2.2. Veri Seti Değişkenlerinin Tanımlanması.....	77
3.2.3. Ekonometrik Modelin Tanımlanması.....	80
4. BULGULAR.....	81
4.1. Durağanlık (Birim Kök) Analizi.....	81
4.2. Eşbütünleşme Analizi ve ARDL Sınır Testi.....	83
4.3. Tamsal Test İstatistikleri ve Yorumu.....	90
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	116

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Su Döngüsü.....	6
Şekil 2.2 Küresel Fiziksel ve Ekonomik Su Kıtlığı.....	9
Şekil 2.3 Dünyaki Su Kaynaklarının Genel Durumu.....	30
Şekil 2.4 Tarımda Kullanılan Toplam Suyun Kaynaklarına Göre Dağılımı.....	32
Şekil 2.5 Türkiye'nin Su Bütçesi ve Brüt Su Kaynakları.....	33
Şekil 2.6 Türkiye’de Tarımsal Ürünlerde Sanal Su İthalatı, İhracatı ve Net Sanal Su İthalatı.....	46
Şekil 2.7 Ulusal Su Ayak İzinin Şematik Gösterimi.....	51
Şekil 2.8 Türkiye’de Üretimin ve Tüketimin Su Ayak İzinin Sektörel Dağılımı.....	58
Şekil 2.9 Tüm Ürünler Bazında Su Ayak İzi Değerleri ve Sanal Su Bütçesi.....	59
Şekil 2.10 Net Sanal Su İthalatının Hesaplanması.....	65
Şekil 3.1 Değişkenlerin Logaritmik Zaman Serisi Grafikleri.....	79
Şekil 4.1 Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi.....	84
Şekil 4.2 CUSUM Test Sonucu.....	92
Şekil 4.3 CUSUMQ Test Sonucu.....	92

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Falkenmark Göstergesi	10
Tablo 2.2 Shiklomanow Göstergesi.....	11
Tablo 2.3 Dünyadaki Su Kaynaklarının Kıtalara Göre Dağılımı.....	31
Tablo 2.4 Havzalara Göre Yıllık Ortalama Yüzey Suyu Potansiyeli (2021).....	34
Tablo 2.5 Havzalara Göre Yıllık Yeraltısuyu Potansiyeli (2021).....	35
Tablo 2.6 Bazı Ürünlerin Küresel Ortalama Sanal Su İçerikleri.....	40
Tablo 2.7 Ürünlere Göre Toplam İhracat ve İthalat Yüzdeleri, Sanal Su İhracat ve İthalat Değerleri.....	46
Tablo 2.8 Seçilmiş Bazı Ülkelerin Su Ayak İzi Değerleri.....	54
Tablo 3.1 Veri Seti Değişkenleri.....	77
Tablo 3.2 Değişkenlerin Betimsel İstatistikleri.....	80
Tablo 4.1 Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi Sonuçları.....	82
Tablo 4.2 Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi Sonuçları.....	82
Tablo 4.3 ARDL Yaklaşımı ile Tahmini Uzun Dönem Katsayıları.....	85
Tablo 4.4 ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) Modeli Sınır Testi Sonuçları (Bounds Test).....	86
Tablo 4.5 Hata Düzeltme Modeli Sonuçları.....	90
Tablo 4.6 Tanısal Test Sonuçları.....	91

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

Δ : Fark Operatörü

ea : Gerçek Buhar Basıncı

es : Doygun Buhar Basıncı

G : Toprak Isı Akışı

Gm: Gigametre

T : Gözlem Sayısı

t : Zaman

T : Günlük Ortalama Hava Sıcaklığı

U2 : Günlük Ortalama Rüzgar Hızı

X : Bağımsız Değişken

Y : Bağımlı Değişken

et : Hata Terimi

μt : Hata Terimlerinin Dağılımı

Υ : Pisikrometrik Sabite

Kısaltmalar

ADB: Asya Kalkınma Ajansı

ARDL: Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi

BG: Breusch-Godfrey

BM: Birleşmiş Milletler

DB: Dünya Bankası

BPG: Breusch-Pagan-Godfrey

DSİ: Devlet Su İşleri

DTÖ: Dünya Ticaret Örgütü

ECT_{t-1} : Hata Terimlerinin Bir Dönemlik Gecikmeli Değeri

FAO: Gıda ve Tarım Örgütü

GATT: Gümrük Tarifeleri Genel Anlaşması

GSYH: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

GWP: Küresel Su Ortaklığı

IAWQ: Uluslararası Su Kalitesi Derneği

IBRD: Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası

ICID: Uluslararası Sulama ve Drenaj Derneği

ICWC: Su İş Birliği için Uluslararası Komite

IDA: Uluslararası Kalkınma Ajansı

IFAS: Aral Denizi için Uluslararası Fon

IFC: Uluslararası Finans Kurumu

IMF: Uluslararası Para Fonu (International Monetary Fund)

IUCN: Dünya Doğayı Koruma Birliği

IWMI: Uluslararası Yönetim Enstitüsü

IWRA: Uluslararası Su Kaynakları Birliği

JB: Jarque- Bera

JMP: Ortak İzleme Programı

OECD: Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü

RR: Ramsey Reset

SIWI: Stockholm Uluslararası Su Enstitüsü

SMED: Güney ve Doğu Akdeniz

SSTD: Sanal Su Ticaret Dengesi

TÜSİAD: Türkiye Sanayicileri ve İş Adamları Derneği

UN: Birleşmiş Milletler

UNCCD: Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi

UNDP: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

UNEP: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNESCO: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı
UNICEF: Birleşmiş Milletler Uluslararası Çocuk Acil Yardım Fonu
USAID: Birleşik Devletler Kalkınma Ajansı
WB: Dünya Bankası
WF: Su Ayak İzi
WFN: Su Ayak İzi Ağı
WHO: Dünya Sağlık Örgütü
WMO: Dünya Meteoroloji Örgütü
WTO: Dünya Ticaret Örgütü
WWAP: Dünya Su Değerlendirme Programı
WWC: Dünya Su Konseyi
WWF: Doğal Hayatı Koruma Vakfı

1. GİRİŞ

İnsan, doğa içinde yaşayan ve doğayla sürekli etkileşim halinde olan bir varlıktır. İnsana ilişkin bu belirleme, görünüşte doğru görünse de insanın bütünü kuşatan bir belirleme olmaktan uzaktır. Çünkü insanın bir ayağı doğada ise, diğer ayağı, kültür yaratan ve bir kültür içerisinde yaşayan olması itibariyle doğanın dışındadır. İnsanın, doğa ve kültür arasındaki dengeyi kurduğu ölçüde, doğayla barışık olduğu söylenebilir. Fakat moderniteyle birlikte özne-nesne ikiliği keşfedildiğinde doğa ile insan arasındaki mesafe açılmıştır. Bu mesafe zemininde kurulan özne-nesne ikiliğinde doğa, kendinde anlamını yitirmiş; insan bağlamında bir anlam kazanmıştır. Bundan böyle doğa bir öznenin nesnesi, başka bir deyişle insanın amaçlarının bir aracı olduğu ölçüde anlamlıdır.

Doğanın nesneleşmesi sanayi devrimiyle birlikte görünür olmaya başlamıştır. Üretim araçlarındaki radikal bir değişimin ifadesi olan sanayi devriminde keşfedilen bu araçlarla insanın doğaya tahakküm süreci başlamıştır. Bu tahakküm sürecinde insan doğanın bir tezahürü olduğunu unutmuş, giderek doğal süreçlerin önünde bir engel konumuna gelmiştir. Ekolojik toplum anlayışını benimseyen Bookchin (2013), eylemlerimizin hangilerinin doğal evrimin atılımına hizmet ettiğini, hangilerinin onu engellediğini ayırt etmenin önemini vurgulamaktadır. Bu süreçte evrim atılımını engelleyen eylemler doğadaki sınırlı kaynakların giderek kıtlaşmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda su, küresel boyutta kıt olmaya doğru giden en önemli doğal kaynaklardan biridir. Genel olarak çevre sorunları kavramı iç içe geçmiş sorunları anlatsa da bu sorunlar içerisinde tüm insanlığı ilgilendiren önemli sorun, yaşamın devamı için zaruri olan ve ikamesi mümkün olmayan su sorunu olmuştur.

Su, insanlık tarihi boyunca, insanın bütün eylemlerinde belirleyici bir konumda olmuştur. Nitekim tarihte en eski uygarlıkların nehirlerin yakınında kuruldukları görülmektedir. Uygarlıklarla su arasında karşılıklı etkiler söz konusu olmuş ve yaşam biçimleri de bu etkilerden dolayı değişmiştir. Günümüze gelindiğinde kullanılabilir suya erişim gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bir ülkede birtakım niteliksel ve niceliksel olumsuzluklardan dolayı ortaya çıkan su sorunu, artan küreselleşmenin etkisi ile kelebek etkisi göstererek başka ülkelere de yayılmaktadır. Bu durum su sorununu yerel bir sorun olmaktan çıkarmakta ve küresel bir sorun haline getirmektedir. Geçmişten günümüze içilebilir suyun kullanımına, erişimine ve güvenliğine ilişkin çok sayıda

araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar, kaynaklarının nitelik ve nicelik açısından durumunun iyileştirilememesi durumunda yakın gelecekte dünyanın önemli bir bölümünün su sorunuyla karşılaşabileceğini göstermektedir.

Su kaynaklarının kıtlığı, temelde insan müdahalesiyle ortaya çıkan bir olgudur. Bu müdahale kendini küresel iklim farklılaşması, hızlı nüfus artışı, artan tüketim, gelişen teknoloji, artan fosil yakıt kullanımı vb. şekillerde göstermektedir. Suyun metalaşması kavramı bu kıtlığı önlemek adına ortaya çıkmıştır. Bu kavram kıtlığı önlemek adına suyun bir fiyatı olması gerektiğini öngörmektedir. Kimilerine göre, suyun metalaşması insanın doğaya daha üst düzeyde müdahalesi olup, kısa vadede olmasa bile, uzun vadede su kıtlığının daha fazla artmasına neden olacaktır. Bu düşüncüyü savunanlar, Marx'ın, görece artı değer üretiminin yeni tüketimlere sebep olacağı bu şekilde yeni ihtiyaçların üretileceği ve yeni kullanım değerlerinin keşfedileceği görüşünden hareket etmektedirler (Yılmaz, 2013).

Literatürde küresel ve bölgesel ölçekte suyun daha etkin ve verimli kullanımı ile tasarruf sağlanabileceği görüşünü savunan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar arasında özellikle sanal su kavramına ilişkin çalışmaların son yıllarda giderek arttığı görülmektedir. Bu kavram, dünya genelinde ticaret politikalarının serbestleştirilmesi sonucu ülkeler ve bölgeler arasında gerçekleşen ürün akışlarının aynı zamanda taraflar arasında "gömülü" olarak su kaynaklarının da transferine yol açtığını ifade etmektedir. Söz konusu ürün akışlarının su kaynakları açısından zengin olan veya üretim süreçlerinde bu kaynakları daha etkin ve verimli kullanan ülkelere, kaynakları kısıtlı veya verimsizlik oranları görece daha düşük ülkelere doğru gerçekleşmesi durumunda bir yandan sınırlı kaynaklar üzerindeki baskı hafifletilmekte bir diğer yandan da önemli miktarda su tasarruf edilebilmektedir. Sanal su kavramı, uluslararası ticarete ürün akışlarının ekonomik ve politik gerekçeler kadar çevresel, ekolojik ve sosyo-ekonomik gerekçelerle de düzenlenmesi gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Küresel ısınma, nüfus artışı, beslenme alışkanlıklarındaki değişimler vb. sayısız faktörün etkisiyle her geçen gün küresel ölçekte kıt bir doğal kaynak haline gelen su kaynakları üzerindeki baskının azaltılması ve bu kaynakların etkin yönteminin sağlanmasında sanal su kavramı, özellikle son yıllarda önemli bir alternatif olarak görülmeye başlanmıştır.

Küresel ölçekte en yüksek su kullanım oranı %69 ile tarım sektörüne aittir (UNESCO, 2021). Bu nedenle kaynakların etkin yönetimi ve verimli kullanımı ile su tasarruflarının sağlanmasında tarım sektörü ayrı bir öneme sahiptir. Bu sebeple literatürde yer alan çalışmalarda ağırlıklı olarak tarım ürünlerinin ticaretindeki “gömülü su kaynakları” başka bir ifade ile sanal su ticareti üzerinde durulmaktadır. Ampirik bulgular tarım ürünleri ticaretinin ülkeler ve bölgeler arasında hatta ülke içindeki akışlarında bile su verimliliği yüksek yerlerden verimin daha düşük olduğu yerlere doğru gerçekleşmesi durumunda ciddi bir tasarruf potansiyeli olduğunu göstermektedir (Hoestra & Hung, 2005). Bununla birlikte mevcut literatür ağırlıklı olarak sanal su akışlarının hacimsel hesaplamaları üzerine odaklanmaktadır. Söz konusu akışların ekonomik, tarımsal ve iklimsel faktörlerle ilişkili sergilemiş oldukları kalıplar ise genellikle ihmal edilmektedir. Literatürde yer alan sınırlı sayıda çalışma, sanal su akışlarını hesapladıktan sonra, bu konuyla ilgili ticareti ekonomik açıdan değerlendirmiştir. Konunun önemine rağmen, Türkiye’de yapılan çalışmaların da azlığı dikkat çekmektedir. Diğer taraftan Falkenmark İndeksi’ne göre de, Türkiye su kıtlığına doğru gitmektedir. Bu sebeple, böyle bir tehlikenin olduğu bir ortamda, suyun en çok kullanıldığı sektörlerden biri olan tarım sektöründe gerçekleşen sanal su ihracat ve ithalatının hesaplanmasına, ticaret dengesi ile bazı değişkenlerin ilişkisinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu tezin amacı, su sorununa dikkat çekerek Türkiye’nin tarım ürünleri ticaretindeki sanal su ticaretinin ampirik olarak analizini yapmaktır. Bu bağlamda suyun çok yönlü doğasının anlaşılmasının yanı sıra tarımsal ürünlerin ihracat ve ithalatına konu olan sanal su kavramının iklimsel, ekonomik, tarımsal değişkenler ile uzun dönemli ilişkisi 1970-2019 dönemi yıllık zaman serisi verileri kullanılarak ARDL Sınır Testi yaklaşımı ile incelenmiştir.

Bu tez çalışması, beş bölümden oluşmaktadır. Tezin birinci bölümünde giriş başlığı altında konuya ilişkin genel bir çerçeve sunulmuştur. İkinci bölümde su döngüsü, sorunu ve ekonomi politikası ile ilgili temel kavramlar açıklanarak kavramsal ve teorik çerçeve oluşturulmuştur. Bu teorik çerçeve zemininde Dünyada ve Türkiye’de su kaynaklarının genel durumuna değinilmiştir. Bu bölümde ayrıca sanal su ticareti ve su ayak izi kavramları tüm yönleriyle ele alınmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, Türkiye’de tarımsal ürünler ile gerçekleşen sanal su ticareti sıcaklık, yağış, tarımsal üretim endeksi, GSYH, reel döviz kuru, sulanan alan değişkenleri ile analiz edilmiştir.

Dördüncü bölümde ampirik bulgulara yer verilmiştir. Beşinci bölüm araştırmanın tartışma, sonuç ve öneri bölümüdür. Bu bölümde elde edilen veriler değerlendirilerek, önerilerde bulunulmuş ve çalışma sonlandırılmıştır.



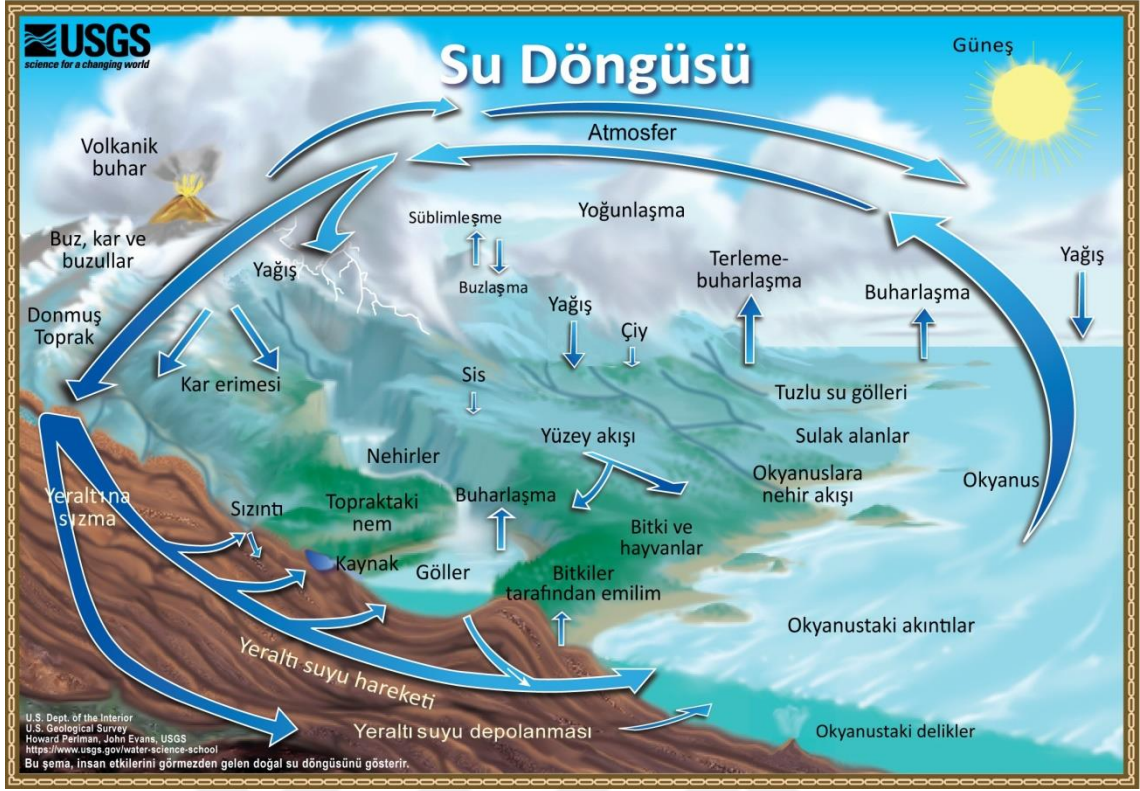
2. LİTERATÜR

2.1. Su Döngüsü ve Su Sorunu ile İlgili Temel Kavramlar

Su sorununun belirleyenleri su döngüsünün değişik aşamalarında çeşitli sebeplerle ortaya çıkan bozulmalarda ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden suya ilişkin sorunların anlaşılması için su döngüsünün bütün aşamalarıyla ortaya konması zorunlu görünmektedir.

2.1.1. Su Döngüsü (Hidrolojik Döngü)

Hidrolojik çevrim süreci suyun sürekli hareketini ifade etmektedir. Bu sürekli hareket dört ayak üzerinden tanımlanmaktadır. Bunlar yağış, yüzeysel akış, yeraltı suları, buharlaşma-terlemedir (Tomanbay, 2008). Hidrolojik döngüye bir başlangıç noktası tayin etmek gerekirse bu başlangıç noktası güneştir. Güneş, su zerreciklerinin okyanuslar ve kıtalardan buharlaşma yoluyla gökyüzüne çıkmasını ve bulutların oluşmasını sağlamaktadır. Bulutlar hava akımlarıyla hareket etmekte ve bu harekette bulut zerrecikleri bir araya gelerek yağış olarak yeryüzüne düşmektedir. Bazı yağışlar, kar olarak yeryüzüne geri dönmekte ve uzun süre kalan buzulları oluşturmaktadır. Okyanuslara ya da karalara düşen sular yerçekiminin etkisiyle akmaktadır. Karalara düşen yağışların bir bölümü, toprak ve bitki örtüsü yüzeylerinden terleme ve buharlaşma sonucu bitkiler aracılığı ile atmosfere geri dönmektedir. Yağışların bir kısmı nehirlerle ve nehirler vasıtasıyla okyanuslara doğru hareket etmektedir. Ancak yüzey akışlarının tümü nehirlerle ulaşamamakta, sızarak yer altına geçmektedir. Bunların bir kısmı yüzeye yakın kalmakta ve yeraltı suyu olarak tekrar yüzeye çıkmaktadır. Sığ yeraltı suyu, bitki kökleri tarafından alınmakta ve yaprak yüzeyinden terlemeyle atmosfere geri dönmektedir. Yeraltına sızan suyun bir kısmı daha derinlere giderek tatlı su deposunu oluşturmakta ve bir kısmı da okyanuslara karışmaktadır. Toprak yüzeyi, bitki örtüsü ve atmosfer arasında sürekli tekrarlanan bu hareket, su çevrimi (su döngüsü ya da hidrolojik döngü) olarak isimlendirilmektedir. Söz konusu hidrolojik döngü Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Su döngüsü

Kaynak: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclturkish.html#global>

Hidrolojik döngünün en önemli belirleyeni yağışlardır. Yeryüzüne yılda ortalama 108.000 km^3 yağış düşmekte olup, bu miktarın 64.000 km^3 'ü buharlaşma ile atmosfere döndüğü, 44.000 km^3 'ünün döngüsünü tamamlamak üzere deniz ve okyanuslara aktığı tahmin edilmektedir. Dünyada hidrolojik döngüye giren tatlı su kaynağının bir bölümü insanların ulaşamayacağı Amazon ve Kongo nehir havzaları, Alaska ve Sibiry gibi hayat koşullarının çok zor olduğu bölgelerde yer almaktadır (Bilen, 2009).

2.1.2. Su sorunu

Günümüzde su kaynaklarının sürdürülebilirliği tüm dünyanın sorunu haline gelmiştir. Bu sorun öncelikli olarak çevresel sorun gibi görünse de sosyal, ekonomik, politik boyutları olması itibariyle oldukça geniş bir alana yayılmaktadır.

2.1.2.1. Su Sorunu İle İlgili Teorik Çerçeve

Günümüzde en çok tartışılan çevresel sorunlardan biri su sorunudur. Çünkü kullanılabilir suya erişim gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Mevcut üretim, tüketim, iklimsel değişimler ve uluslararası ticarete liberalleşme daha önce yerel bir sorun olarak görülen bu sorunu küresel ölçeğe taşımıştır. Yukarıda ifade ettiğimiz gibi çok kapsamlı olan bu sorun suya erişim, suyun miktarı, kalitesi, paylaşımı, gelecek nesillere aktarımı vb. gibi fiziksel boyutlarının yanında politik, ekonomik, hukuksal ve sosyal boyutlarıyla çeşitli şekillerde incelenmektedir.

Dengesiz ve sağlıklı su dağılımı uluslararası kamuoyunda bir sorun olarak algılanmaya başlanmış ve 1993 yılından başlayarak BM (Birleşmiş Milletler) Genel Kurulunun aldığı bir kararla her yıl 22 Mart 'Dünya Su Günü' olarak kabul edilmiştir. Su sorununu kendine konu edinen çeşitli uluslararası kuruluşlar bulunmaktadır. Bu kuruluşlar; FAO (Gıda Tarım Örgütü), UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı), WHO (Dünya Sağlık Örgütü), WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü), UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı), IWRA (Uluslararası Su Kaynakları Derneği), ICID (Uluslararası Sulama ve Drenaj Derneği), IAWQ (Uluslararası Su Kalitesi Derneği), IUCN (Dünya Doğayı Koruma Birliği)'dir. 1996 yılında bu birlikler arasında eşgüdüm sağlayacak iki önemli örgüt kurulmuştur. Bunlardan ilki Küresel Su Ortaklığı (Global Water Partnership- GWB)'dir. GWB Stokholm'de Dünya Bankası desteği ile kurulmuş olup, bu ortaklığın amacı gelişmekte olan ülkelerdeki su sorununa yönelik çalışmalar yapmak ve çözümler bulmaktır. İkinci örgüt ise, merkezi Marsilya'da bulunan Dünya Su Konseyi (World Water Council WWC)'dir. Bu konsey suya ilişkin küresel nitelikte politikalar ve stratejiler oluşturmayı amaçlamaktadır (Tomanbay, 2008).

Dünyada suya erişim için gerekli hizmetler geliştirilmesine rağmen, suyun yeryüzündeki eşitsiz dağılımından ötürü tüm insanlara aynı kalite ve miktarda hizmet sağlanamamaktadır. Doğadaki eşitsiz dağılımının sebep olduğu kullanıma ilişkin sorunu çözmek ve artan nüfusa bağlı olarak evsel kullanımdaki artıştan dolayı farklı yaklaşımlar (piyasacı yaklaşım, kamu yaklaşımı, yerelci yaklaşım) ortaya çıkmıştır (Kılıç, 2009). Bu yaklaşımlar temel olarak suyun ekonomik, politik, etik ve sosyal yönleri üzerinde durmaktadır.

2.1.2.1.1. Piyasacı ve Ticari Yaklaşım

Bu yaklaşıma göre, su ekonomik açıdan ele alınmalı ve ticari bir mal olarak değerlendirilmelidir. Piyasacı yaklaşımın suyu bir meta olarak gören görüşü, üç temel teze dayanmaktadır. Birinci tezde dağıtım hizmetleri belirli bir maliyet içeren suyun, bu hizmetlerde olabilecek eksikliklerin giderilmesi için fiyatlandırılması gerektiği, ikinci tezde söz konusu hizmetlerin özel sektöre devredilmesi, üçüncü tezde ise, kaynakların özel mülkiyete açılması öngörülmektedir. Bu üç temel tez, yaşamsal değere sahip olan suyun bir meta olarak işlem görmesinin yolunu açmıştır (Kılıç, 2009).

2.1.2.1.2. Kamu Yönetimi Yaklaşımı

Bir mal veya hizmet herkes tarafından kullanılabilir olduğunda kamu malı olarak adlandırılmaktadır. Malların bu şekilde herkes tarafından kullanılması tüketiciler arasında rekabeti engellemektedir. Kamu yönetimi yaklaşımına göre, su kamu tarafından fiyatlandırılmalı, kaynakların mülkiyeti ve bu kaynaklar üzerindeki her türlü hak kamuya ait olmalıdır. Bu sebeple bu yaklaşım suyu özel mülkiyete açan ve böylelikle tüketiciler arasında rekabeti öngören piyasacı yaklaşıma karşı çıkmaktadır (Swyngedouw, 2005).

Keynesyen ekonomik politikaların 1929'da yaşanan ekonomik bunalımla giderek genişleyen etki alanı su sektörünü de içine almıştır. Bu politikalar sonucunda bu sektör de birçok sektör gibi kamusal hizmet alanına girmiştir. Bu dönemde gerçekleştirilen altyapı zemininde yaratılan iş olanakları ile tüketim canlandırılmış, ayrıca yatırım mallarına olan talebin artışıyla üretim artmış ve böylelikle ekonomik gelişme söz konusu olmuştur. Ancak 1970'li yıllarda Keynesyen ekonominin önemini yitirmeye başlamasıyla birlikte su sektöründe kamunun ağırlığı azalmaya başlamıştır (Swyngedouw, 2005).

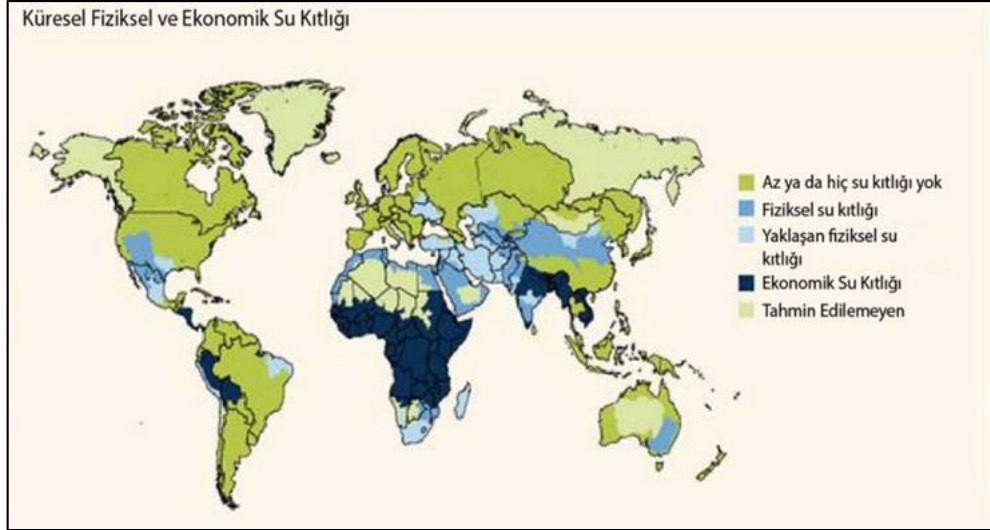
2.1.2.1.3. Yerelci Yaklaşım

Yerelci yaklaşım, kamu yönetimi yaklaşımına benzer şekilde su hizmetlerinin kamu tarafından sağlanması gerektiği savunmaktadır. Bu yaklaşım kamu yönetimi yaklaşımından farklı olarak, merkeziyetçi strateji yerine yerel stratejii savunmaktadır. Yerelci yaklaşıma göre, suyun yönetimi ve denetimi yerel yönetimlerce gerçekleştirilmelidir (Çınar, 2006). Bu şekilde daha etkin ve verimli su yönetimi sağlanabilecektir.

2.1.2.2. Su Kıtlığı

Su sorununun en önemli ayağı olan kıtlık, ülkeler için sürdürülebilir kalkınmanın önündeki başlıca engellerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda su kıtlığı, küresel ölçekte yaşamı tehdit eden faktörlerden biri haline gelmiştir. Birleşmiş Milletler'in 2018 yılında açıkladığı Su Kalkınma Raporu'na göre; 2 milyardan fazla insanın suya erişim olanağı bulunmamaktadır. Ayrıca bu raporda 2030 yılına kadar söz konusu kıtlığın %40 seviyelerine yükseleceği öngörülmektedir (UNESCO, 2021).

Su kıtlığı, fiziksel ve ekonomik olmak üzere iki boyutta değerlendirilmektedir. Fiziksel kıtlık, su mevcudiyetindeki mevsimsel değişiklikler sonucu ortaya çıkmaktadır. Yaklaşık dört milyar insan, yılda en az bir ay şiddetli fiziksel su kıtlığı olan bölgelerde yaşamaktadır. Ekonomik su kıtlığı, fiziksel olarak mevcut olmasına rağmen kaynağa erişim için gerekli altyapının olmaması durumunu ifade etmektedir. Bununla birlikte yaklaşık 1,6 milyar insan da ekonomik su kıtlığı ile karşı karşıyadır (UNESCO 2021). Şekil 2.2'de küresel fiziksel ve ekonomik su kıtlığı gösterilmektedir:



Şekil 2.2 Küresel fiziksel ve ekonomik su kıtlığı

Kaynak: WWAP, 2012

Şekil 2.2'de görüldüğü üzere ekonomik su kıtlığı, Afrika'nın büyük bir bölümü ve Hindistan'da diğer yerlere nazaran daha fazladır. Fiziksel su kıtlığı ise, Orta Doğu, Asya kıtası, Amerika kıtası, Türkiye, Güney Afrika ile Avrupa ülkelerinin belirli bir kısmında görülmektedir.

2.1.2.2.1. Su Zengini Ve Su Fakiri Tanımları

Su kaynaklarının yeryüzündeki dağılımı eşit değildir. Kıtalar, ülkeler, şehirler ve kırsal alanlarda dağılımda önemli farklılıklar olduğu gözlenmektedir. Bu durum ise su zengini ve fakiri ülkelerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır.

Bir ülkenin su zengini veya fakiri olarak tanımlanmasındaki temel ölçüt, o ülkedeki kişi başına yıllık ortalama su miktarıdır. Bu miktar, ülkenin uzun yılları içeren ortalama toplam su miktarının, ülkenin nüfusuna bölünmesiyle elde edilmektedir. Bulunan değerler eşik değerler ile karşılaştırılarak ülkenin su zengini ya da fakiri olma durumu belirlenmektedir. Günümüzde su kıtlığı eşiğini belirlemek için "Falkenmark Göstergesi" ile "Shiklomanov Göstergesi"nden yararlanılmaktadır. Bu göstergeler su kaynakları üzerindeki baskıyı tanımlamaktadır. Falkenmark Göstergesi, Shiklomanov Göstergesi'ne kıyasla daha yalın olduğu için daha fazla kullanılmaktadır. Ülkelerin toplam nüfusunu ve su potansiyelini ilişkilendiren Falkenmark Göstergesi, tüm sektörlerin su gereksinimlerini ve çevrenin ihtiyaçlarına ilişkin tahminleri göz önünde bulundurmaktadır. Bu göstergeye göre, kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde kişi başına asgari içme ve kullanma suyu tüketimi günlük 100 litre, tarım ve sanayi suyu ihtiyacı ise 500-2000 lt olarak kabul edilmektedir. Su kaynakları üzerinde baskının hissedileceği değer kişi başına yılda 1700 m³ olarak belirlenirken kişi başına yıllık tüketim miktarının 1000 m³'ün altına inmesi halinde bu ülke su yoksulu olarak nitelendirilmekte ve bu durumun ekonomik kalkınma ve refah üzerinde etkili olabileceği kabul edilmektedir. Bu değer 500 m³ altında olması durumunda da ciddi sorunlar ile karşılaşılacağı kabul edilmektedir. Falkenmark, Lundqvist ve Widstrand (1989)'m önermiş bu ölçütü Dünya Su Konseyi tarafından da kabul edilmiştir. Falkenmark indeksinde kişi başına düşen su miktarına göre su stresinin olup olmadığı ve su stresi söz konusu ise derecesinin ne olduğunun sınıflandırması yapılmaktadır. Bu göstergeye göre sınıflandırmalar Tablo 2.1'de gösterilmektedir:

Tablo 2.1 Falkenmark göstergesi

Sınıflandırma	Su Varlığı
Su baskısı yok (No stress)	>1700
Su baskısı (Stress)	1000-1700
Yoğun su baskısı (Scarcity)	500-1000
Mutlak su baskısı (Absolute scarcity)	<500

Kaynak: Falkenmark, Lundqvist ve Widstrand, 1989

Su kıtlığı eşiğine ilişkin bir diğer gösterge olan Shiklomanow Göstergesi'ne göre sınıflandırma Tablo 2.2'de gösterilmektedir:

Tablo 2.2 Shiklomanow göstergesi

Sınıflandırma	Su Miktarı(m ³ /kişi/yıl)
Olağanüstü az	< 1000
Çok az	1000-2000
Az	2000-5000
Vasat	5000-10000
Vasat üstü	10000-20000
Yüksek	20000-50000
Çok yüksek	> 50000

Kaynak: Shiklomanov, 1991 aktaran Bilen, 2009

Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de görülebileceği üzere, Falkenmark Göstergesi" ile "Shiklomanov Göstergesi birbirinden farklıdır. Falkenmark göstergesi, temel ihtiyaçlar için asgari su miktarını, 1700 m³/kişi/yıl olarak belirtmektedir. Shiklomanov Göstergesinin eşik değerleri Falkenmark Göstergesi'ne göre daha yüksektir. Shiklomanov Göstergesi, ihtiyaçlardan bağımsız olarak iklim koşullarına bağlı olarak brüt su potansiyelini dikkate almakta ve miktarı bu şekilde belirtmektedir (Bilen, 2009).

Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, iklim ve nüfus farklılıklarına göre kişi başına düşen su miktarı değişmektedir. Genel olarak bir insanın zorunlu ihtiyaçlarını karşılaması ve yaşamını sürdürebilmesi için, günde en az 25 litre su tüketmesi gerektiği kabul edilmektedir. Ancak modern insanın artan ihtiyaçlarından dolayı gerekli su miktarı kişi başına günlük 150 litre olarak kabul edilmektedir (Günaydın, 2009). Ülkeler kişi başına düşen günlük su tüketimlerine göre kıyaslandığında listenin başında 580 litre tüketim ile ABD gelmektedir. ABD'nin ardından sırasıyla Avustralya (500lt), İtalya (380lt), Japonya (375lt), Meksika (365lt), İspanya (320lt), Norveç (300lt), Fransa (280lt), Avusturya (245lt) ve Danimarka (200lt) gelmektedir. Bu verilerden görüldüğü üzere dünyada kişi başına en fazla su tüketen ilk on ülke gelişmiş ülkelerdir. Özetle, ABD'li bir kişi Kamboçya, Etiyopya, Haiti vb. gelişmekte olan ülkelerde 20 lt civarında olan günlük su tüketiminin 29 katını tüketmektedir (İlhan, 2011).

Bazı ülkeler yeterli su kaynaklarına sahip olmalarına karşın alt yapılarının yetersiz olması nedeniyle sahip oldukları bu kaynaklarından çok düşük düzeyde faydalanabilmektedir. Örneğin, Mozambik'te kişi başına yıllık ortalama su miktarı 11.814 m³ iken kişi başına içme ve kullanma suyu tüketimi 1,8 m³ ve Etiyopya'da kişi

başına yıllık ortalama su miktarı 1749 m³ iken içme ve kullanma suyu tüketimi 5,5 m³, tır. AB üyesi ülkelerde içme ve kullanma suyu tüketimleri kişi başına yılda 90-120 m³ olarak değişmektedir. Bununla birlikte mutlak su yoksulluğu yaşayan Kuveyt, Birleşik Arab Emirlikleri, Libya, Suudi Arabistan vb. ülkeler de bulunmaktadır. Bu ülkelerde 2003 yılı verilerine göre, kişi başına yıllık su miktarı sırasıyla 10 m³, 58 m³, 113 m³, 118 m³'tür. Petrol zengini bu ülkeler ihtiyaçlarının çok büyük bir bölümünü yüksek maliyetli bir sistem olan deniz suyunu arıtma yolu ile karşılamaktadır (Bilen, 2009).

2.1.2.2.2. Su Kıtlığına Yol Açan Sebepler

Su kıtlığının temel nedenleri artan nüfus, kirlilik, teknolojik ilerleme, küresel ısınma ve kuraklık olarak belirtilmektedir. Su kıtlığını açıklayan yaklaşımlar temelde bu nedenlerden hangisini baz aldıklarına göre farklılık göstermektedir.

2.1.2.2.2.1. Nüfus Artışı

Daha önce de belirtildiği üzere su kıtlığının temel nedeni, kaynakların yeryüzündeki orantısız dağılımıdır. Bununla birlikte su zengini olan ülkelerde de kıtlık sorunu yaşanabilmektedir. Söz konusu olan ülkelerdeki bu kıtlığın temelinde ise nüfus artışı yer almaktadır. Son yüzyılda dünya nüfusu 3 kat artarken su talebi 7 kat artış göstermiştir. Bu durum su kaynakları üzerinde ciddi bir baskı oluşmasına yol açmaktadır. Bu durum temelde mevcut arzın artan nüfusun talebini karşılamada yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır (USİAD, 2007). Hızlı nüfus artışı aynı zamanda atmosfere salınan sera gazı miktarının da artmasına yol açmaktadır. Artan sera gazı salınımları küresel ısınma sürecini hızlandırmakta ve su kaynakları üzerindeki mevcut baskının daha da artmasına yol açmaktadır.

2.1.2.2.2.2 Kirlilik

Hidrolojik döngünün farklı aşamalarında suya karışan maddeler, onun fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını değiştirerek kirliliğin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu kirlilik sonucu bir yandan insanların tüketebileceği tatlı su kaynakları azalmakta bir diğer yandan su ekosistemi bozulmaktadır. Bu ekosistemdeki söz konusu bozulma sonucu suların kendi kendini temizleme kapasitesi düşmekte ve buna bağlı olarak doğal denge bozulmaktadır (Tomanbay, 2008).

Günümüzde tarım arazilerinde verimliliği artırmaya yönelik gübreleme ve ilaçlama faaliyetlerinin sebep olduğu kirlilik tatlı su kaynakları üzerindeki tehdidi ciddi boyutlara taşımıştır. Bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan kimyasal maddeler özellikle yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Kaynaklardaki bu kirlenme giderek telafisi mümkün olmayan boyutlara ulaşmakta ve bu durum büyük bir tehlike arz etmektedir. Bununla birlikte gelişen teknoloji ile arıtma tekniklerinde kaydedilen ilerlemeler kirlenen kaynakların eski haline dönmesini sağlayabilmektedir (Tomanbay, 2008). Bu bağlamda arıtma, kirliliği önlemede önemli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ancak dünya nüfusunun sadece %71'inin temiz ve güvenli içme suyuna erişimi olduğu gerçeği, bu arıtma tekniklerinin yeteri kadar yaygın olmadığını göstermektedir. Arıtma tekniklerinin yaygın olmayışının temel sebebi, bu tekniklerin maliyetli olmasıdır. Özellikle düşük gelirli ülkelerde arıtma tekniklerinden faydalanamamaları yüzünden ciddi bir su kirliliği yaşanmaktadır. Örneğin Afrika ülkelerinde nüfusun %60'ından daha azı temiz suya erişebilmektedir. Bu durum, yüksek maliyet nedeniyle sağlıklı su ve sanitasyon hizmetlerinden yoksun kalan bu ülkelerde sıtma, kolera gibi çeşitli salgın hastalıklara yol açabilmektedir (Şahin, 2016).

2.1.2.2.2.3. İleri Teknoloji

Küresel su krizinin önlenmesi amacıyla ileri teknoloji olarak kabul edilen baraj, derivasyon ve desalinasyondan yararlanılmaktadır. Barajlar, suyun belirli bir yerde toplanılarak elektrik enerjisi üretiminde ve bölgenin ihtiyacı için kullanılması esasına dayanmaktadır. Derivasyon kavramı suyun havzalar arası taşınmasını ifade etmektedir. Böylelikle kaynakların su zengini havzalardan yoksun olan havzalara taşınması suretiyle belli bir bölgedeki kıtlık da çözülmüş olmaktadır. Desalinasyon kavramı ise, kullanma ve içme suyu elde etme amacıyla deniz suyunun arıtılması işlemini ifade etmektedir. Su kıtlığı ve kirliliği sorunlarının çözümünde ileri teknoloji önemli kazanımlar sağlamakla birlikte bu teknolojilerin kullanımı bir takım olumsuzluklara yol açabilmektedir (Barlow, 2009). Örneğin, barajlar belirli bir bölgedeki su ve enerji ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemli bir işlev üstlenmekle birlikte uzun vadede su ekosistemine zarar verebilmekte ve zorunlu göçlere yol açabilmektedir.

2.1.2.2.2.4. Küresel Isınma Ve İklim Değişikliği

Küresel ısınma sürecinin sıcaklık değerlerindeki artışa ek olarak küresel ölçekte yağış miktarında da bir artışa yol açması beklenmektedir. Zira küresel ısınma

buharlaşmayı artıracak ve artan buharlaşma da yağışa yol açacaktır. Yağış artışı ile birlikte küresel su rezervleri de öncelikle artış gösterecektir. Ancak düzensiz yağışlar ve bu yağışların yol açacağı bölgesel iklim farklılaşmaları önemli bir sorun teşkil etmektedir. Çünkü bu durum, dünyanın daha önce yağışlı ve tarıma elverişli bölgelerinde yağışların azalmasına ve kuraklık sorununa yol açacaktır. Bununla birlikte daha önce az yağışlı ve tarıma uygun olmayan bölgelerde ise daha fazla yağış söz konusu olacağından bu alanların verimli tarım arazilerine dönüşmeleri de mümkündür (Tomanbay, 2008). Türkiye özelinde de iklim değişikliğine bağlı yağışlarla bölgesel farklılıklar meydana geleceği ve özellikle ülkenin güney yarısında yağışların azalacağı öngörülmektedir. Bu durumda özellikle güneydeki havzalarda su potansiyelinin düşmesi ihtimal dâhilindedir.

2.1.2.2.2.5. Kuraklık

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), kuraklığı uzun süren yağış azalması olarak ifade ederken; Birleşmiş Milletler Kuraklık ve Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi'nde (UNCCD) kuraklık, yağışların kaydedilmiş normal seviyelere göre belirgin biçimde azalmasıyla ortaya çıkan doğal bir durum olarak ifade edilmektedir (Şahin ve Kurnaz, 2014). Kuraklığa ilişkin bu genel ölçütler kuraklığı herhangi bir yerde teşhis edebilir, fakat bu ölçütler kuraklığın sebepleri hakkında bilgi vermekten uzaktır. Bu yüzden kuraklığı farklı kategorilerde düşünme ihtiyacı doğmuştur. Buna göre kuraklık kaynaklandığı sebepler bakımından meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak dört kategoride sınıflandırılmaktadır (Mishra & Singh, 2010). Bütün kategorilerde yağışın azlığı bağımsız değişken konumundadır.

Meteorolojik kuraklık genel olarak bir bölgedeki yağış azalması ya da uzun süre yağış olmaması sonucu ortaya çıkan kuraklık tipini ifade ederken, tarımsal kuraklık tarımsal ürünlerde verim düşüşlerine neden olacak şekilde tarımsal arazilerin ve ürünlerin su ihtiyacının karşılanmaması olarak değerlendirilmektedir. Hidrolojik kuraklık ise, yağış eksikliği sonucu yüzey ve yeraltı su kaynaklarında azalmayı ifade etmektedir. Hidrolojik kuraklık diğer kuraklıklardan farklı olarak genellikle bir akarsu havzası ölçeğinde tanımlanmaktadır (Wilhite & Glantz, 1985). Diğer bir kuraklık türü olan sosyo-ekonomik kuraklık, suyun bir ekonomik girdi olarak, talep edildiği kadar mevcut olmaması durumunu ifade etmektedir (Şahin ve Kurnaz, 2014). Sosyo-

ekonomik kuraklık diğer kuraklık türleri gibi yağış azlığına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Fakat bu kuraklık türünde insan müdahalesi diğer türlere kıyasla daha fazla etkili olmaktadır.

Yarı kurak iklim bölgesi olan Türkiye’de son yıllarda meteorolojik kuraklık dikkat çekmektedir. Türkiye bağlamında gerçekleştirilen iklim değişikliği projeksiyonlarına göre; sıcaklığın ülke genelinde yükseleceği ve yağışların özellikle ülkenin güney yarısında azalacağı öngörülmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı için hazırlanan kuraklık haritasına göre; Türkiye’de Doğu ve Güneydoğu Bölgesi başta olmak üzere birçok bölgede şiddetli meteorolojik kuraklık yaşanmıştır. 2021 yılı ise son 20 yıl içerisinde en kurak yıl olmuştur (<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB>).

2.2. Suyun Ekonomi Politikası

Su ekonomide neredeyse her sektörde temel girdi olarak kullanıldığı için, önemli bir ekonomik değere sahip olmaktadır. Küresel ölçekte gözlenen su kıtlığıyla katlanan bu ekonomik değer aynı zamanda suyun stratejik değerini ve önemini de artırmaktadır. Nitekim gelecekte su kaynaklarının paylaşımı konusunun ülkeler arasında önemli çatışmalara yol açabileceği hususu literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır.

2.2.1. Suyun Ekonomik Önemi

Birçok üretim sürecinde (tarımsal üretim, enerji üretimi, endüstriyel üretim) temel girdilerden biri konumunda olması su ekonomik büyümede önemli bir konum kazanmaktadır. Ayrıca doğal kaynak olarak kısıtlılaşmasından dolayı su, ekonomik bir mal olarak değerlendirilmeye başlanmaktadır. Ancak suyun kendisine özgü bir takım özellikleri onu diğer ekonomik mallardan ayırmaktadır (Grimble, 1999):

Su;

- bir yandan canlıların yaşam kaynağı olması bir diğer yandan birçok sektörde temel girdi olarak kullanılması bakımından zorunlu bir kaynaktır,
- sınırlı bir kaynaktır. Çünkü yeryüzündeki su rezervlerinin (buzullar, yeraltı suları) bir kısmı erişilemez konumdadır ve toplam rezervlerin sadece küçük bir kısmı kullanıma açıktır,
- yapısı gereği, stoklanması güç bir girdidir,
- bir sistemdir. Hidrolojik döngü olarak adlandırılan bu sistemin herhangi bir

unsuruna yapılan müdahale bütün sistemi etkileyecektir,

- yaşam açısından ikamesi olmayan bir maddedir. Ekonomik bir mal olarak kabul edilmesine karşın ikamesi bulunmamaktadır,
- genellikle devlet düzenlemesine ve fiyat kontrolüne tabidir,
- ekonomik sürecin her aşamasında ölçülemez,
- kolayca kirlenebilen ancak zor temizlenen bir maddedir,
- fiziki olarak bir yerden bir yere taşınabilir ancak bu yüksek maliyetli bir işlemdir.

Diğer mallarla arasındaki tüm bu farklılıklarına rağmen su ekonomik bir maldır ve ekonomik mal olması itibarıyla, diğer ekonomik mallarda olduğu gibi kullanım alanlarına bağlı olarak değişen bir esneklik değeri bulunmaktadır. Suyun esneklik değeri 0 ile -1 arasında olup fiyatna, türüne ve kullanım alanlarına göre değişiklik göstermektedir. Fiyatı ne olursa olsun insanların içme suyuna ihtiyacı vardır. Bu sebeple içme suyuna olan talep, fiyata duyarlı olmamakta ve talebin fiyat esnekliği sıfıra yakın olmaktadır. Endüstri ve tarım sektörlerinde suyun esnekliği daha fazla olup, talebin fiyat esnekliği -1'e yakın olmaktadır (Zaag & Savenije, 2006).

2.2.1.1. Suyun Metalaşması

Kapitalizmin altın çağı olarak bilinen 1945-1979 arası dönemde artan karlılık oranları, bu dönemden sonra azalmaya başlamış ve bir kriz söz konusu olmuştur. Söz konusu kriz küreselleşme ve neo-liberal politikalarla aşılmaya çalışılmıştır. Bu politikalar metalaşmayı yaygınlaştırmak suretiyle bu krizi aşmayı amaçlamışlardır (Günaydın, 2009). Yılmaz (2013)'a göre metalaşmaların (hava, su, eğitim vb.) bu döneme denk gelmesi tesadüf değildir. Çünkü her şeyin meta haline gelmesi kapitalizmin hem bir gerekliliği hem de sonucu olmaktadır. Söz konusu politikalar krizin aşılmasının bir yöntemi olarak kapitalizmin doğasında zaten içerilmiş olan metalaşmayı sadece yaygınlaştırmayı amaçlamışlardır. Ancak bir şeyin meta olabilmesi için, o şeyin insana yararlı olması, kullanım değeri ve değişim değerinin olması gerekmektedir. Başka bir deyişle meta olan şeyin parayla ölçülebilir olması gerekmektedir. Tam da bu tartışmalar ışığında suyun metalaşması gündeme gelmektedir.

Suyun metalaşmasını “suyu ya da su haklarını alınan, satılan ya da pazar işlemlerine konu edilen bir mal gibi değerlendiren her türlü eylem ve politika”dır.

Suyun 'hak' değil 'ihtiyaç' olarak tanımlanması onun metalaşması ve özelleştirilmesine zemin hazırlamaktadır (Kartal, 2009).

Suyun metalaşması konusundaki tartışmalarda, birbirine karşıt olarak konumlanan iki yaklaşım öne çıkmaktadır. Birinci yaklaşıma göre, ekonomik bir mal olan suyun piyasa koşullarında üretilip satılmasını ve bunun da özel sektör tarafından üstlenilmesi gerekmektedir. İkinci yaklaşıma göre, bir insan hakkı olduğu için herkesin güvenli, eşit bir şekilde ve kamu eliyle suya erişiminin sağlanması gerekmektedir. Bu yaklaşımlar suyun varlık olarak nasıl tanımlandığıyla ve bir hak mı yoksa ihtiyaç mı olduğuyla ilgili bir meseledir.

Su ilk defa 1992'de Dublin'de toplanan Su ve Çevre Konulu Uluslararası Konferans'ta ekonomik bir mal olarak belirlenmiştir. Konferansın sonunda "Su ve Sürdürülebilir Kalkınma Bildirgesi" yayınlanmış ve dört madde ile suyun ekonomik bir mal olarak görülmesine karar verilmiştir. Söz konusu dört madde şöyledir (Yıldız vd., 2016):

- Tatlı su kaynakları sonsuz ve bozulmaz değildir,
- Su yönetimi, herkesin katılımıyla olmalıdır,
- Kadınlar, suyun temin edilmesi, yönetimi ve korunmasında önemli role sahiptir,
- Su, ekonomik bir mal olarak değerlendirilmelidir.

Ekonomik bir mal olarak kabul edildiği Dublin Konferansı'ndan sonra, suyun etkili kullanımı ve yönetimi için piyasa temelli politikaların uygulanması ağırlık kazanmıştır (Yıldız vd., 2016).

Bu konferansta öngörülen politikalarda suyun metalaşması, su kıtlığına çözüm olarak düşünülmüştür. Ancak, Yılmaz (2013) bunun aksini düşünmektedir. Yazara göre, kıtlığın asıl nedeni suyun metalaşması ve ticarileşmesi olup, bu durum kıtlığa çare olması bir yana, bu kıtlığı daha da artırabilecektir. Çünkü metalaşmayla birlikte birçok şirket kâr elde edebilmek için bu alanda yatırımlara yönelecektir. Bu durum temiz su kaynaklarının hızla tükenmesine sebep olacaktır.

Barlow (2016) ise, suyun fiyatlandırılmasına ilişkin çalışmaların çoğunun evlerde yaşayan kullanıcılar ile sınırlı olduğu hususuna dikkat çekmektedir. Ona göre, hane halkı olarak tüketilen ve şehirlerdeki işyerlerinin tüketmiş olduğu su miktarı oldukça azdır (% 10'un altında). Öte yandan belediyelerin kullanmış oldukları su boşa

gitmemekte, boşaltma havzalarına tekrar karışmaktadır. Bu sebeple, fiyatlandırılma söz konusu olduğunda suyun %90'ını kullanan imalat sektörü, madencilik, petrol, kâğıt endüstrisi ve elektrik üretimi gerçekleştiren kesimler üzerine yoğunlaşılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Zira bu şirketlerin birçoğu, hane kullanıcıları ile aynı belediyelerden su temin etmekte ve düşük ücret ödemektedir. Yazara göre, %90'ı oluşturan bu kesim su için daha fazla ücret ödemeli, hane halkı ile aynı ücreti ödememelidir. Bu kullanıcılardan elde edilecek gelir de su havzalarının korunmasında, restorasyonunda ve alt yapı çalışmalarında değerlendirilmelidir. Ancak bu şekilde su fiyatlandırma reformunun geliştirilmesi mümkündür. Bir diğer ifade ile sahipliği kamuda kalacak şekilde bir fiyatlandırma yapılmalıdır.

Suyun metalaşması sürecinde önemli rol oynayan ve metalaşmayı destekleyen aktörler, uluslararası kurum, kuruluş ve anlaşmalar bulunmaktadır (Yılmaz, 2013): UN-Birleşmiş Milletler, WB –Dünya Bankası, IMF- Uluslararası Para Fonu, WWC-Dünya Su Konseyi, OECD- Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, DTÖ-Dünya Ticaret Örgütü vb. uluslararası kuruluşlar ve Su İşbirliği İçin Uluslararası Komite/ICWC, Aral Denizi için Uluslararası Fon/IFAS, Uluslararası Kalkınma İçin Birleşik Devletler Kalkınma Ajansı/USAID, Asya Kalkınma Ajansı/ADB, Afrika Kalkınma Bankası ve Avrupa Kalkınma Bankası. Söz konusu uluslararası kuruluşlar izledikleri stratejiler ile suyun metalaşması sürecinde çeşitli şekillerde etkili olabilmektedir. Bu kuruluşlardan en etkili olanları ele almak, suyun metalaşmasını tarihsel bağlamında anlamak bakımından önemli görünmektedir.

- **Birleşmiş Milletler (UN)**

Birleşmiş Milletler (United Nations, UN) İkinci Dünya Savaşı'ndan galip çıkan büyük devletlerin (ABD, Sovyetler Birliği, İngiltere, Fransa ve Çin Halk Cumhuriyeti) liderliğinde oluşturulan bir dünya örgütü olup, 20. yüzyılın ilk yarısında yaşanan savaşları önlemek ve uluslararası barış ve güvenliği korumak amacıyla kurulmuştur (<https://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-teskilati-ve-turkiye.tr.mfa>).

Su sorunu bir çevre sorunu olarak, 1972 yılında Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen Stocholm Konferansında ele alınmıştır. Bu konferans ile ilk kez çevre-kalkınma ilişkisine dikkat çekilmiştir. Doğrudan su odaklı ilk uluslararası toplantı ise, 1977 yılında Mar del Plata'da (Arjantin) gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Su Kaynakları Konferansı'dır (Çınar, 2008). Bu konferansta ilk kez suya erişimin bir insan

hakkı olduğu görüşüne varılmıştır (Tomanbay, 2008). Fakat 1990 yılından sonra suyu ekonomik bir mal olarak benimseyen politikalar uygulanmaya başlanmıştır. 1992 yılında UN-Dublin Konferansı'nda suyun ekonomik bir mal olduğu vurgulanmıştır. 1997 BM'nin, Dünya Zirvesi Genel Meclisi'ne sunmuş olduğu raporunda gelişme ve kalkınma hedeflerinin su kaynaklarına göre belirlenmesi ve suyun fiyatlandırılması temel ilke olarak belirtilmiştir (Günaydın, 2009).

- **Dünya Bankası (DB) ve Uluslararası Para Fonu (IMF)**

Dünya Bankası (World Bank, WB) ve Uluslararası Para Fonu (IMF) 1944 yılında ABD'nin New Hampshire eyaletinin Bretton Woods şehrinde düzenlenen bir konferans ile kurulmuştur (Usal, 2008). Dünya Bankası su konusunda önemli role sahiptir. Dünya Bankasının kredi destek paketlerinde 1990 yılından itibaren su hizmetlerinin özelleştirilmesi bir ön koşul olarak yer almış ve bu koşul birçok ülkede uygulanmaya başlanmıştır. Dünya Bankası'nın 1993 yılında yayınlamış olduğu 'Su Kaynakları İşletim Belgesi' nde su ticari bir meta olarak tanımlanmıştır (Çınar, 2008). Bu belge su yönetiminin 3 temel Dublin İlkesi'ne dayandırılması gerektiğini belirtmektedir (DB, 2004):

- **Ekolojik İlke:** Suyu kullanan farklı sektörler yönetiminde birlikte hareket etmeli, analizlerde nehir havzaları temel alınmalı, toprak ve su birlikte yönetilmeli ve çevreye önem verilmelidir.
- **Kurumsallık İlkesi:** Su kaynaklarının yönetimini devlet, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları dâhil olmak üzere tüm paydaşlarla birlikte gerçekleştirmelidir. Ayrıca etkin bir su yönetimi için kadınlar da yönetim sürecine katılmalıdır.
- **Araç İlkesi:** Kıt kaynak olan suyun tahsisi ve kalitesinin iyileştirilmesinde teşviklerden ve ekonomik prensiplerden daha fazla yararlanılmalıdır.

Bu ilkeler doğrultusunda DB tarafından 2004 yılında yayınlanmış raporda su kaynaklarının geliştirilmesi ve etkin yönetimi, sürdürülebilir büyümenin sağlanması ve yoksulluğun azaltılmasında önemli bir araç olarak gösterilmektedir. Söz konusu raporda su kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetiminin ise dört mekanizma ile mümkün olabileceği belirtilmektedir:

- Barajlar inşa edilmesi ve havzalar arası transferler gibi büyük altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi,

- Su kaynaklarına, yoksul insanların yerleşim yerleri dikkate alınarak müdahale edilmesi,
- Genel kullanıma yönelik, yani tüm insanların faydasını dikkate alan büyük ölçekli çalışmalarının yapılması,
- Binyıl Kalkınma Hedeflerinin gerçekleştirilmesinde önemli olduğu için su hizmetlerine müdahalelerin yoksulluk merkezli gerçekleştirilmesi.

Uluslararası Para Fonu (IMF), 1944 yılında kurulmuş ancak 1947 yılından itibaren fiilen çalışmaya başlamıştır. IMF devletlerarası ekonomik meseleleri ele alan, devletlere kredi veren ve kredi şartları ile de yön veren bir örgüttür. IMF söz konusu kredi anlaşmaları ile doğal kaynakların özelleştirilmesi sürecini de hızlandırmaktadır. Çünkü genel olarak IMF politikaları, devletlerin rolünü kısıtlamakta ve devletler de yerel idari yapılara ayrılan bütçeleri kısmak zorunda kalmaktadır. Bu durumda belediyeler de alt yapı kurma ve işletme gibi faaliyetler için özel sektör ile iş birliğine gitmek durumunda kalmakta ve özelleştirmeler söz konusu olmaktadır (İlhan, 2011).

DB'nin su özelleştirmeleri ve yönlendirmelerinin ardında bankaya bağış yapan ülkelerin şirketlerinin baskıları vardır. DB'nin kredileri ile su özelleştirmelerine destek verilmesi eleştirilere neden olmuştur. Çünkü bu özelleştirmelerle birlikte su fiyatları hızla yükselmiş ve özellikle düşük gelirli insanların temiz suya ulaşımı zorlaşmış, kolera, tifüs vb. hastalıklarla ölümler artmıştır. Özelleştirmeler karşısında küresel boyutta ayaklanmalar söz konusu olmuştur (Tomanbay, 2008).

• OECD- Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Teşkilatı

OECD 1961 yılında OEEC-Avrupa Ekonomik İş Birliği Örgütü'nden oluşturulmuş bir uluslararası kuruluştur. OECD'nin amaçları, üye devletlerin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve istihdama ulaşmaları için gerekli yardımın sağlanması, üye olan veya olmayan ülkelerde sağlıklı ekonomik kalkınmanın desteklenmesi, dünya ticaretinin büyümesine katkıda bulunmak olarak belirtilmektedir (https://www.mfa.gov.tr/iktisadi-isbirligi_ve-gelisme-teskilati_oecd_tr.mfa).

OECD 2009 yılında hükümetlere yardımcı olmak için Su Yönetişim Programı oluşturmuştur. Söz konusu program çeşitli ekonomik analizler gerçekleştirilerek ve uluslararası en iyi uygulamalar örnek alınarak inşa edilmiştir. Bu program, su sorununun sektörel ve çevresel bir sorun olmasından ziyade ekonomik bir mesele olarak ele alınması temelinde gerçekleştirilmiştir (Akhmouch et al., 2018).

• Dünya Su Konseyi (WWC) ve Dünya Su Forumları

Dünya Su Konseyi (World Water Council), 1996 yılında Fransa hükümetinin desteği ile Marsilya'da kurulmuştur. Dünya Su Konseyi, temelde suya ilişkin farkındalığı ve politik sorumluluğu artırmak amacıyla kurulmuştur (Atvur, 2012). Bu konsey birçok kuruluşun sponsorluğu altında kurulmuştur. Bu kuruluşlar, Birleşmiş Milletler kuruluşları, uluslararası finans kuruluşları, hükümetler, havza otoriteleri, şirketler, sivil toplum kuruluşları, akademik kuruluşlardır (<https://www.worldwatercouncil.org/en/world-water-council>). Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası, OECD, FAO (Food and Agriculture Organization), UNEP (United Nations Environment Programme), UNDP (United Nations Development Programme), UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund), hükümetler, akademik kuruluşlar ile belediyelerdir (Yılmaz, 2013).

Dünya Su Konseyi'nin 1997 yılında Marakeş'te düzenlediği ilk toplantıda Dünya Su Forumları'nın 3 yılda bir farklı ülkelerde gerçekleştirilmesi kararı alınmıştır. Bu karar doğrultusunda Dünya Su Konseyi Dünya Su Forumları'nı düzenlemeye başlamıştır. Dünya Su Forumları'nda dünyadaki tatlı sularla ilgili ekonomik, sosyal ve hukuki konular görüşülmektedir (Topçu, 2008). Tüm bu gelişmeler neticesinde, ekonomik bir mal, hizmet ve yatırım alanı olarak görülen az gelişmiş ülkelerde insanların suya erişememelerine neden olmuş bu nedenle de su hakkı kavramı ve bu hakka istinaden mücadeleler ortaya çıkmıştır.

2.2.1.2. Su Hakkı Ve Su Hakkı Mücadeleleri

Su hakkı, 'belirli bir kalitede, yeterli miktarda ve güvenilir olan suya herkesin fiziksel ve ekonomik olarak erişebilmesinin sağlanması' ifade etmekte ve bu hak ulusal kanunlar ve uluslararası sözleşmeler ile güvence altına alınmıştır (McGraw, 2011). Yaşama hakkının en temel hak olarak tanımlandığı İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi'nde su hakkı doğrudan tanımlanmamıştır. Bir gün temiz suyun tükeneceğinin tasavvur edilemeyeceği bir zamanda yazılan İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi'nde su hakkının doğrudan tanımlanmaması doğal bir durumdur. Fakat bu bildirmede yer alan bazı haklar yorumlandığında suyun bir insan hakkı olduğu sonucuna varmak mümkündür. Nitekim Kartal (2009), bildirgenin üçüncü maddesinde ifade edilen yaşam hakkının, insanın yaşamını devam ettirebilmesi ve insanca yaşayabilmesi için gerekli en

temel koşul olması itibariyle su hakkını içerdiğini ifade etmektedir. Aynı şekilde söz konusu bildirgenin 25. maddesinde doğrudan bahsedilmese de suyun bir insan hakkı olduğuna açık bir şekilde işaret edildiği görülmektedir.¹ Çünkü su olmaz ise, bu maddede bahsedilen beslenme, tıbbi bakım ve hatta giyim ihtiyaçlarının sağlanması da mümkün olmayacaktır. Söz konusu bildirmede yer alan hakların yerine getirilebilmesi için suyun bir zorunluluk olması, onun bir insan hakkı olduğuna işaret etmektedir.

Su hakkının bir yaşam hakkı olarak tescillenmesi suyun bir sorun olarak görünür olacağı zamanı bekleyecektir. Nitekim 2010 yılında BM’de söz konusu hak bir yaşam hakkı olarak kabul edilmiştir. BM’ in aldığı bu tarihi kararla su, yaşam hakkının tam olarak kullanılması için temel nesne olarak tanımlanması suretiyle bir insan hakkı olarak kabul edilmiştir (Barlow, 2016)

Su hakkının gerek evrensel insan hakları beyannamesinde örtülü biçimde yer alması gerekse de BM’in 2010 yılından önce bu hakkı yaşam hakkı olarak açık bir şekilde ifade etmemesi bu hakkın küresel boyutta gözetilmediğini göstermektedir. Zira bu tür beyannameler hakların yaygın olarak çiğnenmesinin bir sonucudur. Bu husus bizi su hakkı mücadelelerine yönlendirmektedir.

Su hakkı mücadeleleri genel olarak ekonomik, çevresel ve kültürel nedenlere dayanmaktadır. Bu mücadelelerin çok nedenli olması, uğrunda mücadele edilen hakkın çok boyutlu olduğunu göstermektedir. Daha somut ifade etmek gerekirse, bu mücadeleler su varlıklarını kirleten petrol boru hatlarına, kıt olduğu bölgelerde suyu ambalajlamak amacıyla kullanan şirketlere, ekosistemi etkileyen barajlara, nehirlerin kurumasına sebep olan HES’lere, kimyasal atıklarını doğrudan doğaya bırakan işletmelere ve suyun bilinçsizce tüketimine karşı olmak üzere çok yönlü mücadelelerdir. Aynı amaca hizmet etmekle birlikte nitelik bakımından farklı olan bu mücadeleler, genel olarak kırsal ve kentsel su hakkı mücadeleleri olarak tanımlanmaktadır. Küresel boyutta kırsal su hakkı mücadeleleri, kentsel su hakkı mücadelelerine göre daha yoğun yaşanmaktadır. Çünkü kentte yaşayanlar için bu mücadeleler musluktan akan suyun kesintisiz, temiz ve ucuz bir şekilde akmasını ifade ederken; kırsal kesimde yaşayanlar için su, insani tüketime ek olarak ekilen ürünler ve hayvanlar için de hayati bir önem arz etmektedir (Özbay, 2017).

¹ Herkesin, kendisinin ve ailesinin sağlığı ve iyi yaşaması için yeterli yaşam standartlarına hakkı vardır; bu hak, beslenme, giyim, konut, tıbbi bakım ile gerekli toplumsal hizmetleri ve işsizlik, hastalık, sakatlık, dulluk, yaşlılık ya da kendi denetiminin dışındaki koşullardan kaynaklanan başka geçimini sağlayamama durumlarında güvenlik hakkını da kapsar(<https://www.ihd.org.tr/insan-haklari-evrenselbeyannamesi>)

Kırsal kesimlerde su hakkı mücadeleleri ağırlıklı olarak baraj projelerine yönelik gerçekleşmiştir. Bu mücadelelerden en önemlisi 1989 yılında Hindistan'ın Narmada bölgesindeki baraj projelerine (30 adet büyük, 130 adet orta ölçekli, 3.000 adet küçük baraj projeleri) yönelik gerçekleşen mücadelelerdir. Söz konusu projeler için Dünya Bankası'ndan fon desteği alınmıştır. Ancak projeler sebebiyle nehir kıyıları eski verimliliğini kaybetmeye başlamış ve bu sebeple bölgede eylemler gerçekleştirmeye başlamıştır. Direnişin getirdiği baskılardan kaynaklı Dünya Bankası projeye sunduğu desteği geri çekmiştir. Ancak, Hindistan Yüksek Mahkemesi, Sardar Sarovar Barajı'nın, yüksekliğinin daha kısa tutulmasına karar vererek projeyi onaylamış ve 2025 yılında bitirilmesi hedeflenmiştir (<https://www.legalindia.com/narmada-bachao-andolan>).

Kentsel su hakkı mücadeleleri, kırsal kesimdeki mücadelelerden farklı olarak su varlıklarının özelleştirilmesine ve pahalılığa karşı verilen mücadeleleri kapsamaktadır. Kentsel mücadelelere gösterilebilecek en önemli örnek 2000 yılında Bolivya'nın Cochabamba şehrinde yaşanan mücadelelerdir. Söz konusu mücadeleler özelleştirmelere bağlı olarak su faturalarındaki artışlar sebebiyle çıkmıştır. Özelleştirme uygulaması sonucunda ücretler %300 oranında artmıştır. Bundan dolayı halk yağmur suyunu toplamaya yönelmiş ancak özelleştirmede söz konusu şirket bunun da şirket mülkü olduğunu belirtmiştir. Büyük bir halk isyanından sonra hükümet geri adım atmak zorunda kalmış ve özelleştirme yasaları geri çekilmiştir (Narin, 2016).

Su özelleştirmelerine karşı mücadelelere diğer bir örnek Güney Afrika Johannesburg'un Phiri semtindeki mücadelelerdir. Ön ödemeli sayaçların kullanılması ile insanlar yeterli suya ulaşamamışlar ve bu durum isyanların çıkmasına neden olmuştur. Bu mücadeleler sonucu ön ödemeli su sayacı uygulaması hem yasadışı hem de anayasa aykırı olarak kabul edilmiştir. İlerleyen süreçte ise su sayacı kullanımı isteğe bağlı olarak devam etmiştir (İlhan ve Yüce, 2012).

İtalya'da da su özelleştirmelerine karşı birçok mücadele gerçekleşmiş ve bu mücadeleler Dünya Su Konseyi tarafından düzenlenen forumlara alternatif bir forum olan İtalyan Su Hareketleri Forum'unun kurulmasını sağlamıştır. Bu Forum, suyun ortak bir değer olarak görülmesini, tüm insanların erişimine açık olmasını ve suya ilişkin konularda sosyal katılım sağlanmasını amaçlamıştır. İtalya'daki mücadeleler, yeniden belediyeleşme hareketinin oluşmasını sağlamıştır. İtalya'daki bu

mücadelelerden sonra İrlanda, İspanya ve Almanya’da da suyun özelleştirilmesine karşı kitlesel mücadeleler gerçekleşmiştir. 2001 yılında Düsseldorf şehrinde su hizmetlerinin özel şirketlere verilmesi için yapılan referandum %90 hayır oyları ile sonuçlanmıştır (Özbay, 2017 ; Perçin, 2019).

Türkiye’de su hakkı mücadelelerine bakıldığında bu mücadelelerin daha çok çevre mücadelesi kapsamında gerçekleştiği görülmektedir. Bu mücadeleler ağırlıklı olarak Türkiye’de farklı bölgelerdeki ekosistemleri tehdit eden girişimler olarak HES projelerine, yer altı sularını, denizleri ve gölleri kirleten termik, nükleer vb. enerji projelerine, barajlara karşı gerçekleştirilmektedir.

Bir insan hakkı olan suyun kıtlaşmaya başlaması, petrol, doğalgaz vb. enerji kaynakları gibi değerli bir hale gelmesi diğer bir ifade ile ekonomik bir mala dönüşmesi ve uluslararası ticarete konu olmak suretiyle gıda güvenliğini ön plana çıkarmasıyla su stratejik önemi artan önemli bir kaynak haline dönüşmüştür.

2.2.2. Suyun Stratejik Önemi

Kaynaklarının azalması, bu kaynakların ülkeler arasında paylaşım sorununu ortaya çıkarmış, bu durum suyun stratejik önemi daha da artırmıştır. Suyun stratejik öneminin artması bu kaynakların ülkeler arasında paylaşım sorununu ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda kaynakların ülkeler arasındaki kullanım hakkını belirleyecek bir ölçüt olarak bu kaynaklar sınır aşan ve sınır oluşturan sular olarak iki şekilde nitelendirilmiştir. Buna göre, “bir ülkenin toprağından doğan, iki ya da daha fazla ülkenin sınırlarını aşarak diğer ülkelerde akmaya devam eden akarsular” (Savaş, 2021) sınır aşan sular olarak; “İki devletin resmi sınırlarını oluşturan ve ulaşım dışı bir amaç için kullanılması durumunda her iki ülkenin paylaşımına tabi olan sular” (Kırkıcı, 2014) ise, sınır oluşturan sular olarak tanımlanmıştır.

2.2.2.1. Sınır Aşan ve Sınır Oluşturan Sular

Dünya nüfusunun %40’ı komşu ülkelerden gelen suya bağımlı olmakta ve bu bağımlılık 276 adet büyük nehrin ülkeler arasında paylaşılmasına yol açmaktadır (Robert, 1980). Öte yandan dünya nüfusunun %90’ının sınır aşan sulara sahip ülkelerde yaşaması ve bunların toplam potansiyelinin %60’ını oluşturması sınır aşan suları küresel boyutta önemli bir konu haline getirmektedir (Orhon, 2015).

Dünyada sınır aşan ve sınır oluşturan sularla ilgili, suyun giderek kıtlaşması

ölçütünde birçok sorun yaşanmaktadır. Bu sorunlara; ABD ve Meksika arasında Colorado Nehri ve Rio Grande Nehri, Kanada ile ABD arasındaki nehirler, Pakistan ve Hindistan arasındaki İndus Nehri, İsrail, Ürdün ve Filistin tarafından kullanılan Şeria Nehri, Lübnan, Suriye ve Türkiye tarafından kullanılan Asi Nehri, Türkiye, Irak ve Suriye tarafından kullanılan Fırat ve Dicle Nehirleri ile ilgili yaşanan sorunlar örnek olarak verilebilir (Duyar ve Özçelebi, 2012).

Sınır aşan sular noktasında ülkelerin birbirine bağımlı olması devletlerin iş birliğine giderek anlaşmalar yapmasını zorunlu hale getirmektedir. BM ve FAO uluslararası su anlaşmazlıkları çözümü ile ilgili 3600 anlaşma tespit etmiştir (Maden, 2013). Bu anlaşmalar uluslararası hukuk alanında birtakım doktrinlere dayanmaktadır. Bu doktrinler; Mutlak Egemenlik Doktrini, Doğal Durumun Bütünlüğü Doktrini, Ön Kullanımın Üstünlüğü Doktrini ve Kıyıdaş Devletler Topluluğu Doktrinidir (Savaş, 2021). Görüldüğü gibi sorunun çok yönlü yapısı, sınır aşan sulardan faydalanma esaslarının dayanacağı doktrinleri de çeşitlendirmektedir. Bu doktrinler, esas olarak birbirlerinin eksikliklerini giderme çabasından ortaya çıkmışlardır.

Uluslararası hukukunun bir dayanağı olarak Mutlak Ülke Egemenliği Doktrini (Harmon Görüşü), sınır aşan sulara sahip ülke ya da ülkelerin söz konusu suları istediği gibi kullanmasını ve kalitesini değiştirmesini ifade etmektedir. Mutlak egemenlik görüşü ilk kez, 1951 yılında Alman hukukçu Johann Ludwing Klüber tarafından kullanılmıştır, ancak 1895 yılında ABD başsavcısı Harmon bu görüşü yoğun savunduğu için bu görüşe onun adı verilmiştir. Bu görüşün aşağı kıyıdaş ülkeye sürekli akış talep hakkı tanımaması, onun tek bir ülkenin faydasına odaklandığını dolayısıyla yukarı ve aşağı kıyıdaşların karşılıklı yararlarını dengelemediğini göstermektedir. Bu sebeple bu görüş günümüzde su anlaşmazlıklarının giderilmesinde etkisini ve geçerliliğini yitirmektedir (McIntyre, 2010). Bununla birlikte bu doktrin her ne kadar anlaşmazlıkları gidermede başarısız olsa da mutlak egemenliğe vurgu yapması nedeniyle ülkelerin birbirleriyle yaptıkları anlaşmalarda birbirlerinin mutlak egemenliklerini göz önünde tutmalarına katkıda bulunmuştur.

Doğal Durumun Bütünlüğü Doktrinini, her ikisi de hukukçu olan Max Huber ile Oppenheim ortaya atmıştır. Bu görüş, devletlerin Mutlak Ülke Egemenliği görüşünde öngörülen sınır aşan suların doğal durumunda değişiklik yapma hakkını kaldırmaktadır. Bu doktrine göre, sınır aşan suya hâkim olmak konusunda devletlerin sınırsız hareket

özgürlüğü bulunmamaktadır. Yani ülke egemenliği söz konusu olmasına rağmen ülkelerin kendi ülkesindeki doğal şartları komşu ülkenin aleyhine değiştirmeye, kendi ülkesinden komşu ülkeye akan nehrin akımını durdurmaya ya da yönünü değiştirmeye yetkisi bulunmamaktadır (Erdağ, 2015). Dolayısıyla bu görüşte sınır aşan sular, sınır komşusu olan devletlerin egemenliğinden çıkmakta ve bunların kullanma hakkı söz konusu devletlerin ortak çıkarına bağlanmaktadır.

İlk olarak ABD’li C. Eagleton tarafından belirtilmiş olan, ancak daha ayrıntılı olarak ABD’li hukukçu Lipper tarafından geliştirilen Adil Kullanım Görüşüne göre; kıyıdaş devletler sular üzerinde eşit haklara sahiptir. Buna göre bu devletler ihtiyaçları oranında bu kaynaklardan yararlanabilirler. Bu görüş, en çok kabul gören görüş olmaktadır (İlgar ve Khalef, 2021). Bu doktrinde öncelikli amaç, suyun paylaşımından ziyade kullanımının adaletli ve makul olmasının sağlanmasıdır.

İlk kez, ABD’li hukukçu Emer Vattel tarafından ortaya atılmış olan Ön Kullanım Üstünlüğü Görüşüne göre, bir ülke herhangi bir sebeple kendi toprakları üzerinde sınır aşan suları diğer devletlerden daha önce kullanmaya başlamışsa, bu kazanılmış bir hak ve ülkenin bu sular üzerinde kazanılmış ön kullanım üstünlüğü bulunmaktadır. Ancak bu üstünlük, suyun kullanımı sırasında diğer ülkeye zarar vermeme ölçütüyle sınırlanmıştır (Rahaman, 2009).

Sınır aşan sular konusundaki anlaşmaların dayandığı son doktrin olan Kıyıdaş Devletler Topluluğu Görüşü, siyasi sınırları görmezden gelerek, akarsu havzalarını paylaşan ülkelerin bu havzaların ortak sahipleri olduğunu savunmaktadır. Sınır aşan suların yer aldığı havzalar, ekonomik bir bütün olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu görüş, siyasal sınırları dikkate almadığından ülkelerin egemenlik ilkesine ters düşmekte ve ciddi eleştirilere maruz kalmaktadır (Savaş, 2021).

Tüm bu görüşler genel olarak uluslararası çatışmalara kısmi çözüm sunmakta fakat mutlak anlamda bir çözüm getirememektedir. Çünkü sınır aşan ve sınır oluşturan sularla ilgili günümüzde herhangi bir uluslararası hukuk düzenlemesi henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle sorunun parçası olan ülkeler bu sorunu kendi menfaatlerine uygun olan görüş doğrultusunda, diğer ülkelerle siyasi pazarlıklar yoluyla çözmeye yönelmekte ve sözleşmeler gerçekleştirmektedir. Ancak suya ilişkin küresel ölçekte herhangi bir genel sözleşme bulunmamaktadır.

Türkiye’de sınır aşan ya da sınır oluşturan sular Meriç, Çoruh, Asi, Dicle-Fırat

ve Aras nehirleridir. Türkiye bu nehirlerden Dicle-Fırat, Çoruh, Aras nehirlerinde yukarı-kıyıdaş ülke iken, Meriç nehrinde mansap aşağı-kıyıdaş ülke konumunda ve Asi nehrinde ise yukarı-kıyıdaş ve aşağı-kıyıdaş ülkedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018). Sınır aşan akarsular Türkiye'deki kaynakların %35'ini oluşturmaktadır. Türkiye'nin sınır aşan sular politikasına göre sınır aşan akarsular, kıyıdaş ülkeler ile bir çatışma unsuru değil iş birliği aracı olarak görülmektedir. Bu akarsuların kendilerine özgü ekonomik, sosyal, çevresel, kültürel, hidrolojik ve meteorolojik dinamiklerinin olduğu kabul edilmekte ve bu dinamiklerden kaynaklı, üçüncü taraf müdahalesi olmadan, bir sorun yaşanması halinde sadece kıyıdaş ülkeler ile çözüm aranması gerektiği ilkesi kabul edilmektedir. Her ülkenin topraklarından doğan veya topraklarında akan sınır aşan akarsulardan faydalanma hakkı bulunmakla birlikte bu hak kullanılırken aşağı kıyıdaş ülkelere zarar verilmemesi gerektiği ilkesi kabul edilmektedir (https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-su-politikasi.tr.mfa).

Sınır aşan yüzey sularının yanında bir başka sınır aşan kaynaktan yeraltı sularıdır. Yeraltı suları, yüzey suları kadar stratejik öneme sahiptir. Ancak yeraltı suları yüzeydekiler gibi kolaylıkla görülememektedir. Çünkü kayaçların gözenek, yarık, çatlak vb. boşluklarında depolanmış halde bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı (UNESCO) tarafından 2009 yılında dünyanın sınır aşan yeraltı suları haritası hazırlanmış olup, bu harita ile dünya genelindeki yeraltı suları görünür hale gelmiştir. Söz konusu haritaya göre, en az iki ülke tarafından paylaşılan 273 adet yeraltı su havzası bulunmaktadır. Yeraltı su kaynaklarının 68'i Amerika, 38'i Afrika, 65'i Doğu Avrupa, 90'ı Batı Avrupa ve 12'si Asya'dadır. Sınır aşan yeraltı sularından çok fazla çekim olması halinde kalitesinde bozulma, kirlilik, yeraltı su akım ve seviye miktarında değişimler yaşanabilmektedir (Özbay vd., 2011). Bu nedenle sınır aşan yeraltı sularının yönetimi de oldukça önemlidir. Kıtlaşan bir doğal kaynak olan suyun, devletlerarasında bir savaş unsuru olmaması için sınır aşan yüzey ve sınır aşan yeraltı sularını kapsayacak uluslararası hukuk kurullarının oluşturulması gerekmektedir. Bu koşulların sağlanamaması halinde literatürde geniş ölçüde yer verilen su savaşlarının yaşanması oldukça muhtemeldir.

2.2.2.2. Su Savaşları

Su savaşlarından bahsedilirken aslında kastedilen su çatışmalarıdır. Çünkü bu çatışmalar henüz devletler arasında silahlı çatışmalar olarak tanımlanan savaşlara

dönüşmemiştir. Su kaynaklarının dünyanın birçok bölgesinde eşit şekilde dağılmadığı ve suyun giderek kıtlaşan bir doğal kaynak olduğu hususuna daha önce değinilmişti. Bu kıtlık, özellikle büyük akarsuların ulusal sınırları geçtiği yerlerde sıklıkla çatışmaların ve çeşitli gerilimlerin yaşanmasına neden olmaktadır. Bu gerilimlerden kaynaklı çatışmalar savaşa dönüşmeden anlaşmalarla sonuçlandırılmaktadır. Ancak küresel iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerinin neden olabileceği su kaynaklarındaki kıtlaşmanın artması halinde, özellikle sınır aşan sularda kıyıdaş devletler arasında çıkarların daha radikal bir biçimde çatışma olasılığı oldukça yüksektir. Bu noktada söz konusu çatışmaların bir işbirliğine dönüştürülmesi hususunda su diplomasisi önemli bir rol oynamaktadır. Bir diğer ifade ile su diplomasisi, su konusundaki güvenliğin sağlanmasında önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Mengiler, 2018).

Çatışmaların en önemli sebebi, sınır aşan sularda paydaş olan her ülkenin ortak kullanılan suyu daha fazla kullanmak suretiyle ondan en fazla fayda sağlamak istemelerinden ileri gelmektedir. Hukuksal anlamda meşru görünmeyen bu istek, ülkelerin konumları, ekonomik güçleri ve siyasi baskınlıkları ile meşru hale gelebilmektedir. Böylelikle de suyun kullanım şeklinin belirlenmesi, ülkeler arasında güçler savaşının konusu haline gelebilmektedir. Bu durumda su, hayatta kalmak için gerekli bir kaynak olmaktan çıkmakta ve politik, ekonomik ve sosyal bir güç aracına dönüşmekte kısacası stratejik bir önem kazanmaktadır.

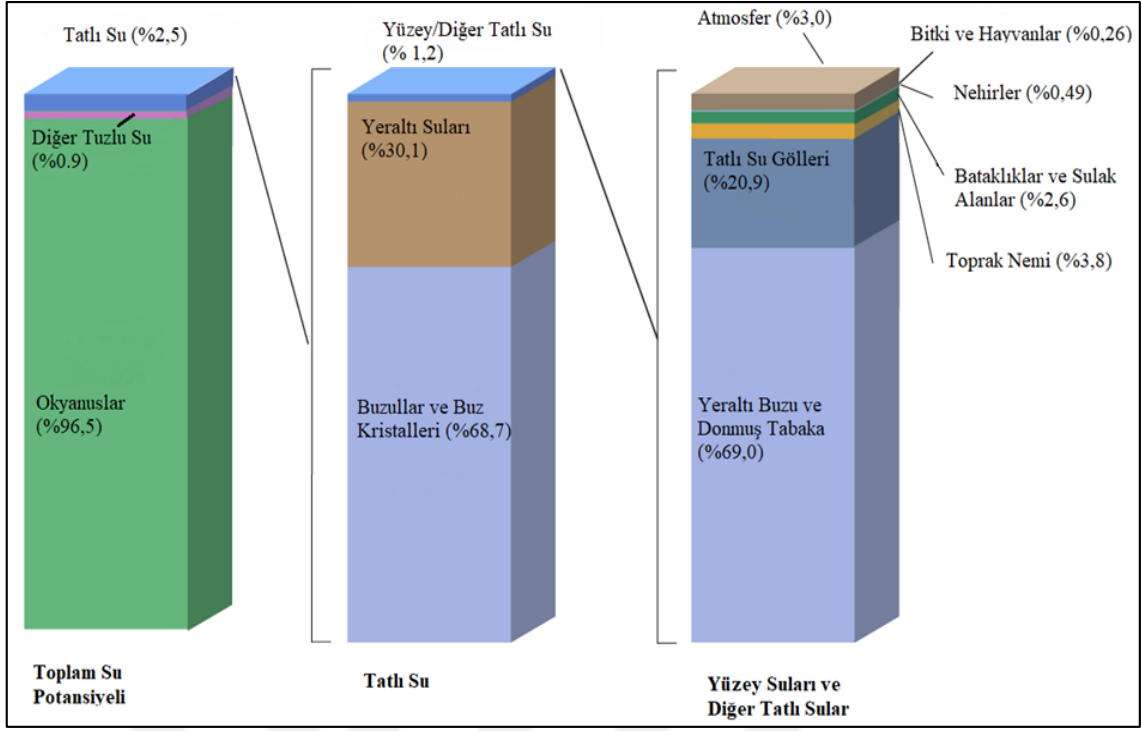
Yukarıda bahsedilen stratejik önem, gelecekte olası su savaşlarının en önemli sebebi olması mümkündür. Ancak bu savaşların Ortadoğu'da olabileceğini ileri süren Tomanbay (2008) ise bu olasılığın aslında oldukça düşük olduğu görüşünü savunmaktadır. Yazara göre, bu savaşların çıkması ile ortaya çıkacak maliyet, sorunun çözümü için katlanılacak maliyetten daha yüksek olacağından su savaşları söz konusu olmayacaktır. Buna rağmen böyle bir savaşın çıkması durumunda bu savaşlar petrol kaynaklı savaşın ancak bir bahanesi niteliğini taşıyacaktır. Maden (2013)'e göre ise, giderek artan su talebinin karşılanmasında yüzey sularının yetersiz kalması, söz konusu talebin yeraltı sularının aşırı kullanımı ile karşılanmaktadır. Yeraltı sularının bu şekilde kontrolsüz kullanımı ise su tablalarının seviyelerinin gittikçe düşmesine ve kıtlığın şiddetini artırmasına yol açmaktadır. Tüm bu nedenlerle de su kıtlığı, sosyal gerilim ve çatışma riskini önemli ölçüde tetikleyebilecek bir nitelik taşımaktadır.

2.3. Dünyada ve Türkiye’de Su Kaynaklarının Genel Durumu ve Kullanım Alanları

Yeryüzünün dörtte üçü sularla kaplı olmasına karşın, kullanılabilir tatlı su miktarı oldukça sınırlıdır. Türkiye özelinde düşünüldüğünde kullanılabilir su miktarındaki söz konusu sınırlılık daha fazla göze çarpmaktadır. Türkiye’de brüt su potansiyeli yüksek olmasına rağmen kullanılabilir su miktarındaki sınırlılığın nedeni çeşitli sebeplerden kaynaklanan su kayıplarıdır. Bundan dolayı, mevcut potansiyelin etkin ve verimli kullanılması, su kayıplarının önlenmesine ilişkin alınması gereken tedbirler önem kazanmaktadır.

2.3.1. Dünyadaki Su Kaynaklarının Genel Durumu ve Kullanım Alanları

Dünyada toplam su miktarı 1.4 milyar km³ olup, bunun %97,5’i tuzlu su olarak deniz ve okyanuslarda bulunmaktadır. Tatlı su oranı ise %2,5’tir. Tatlı suların %68,7’i kutuplarda buzullar, %30,1’i yeraltı suları olarak ve yaklaşık %1,2’lik kısmı ise diğer tatlı sular olarak bulunmaktadır. Bunların %69’u yeraltı buz ve donmuş tabakada, %20,9’u tatlı su göllerinde ve %3’ü atmosferde (bitkilerde, hayvanlarda, nehirlerde, sulak alanlarda, toprakta) bulunmaktadır.



Şekil 2.3 Dünyadaki su kaynaklarının genel durumu

Kaynak: Shiklomanov, 1993

Şekil 2.3'ten de görülebileceği üzere, mevcut kaynakların çok az bir kısmı (%2,5'i) tatlı su olup insanlar tarafından kullanabilmektedir. Tatlı su kaynaklarının varlığı büyük oranda yağışa bağlı olmakta ve küresel ölçekte yağış miktarları önemli farklılıklar göstermektedir. Küresel yıllık yağış miktarının yaklaşık dörtte üçü, dünya nüfusunun üçte birinden azını kapsayan ülkelerden kaynaklanmaktadır. Dünya yüzeyine yağışla düşen su miktarı yılda ortalama yaklaşık olarak 100.000 km^3 olup, bunun yaklaşık 40.000 km^3 'ü akışa geçerek nehirler vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır. Döngüye giren tatlı su kaynağının yaklaşık %80'i, nispeten küçük nüfusa sahip kuzey ve ekvator bölgelerindeki ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Nüfusun az olduğu Güney Amerika'daki Amazon ve Afrika'daki Kongo nehir havzaları buna örnek gösterilebilir. Amazon nehir havzası küresel akıntının %20'sini oluşturmaktadır. Kongo Nehri tüm kıtanın yıllık akışının %30'unu oluştururken bu bölge Afrika nüfusunun yalnızca %10'unu barındırmaktadır (<https://www.open.edu/openlearncreate/mod/oucontent/view.php?id=79936§ion=4>) Daha önce ifade edildiği üzere su kaynaklarının dağılımında olduğu gibi kullanımında

da küresel ölçekte ciddi farklılıklar gözlenmektedir. Tablo 2.3’de dünya su kaynaklarının kıtalara göre dağılımı gösterilmiştir:

Tablo 2.3 Dünya su kaynaklarının kıtalara göre dağılımı

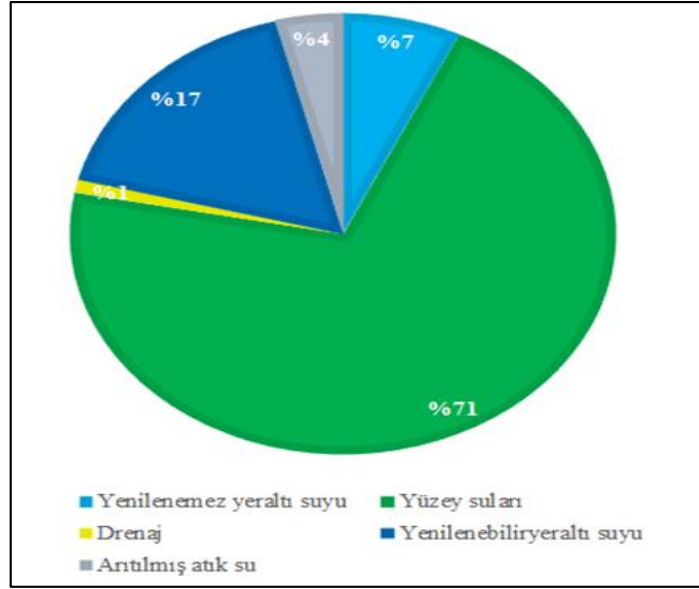
Bölge	Toplam Su kaynağı (km ³ /yıl)	Dünya Kaynaklarının Yüzdesi (%)	Kişi başı su miktarı (m ³ /kişi/yıl)
Kuzey Amerika	6.812	18,40	20.934
Güney Amerika	12.724	34,37	30.428
Avrupa	6.577	17,76	25.389
Afrika	3.931	10,61	4.135
Asya	6.071	16,40	7.110
Avustralya ve Okyanusya	902	2,43	29.225

Kaynak: UNESCO, 2022’den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2.3’e göre, su kaynaklarının varlığı bakımından Amerika toplamda %52,77 paya sahip iken, Asya %16,40, Avrupa %17,76, Afrika %10,61 paya sahiptir. Ülkelerin nüfus miktarındaki ve gelişmişlik düzeylerindeki farklılıklar kişi başına düşen su miktarını etkilemektedir. Bu miktar aynı zamanda ülkelerin su kıtlığı göstergesi olarak da kullanılmaktadır.

Dünyadaki sektörel su tüketimi dağılımına bakıldığında, tarımın %69, sanayinin %19 ve evsel kullanımın %12 oranında pay aldığı görülmektedir (UNESCO, 2021). Tatlı su kullanımında tarım sektörü lider sektör konumundadır. Gelişmekte olan ülkelerde sektörel su tüketim oranları benzerlik gösterirken, orta ve yüksek gelirli ülkelerde durum oldukça farklıdır. Bu ülkelerde tarım sektöründe su kullanım oranı, dünya ortalamasının yarısından daha azdır. Bu durum orta ve yüksek gelirli ülkelerin daha az tarımsal faaliyetlerde bulunması ve tarımda suyu daha kontrollü ve etkin kullanmaları ile açıklanabilir.

Tarım sektöründe kullanılan suyun büyük bir kısmı yüzey suyu rezervlerinden sağlanmaktadır. Şekil 2.4’de tarımsal faaliyetlerde kullanılan suyun kaynaklarına göre dağılımı gösterilmiştir:



Şekil 2.4 Tarımda kullanılan toplam suyun kaynaklarına göre dağılımı

Kaynak: UNESCO, 2009

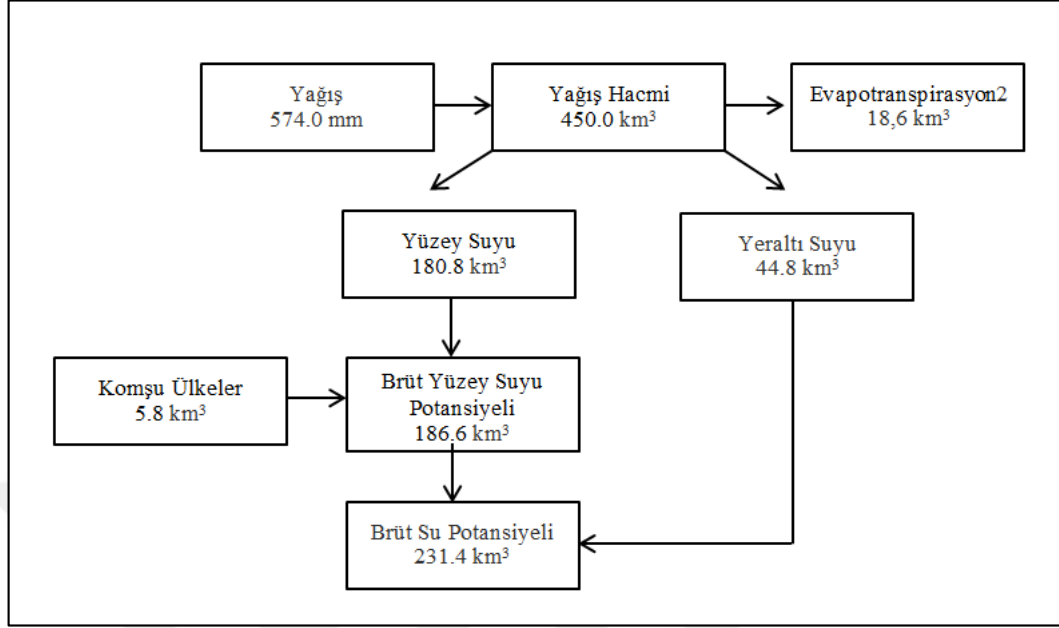
Şekil 2.4'de görüldüğü üzere, tarımda kullanılan suyun %71,06'sı yüzeysel, %17'si yeraltından, %1'si drenaj suyundan, %4'ü artılmış atık sularından sağlanmaktadır.

2.3.2. Türkiye'deki Su Kaynaklarının Genel Durumu ve Kullanım Alanları

Türkiye topraklarına düşen yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 574 mm olup bu miktar yılda ortalama 450 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Evapotranspirasyon² kayıpları, yıllık yağışın yaklaşık %49'unu oluşturmaktadır ve 218,6 milyar m³ civarındadır. Toplam yüzeysel su potansiyelinin 186,6 milyar m³ olduğu ve yeraltı sularının 44,8 milyar m³ olduğu tahmin edilmektedir. Komşu ülkelerden gelen ve yüzeysel sularına eklenen suyun yaklaşık 5,8 milyar m³ olduğu düşünülmektedir. Tüm bu rakamlardan hareketle Türkiye'nin brüt su potansiyeli (yüzeysel ve yeraltı suları brüt toplamı) 231,4 milyar m³ olarak hesaplanmaktadır. Ancak bu potansiyelin yaklaşık yarısı çeşitli sebeplerle kullanılamaz hale gelmektedir. Bu sebeple, Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyelinin 112 milyar m³ olduğu düşünülmektedir (Selek ve Aksu,

² Evapotranspirasyon kavramı toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma (evaporasyon) ile bitkiler tarafından gerçekleşen terleme (transpirasyon) sonucu atmosfere aktarılan toplam su buharı miktarını ifade etmektedir (Allen et al., 1998).

2020). Bu miktarın 94 milyar m³ yüzey sularından, 18 milyar m³'ü yeraltı sularından oluşmaktadır (DSİ, 2023).



Şekil 2.5 Türkiye'nin su bütçesi ve brüt su kaynakları

Kaynak: Selek & Aksu, 2020.

Türkiye’de yıllık tatlı su tüketimi yaklaşık 58,41 milyar m³ olup, bu miktar toplam potansiyelin (112 milyar m³) %52,15’idir. Ülkemizde 2021 yılı gerçekleştirmelerine göre, tatlı su tüketiminin %77 (45,05 milyar m³)’si sulama amaçlı, %23 (13,36 milyar m³)’ü ise içme-kullanma ve sanayi suyu olarak kullanılmıştır. Tarımda kullanılanlar, yüzey suları ve yeraltı sularından sağlanmaktadır. Ancak artılmış sularında tarımsal sulamada kullanılmasına yönelik planlamalar yapılmaktadır (DSİ, 2023). 2030 yılı için 112 milyar m³ su potansiyelinin %64’ünün tarımda, %20’sinin sanayide ve %26’sının evsel kullanımda olması planlanmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).

Türkiye su varlığı açısından zengin bir ülke değildir. Su zengini kabul edilen ülkelerde yıllık kişi başına tüketilen su miktarı 8-10 bin m³ iken, Türkiye’de kişi başına düşen yıllık miktar 1.340 m³’tür. Bu nedenle Türkiye su stresi yaşayan ülkeler gurubunda yer almaktadır. 2040 yılında Türkiye’de kişi başına su miktarının 1.116 m³e düşeceği öngörülmektedir (<https://www.dsi.gov.tr/Haber/Detay/1786>). Böylece Türkiye’de yoğun bir su sorunu yaşanması beklenilmektedir. Bu bağlamda mevcut su

potansiyelinin optimum şekilde kullanılabilmesi için kaynakların planlanması, yönetimi, etkin politikaların geliştirilmesi oldukça önemli olmaktadır.

Türkiye’de su yönetiminde ulusal ölçekli su potansiyeli çalışmaları “su havzası” bazında yapılmaktadır. Su havzası, 2004 yılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SSKY)’inde ‘bir akarsu, göl, baraj rezervuarı veya yeraltı suyu haznesi gibi bir kaynağı besleyen yeraltı ve yüzeysel suların toplandığı bölgenin tamamı’ olarak tanımlanmaktadır. Türkiye’de toplamda 25 büyük su havzası bulunmakta ve Türkiye söz konusu akarsu havzalarının bazılarında memba ülke, bazılarında mansap ülke konumundadır. Bu havzalardaki tatlı su miktarı DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından yerleştirilen istasyonlar aracılığı ile düzenli olarak ölçülmektedir. Havzalararası su potansiyeli dağılımı eşit gerçekleşmemektedir. Havzaların potansiyeli (yüzeysel ve yeraltı suyu olarak) 2021 yılı verileri ile Tablo 2.4 ve Tablo 2.5’te gösterilmiştir:

Tablo 2.4 Havzalara göre yıllık ortalama yüzeysel suyu potansiyeli (2021)

Havza No	Havza Adı	Havza Yağışalanı (km ²)	Ortalama Yıllık Akış (km ³)	Potansiyel İştirak Oranı (%)
01	Meriç Ergene	14.486	1,7	0,9
02	Marmara	23.074	7,4	4
03	Susurluk	24.319	5,0	2,7
04	Kuzey Ege	9.861	2,0	1,1
05	Gediz	17.137	1,8	1
06	Küçük Menderes	6.963	0,6	0,3
07	Büyük Menderes	25.960	3,0	1,6
08	Batı Akdeniz	20.956	6,5	3,5
09	Antalya	20.249	12,9	7
10	Burdur Göller	6.294	0,2	0,1
11	Akarçay	7.995	0,4	0,2
12	Sakarya	63.303	6,5	3,5
13	Batı Karadeniz	28.855	10,8	5,8
14	Yeşilirmak	39.595	7,0	3,8
15	Kızılırmak	82.181	7,0	3,8
16	Konya Kapalı	49.930	2,4	1,3
17	Doğu Akdeniz	21.150	7,6	4,1
18	Seyhan	22.035	6,2	3,3
19	Asi	7.886	1,8	1
20	Ceyhan	21.391	7,7	4,2
21	Fırat- Dicle (*)(**)	176.143	56,3	30,4
22	Doğu Karadeniz	22.846	16,4	8,9
23	Çoruh	20.248	7,0	3,8
24	Aras	27.775	4,5	2,4
25	Van Gölü	17.861	2,6	1,4
Toplam		778.493	185,37	100

Kaynak: DSİ, 2022

Tablo 2.4'e bakıldığında havza yağış alanı açısından 176.143 km² alan ile Fırat-Dicle Havzasının Türkiye'nin en büyük su havzası olduğu görülmektedir. Fırat-Dicle havzasını 82.181 km² ile Kızılırmak Havzası ve 63.303 km² ile Sakarya havzası takip etmektedir. Ortama yıllık akış değerine göre ilk sırada Fırat-Dicle havzası bulunurken söz konusu havzayı Doğu Karadeniz ve Antalya havzaları takip etmektedir. Ortalama yıllık akış değerleri ve potansiyel iştirak oranları bakımından Burdur Havzası, Asi havzası ve Akarçay havzası sonda yer almaktadır. Su havzalarından altı tanesi sınır aşan sular konumundadır. Bu havzalar; Meriç-Ergene Havzası, Asi Havzası, Çoruh Havzası, Aras Havzası, Fırat-Dicle Havzalarıdır. Bu havzaların Türkiye topraklarından yıllık ortalama su potansiyelleri ise toplamda 75 milyar m³'tür. Bu miktar ise Türkiye'nin toplam su potansiyeli olan 231 milyar m³'ün yaklaşık %32'sine tekabül etmektedir. Bu sebeple sınır aşan sular büyük önem arz etmektedir.

Tablo 2.5 Havzalara göre yıllık yeraltı suyu potansiyeli (2021)

Havza No	Havza Adı	Yeraltısuyu Beslenimi (hm ³ /yıl)	Yeraltısuyu Rezervi (hm ³ /yıl)
01	Meriç Ergene	507,7	498,2
02	Marmara	241,7	210,7
03	Susurluk	780,4	585,9
04	Kuzey Ege	289,4	212,9
05	Gediz	1155,9	866,9
06	Küçük Menderes	179,2	179,2
07	Büyük Menderes	1045,4	761,5
08	Batı Akdeniz	473,2	316,7
09	Antalya	1164,7	576,3
10	Burdur Göller	106,4	89,5
11	Akarçay	345,4	345,4
12	Sakarya	2197,1	1545,2
13	Batı Karadeniz	641,2	607,6
14	Yeşilirmak	907,2	872,8
15	Kızılırmak	2003,1	1762,9
16	Konya Kapalı	2597,0	2023,0
17	Doğu Akdeniz	96,5	70,5
18	Seyhan	838,8	749,9
19	Asi	393,2	289,5
20	Ceyhan	985,3	533,5
21	Fırat- Dicle (*)(**)	4994,8	3763,7
22	Doğu Karadeniz	490,9	490,9
23	Çoruh	30,0	20,0
24	Aras	388,5	294,4
25	Van Gölü	179,2	148,2
Toplam		23032,3	17815,3

Kaynak: DSİ, 2022

Türkiye’de yeraltı suları da önemli kaynaklardır. Çünkü yüzey suyunun yetersiz olduğu alanlarda en önemli sulama kaynağı yeraltı suları olmaktadır. 2021 yılı DSİ verilerine göre, 17,8 milyar m³ yeraltı suyu rezervi bulunmaktadır. Tablo 2.5’e göre yeraltı su rezervleri bakımından sıralama Fırat-Dicle (3.763 hm³/yıl), Konya Kapalı Havzası (2.023 hm³/yıl), Kızılırmak (1.762 hm³/yıl), Sakarya(1.545 hm³/yıl) havzaları şeklinde iken sıralama, yer altı su beslenimi bakımından Fırat-Dicle (4.994 hm³/yıl), Konya kapalı havzası (2.597 hm³/yıl), Sakarya (2.197 hm³/yıl) ve Kızılırmak (2.003 hm³/yıl) şeklindedir. Yıllık bazda yeraltı suyu rezervinin 10 milyar m³’ü sulamaya, 5,5 milyar m³’ü ise evsel ve endüstriyel kullanım için ayrılmaktadır. Yeraltı su kaynakları çeşitli sebeplerle kirlenmekte ve kullanılabilir olanların miktarı giderek azalmaktadır. Türkiye’de yanlış kentsel su kullanımından, turizm ve tarım faaliyetlerine kadar çeşitli nedenlerle yeraltı suları kirlenmektedir. Kirlenen yeraltı kaynakların temizlenmesi ise yüksek maliyeti nedeniyle fazla mümkün olmamaktadır. Özellikle tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve ilaçlar yeraltı sularında ciddi bir kirlenmeye neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar Bursa Ovası, Çukurova ve Konya Havzasında yer alan sularda nitrat oranının arttığını ve ciddi boyutlarda bir kirlenmenin söz konusu olduğunu göstermektedir. Kirlenmeye ek olarak özellikle kuyuların kullanımındaki artışa paralel olarak yeraltı suları miktar olarak da azalmaktadır. DSİ Genel Müdürlüğü’nün 2007 tarihinde başlatmış olduğu yeraltı suyu kuyuları envanter çalışmasında, sadece Konya Havzasının %70’inde bulunan 50 bin civarında kuyu olduğu tespit edilmiştir (Alpaslan vd., 2008).

Genel olarak, havzalardaki su sorunu için havzalar arası su transferi gerçekleştirilmektedir. Ancak bu çözüm uzun vadeli bir çözüm değildir. Çünkü söz konusu transfer havzaların yer aldığı bölgede ekolojik, toplumsal ve ekonomik olumsuzluklara yol açabilecek niteliktedir. Bu nedenle havzalararası transfere karar verilmeden önce, söz konusu bölgede talebin azaltılması ve suyun etkin kullanımının sağlanması, atık suyun ekonomiye yeniden kazandırılması, arızın yerelden karşılanması gibi alternatiflerin öncelikle değerlendirilmesi gerekmektedir (WWF, 2014). Zira havzalararası transfer ilerleyen süreçte göçlerin artmasına yol açarak nüfusun belirli bölgelerde kontrolsüz bir biçimde çoğalmasına ve havzalarda ciddi sorunların yaşanmasına yol açabilir.

2.4. Sanal Su, Sanal Su Ticareti ve Su Ayak İzi

Günümüzde su tasarrufunun sağlanması amacıyla gerçekleşen alternatif su kaynağı arayışında sanal su ve su ayak izi kavramları önemli kavramlar olarak görülmektedir. Bu bağlamda sanal su ticareti suyun daha adil dağılımının, sürdürülebilir su yönetiminin ve gıda güvenliğinin sağlanması hususlarında oldukça önemli bir işlev üstlenmektedir.

2.4.1. Sanal Su Kavramı

Sanal su (Virtual water- VW) kavramı, 1990'lı yılların başında Doğu ve Afrika Çalışmaları Okulu'ndan (SOAS, Londra Üniversitesi) John Anthony Allan, tarafından temelde David Ricardo'nun Karşılaştırmalı Üstünlükler teorisine dayandırılarak oluşturulan bir kavramdır. Allan, MENA bölgesindeki (Orta Doğu ve Kuzey Afrika) su kıtlığının çözümüne yönelik bir yaklaşım olarak sanal su kavramını ortaya atmıştır. Allan, kıtlık yaşanan bölgelerde bu kıtlığın gıda ithalatı ile yani sanal su ithalatı ile hafifleyeceği ve bölgesel su ve gıda güvenliğinin de bu şekilde sağlanabileceğini belirtmiştir. Allan, suyun insanların yalnızca temel ihtiyaçları için kullanılmadığını, uluslararası ticareti yapılan gıda ürünlerinde de bulunduğunu belirtmiş ve ticarete konu olan suyu "sanal su" olarak ifade etmiştir (Allan, 1998; Allan, 2002; Allan, 2003)

Sanal su kavramı, genel olarak bir üründe somutlaşan suyu ifade etmektedir. Bu kavram, literatürde üretim ve tüketim açısından iki farklı yaklaşımla tanımlanmaktadır. İlk yaklaşıma göre sanal su, bir ürünü üretmek için ihtiyaç duyulan su hacmini/miktarını ifade etmektedir. Bu yaklaşıma göre, üretim ve bu üretime bağlı olarak su kullanımı yer ve zamanın da dâhil edildiği üretim koşullarına bağlı olmaktadır (Chapagain & Hoekstra, 2003). Üretim yaklaşımına göre, bir ülkede bir ürünü üretmek için harcanan su başka bir ülkede aynı ürünü üretmek için harcanandan daha fazla ya da daha az olabilmektedir.

İkinci yaklaşım, sanal suyu üretici perspektifinden ziyade tüketici perspektifinden ele almaktadır. Bu yaklaşıma göre sanal su, ürünün kullanıldığı (tüketildiği) yerde, o ürünü üretmek için gerekli olan su miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım aynı zamanda bir ürünü kendimiz üretmek yerine ithal ederek ne kadar tasarruf sağlayabileceğimizi göstermektedir. Bu yaklaşımlardan yola

çıkarak sanal su "gömülü su" veya "dış kaynaklı su" olarak da adlandırılmaktadır (Chapagain & Hoekstra, 2003; Haddadin, 2003).

Hoekstra (2003)'e göre sanal su kavramına aynı zamanda, "yaşam döngüsü yaklaşımı"ndan da bakılmalıdır. Bu yaklaşıma göre kavram, ürünün üretim aşamasıyla sınırlanmamalı ve buna ek olarak ürünün kullanımı ve atık aşamalarını kapsayacak şekilde genişletilmelidir. Bu durumda sanal su bir ürünün üretiminde, kullanımında ve atık aşamasında kullanılan suyu ifade edecektir.

Allan'a göre sanal suyun politik ve ekonomik boyutu bulunmaktadır. Çünkü malların uluslararası ticareti söz konusu olduğunda bu ticaret uluslararası sanal su akışlarını beraberinde getirmektedir. Bir ülke başka bir ülkeye yoğun su harcayan bir ürün ihraç ettiğinde, o ülke aynı zamanda sahip olduğu suyu da sanal olarak ihraç etmiş olmaktadır. Su zengini ülkeler ihracat için su yoğun ürünler üreterek, bu şekilde bol su kaynaklarından kar elde etmektedirler. Öte yandan su kıtlığı olan ülkeler, su ihtiyacı olan tüm ürünleri yurtiçinde üretmek yerine su yoğun ürünleri ithal ederek kaynaklar üzerindeki baskıyı hafifletebilmekte ve bu şekilde tasarruf sağlayarak su güvenliğini sağlayabilmektedir. Bu ülkeler için sanal su alternatif bir kaynak olmaktadır. Bu durumda sanal su ticareti ülkeler ve hatta kıtalar arasında su kullanım verimliliği ve güvenliğini sağlamak için bir araç olarak kullanılabilir (Hoekstra & Hung, 2005). Bu sebeple sanal su ile jeopolitik sorunların çözümü, hatta su savaşlarının önlenmesi olasıdır (Allan, 1998; 2003).

Horlemann ve Neubert (2006)'e göre, sanal su ticareti, ekonomik anlamda da tasarruf aracı olmaktadır. Çünkü ülkeler sanal su ithalatı gerçekleştirmek suretiyle tasarruf sağladığında, tasarruf için inşa edilen barajlara ihtiyaç kalmayacak ve bu yatırım projeleri için gerekli fonlar deniz suyunun tuzdan arındırılmasına ya da diğer endüstriyel faaliyetlere kanallara edilebilecek, böylelikle hem ekonomik kazanç hem de tasarruf sağlanabilecektir.

Sanal suyun Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisine dayandırılması, kavramın politik boyutunun yanında, ekonomik boyutunun da bulunduğunu göstermektedir. Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisine göre, ülkeler üretimde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip oldukları ürünleri ihraç ederken, karşılaştırmalı dezavantaja sahip oldukları ürünleri ithal etmelidirler. Bu durum kaynaklar ile bağlantılı olarak suyun kıt olduğu ülkelerin sınırlı kaynaklarını fayda sağlayacak başka faaliyetler için kullanması ve

yoğun su tüketen mahsulleri ithal ederek ticaretten kazanç elde etmelerini mümkün kılmaktadır.

Suyun yaşam için zorunlu ve ikame edilemez bir mal olduğu ve bu yüzden aynı zamanda bir insan hakkı olarak ele alınması gerektiği daha önce ifade edilmişti. Bu bağlamda sanal su ticaretinin yukarıda bahsedilen politik ve ekonomik boyutuna ek olarak etik bir boyutu da bulunmaktadır. Bu nedenle sanal su kavramı ülkelerin sanal su ticaretini ekonomik ve politik gerekçelere ek olarak etik gerekçelerle de ilişkilendirmeleri gerekliliğini de gündeme getirmektedir. Bu bağlamda su zengini ülkeler su yoğun ürünler ihraç ederek diğer ülkelere ihtiyaçların karşılanması konusunda destek olmaktadır. Bununla birlikte sanal su ithalatı söz konusu olduğunda ithal edilen ülkedeki kaynakların durumuna bakılması da sanal su kavramının etik boyutunun doğal bir sonucudur. Hoekstra (2003)'e göre sanal su, küresel su kullanım verimliliğinin artırılmasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü sanal su ticareti ile verimliliğin nispeten yüksek olduğu bir ülkeden bu verimliliğinin nispeten düşük olduğu bir ülkeye doğru ticaret akışları gerçekleşmekte ve böylelikle küresel su verimliliği ve tasarrufu sağlanabilmektedir. Bütün bunlar, tüm insanlık yararı söz konusu olduğunda, sanal suya etik kimlik kazandırmaktadır.

Bitkisel ve hayvansal tarım ürünlerine ek olarak endüstriyel ürün ve hizmetler de sanal su içermektedir (Chapagain & Hoekstra, 2003; Hoekstra & Hung, 2005). Su endüstriyel ürünler söz konusu olduğunda soğutma veya yıkamada kullanılırken, tarımsal üretim sürecinde bitkilerin büyümesi, hayvanların beslenmesi ve sulanmasının sağlanması için gerekli olmaktadır. Bu nedenle tüm ürünler sanal su içermekte olup, bütün ürünler için sanal su miktarı hesaplanabilmektedir. Bir ürünün sanal su içeriği hesaplanırken üretim sürecindeki her adım, üretim yeri, dönemi, ara ürünlerin su içeriği, üretim yöntemi, yani üretim sürecini etkileyen tüm faktörler ve ürünün geçtiği tüm süreçler hesaplamaya dahil edilmektedir (Hoekstra, 2003). Seçilmiş bazı ürünlerin küresel ortalama sanal su içerikleri Tablo 2.6'da yer almaktadır:

Tablo 2.6 Bazı ürünlerin küresel ortalama sanal su içerikleri

Ürün	Sanal Su İçeriği (litre)
1 Bardak süt(200ml)	200
1 Fincan Kahve(125ml)	140
1 Fincan Çay(250ml)	35
1 Dilim Ekmek(30 gr)	40
1 Patates(100gr)	25
1 Elma(100gr)	70
1 portakal (100 gr)	50
1 Pamuklu T-Shirt(500gr)	4100
1 Hamburger(50gr)	2400
1 yumurta (40 gr)	135
1 Çift Ayakkabı(Deri)	8000
1 Microchip(2 gr)	32

Kaynak: Chapagain & Hoekstra, 2004.

Tablo 2.6'dan görüldüğü üzere, bir fincan kahve tüketildiğinde, sadece o fincan hacmi kadar değil, toplamda 140lt su tüketilmektedir. Çünkü bu kahvenin üretilmesi, toplanması, paketlenmesi, nakliyesi yani üreticiden tüketiciye ulaşıncaya kadarki süreçler de dikkate alınmaktadır ve tüm bu süreçlerde su kullanılmaktadır. Tüm ürünlerin sanal su içermesi ve söz konusu ürünlerin de ticarete konu olmaları nedeniyle sanal su kavramı, su, gıda ve ticaret arasındaki karmaşık etkileşimi ifade eden bir kavramdır (Earle, 2001). Bu nedenle sanal su ticareti kavramı da ayrıca önemli olmaktadır.

2.4.2. Sanal Su Ticareti

Uluslararası ya da bölgesel sanal su ticareti, kıtlaşan bir doğal kaynak olan suyun tasarrufunun ve güvenliğinin sağlanmasında önemli bir araç olarak görüldüğü ifade edilmişti. Bu bağlamda sanal su ticareti, bölgesel ve küresel su yönetimi konusunda alternatif bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.4.2.1. Uluslararası Sanal Su Ticareti

Küreselleşen dünyada artan uluslararası ticaret hacmine koşut olarak ülkelerarası sanal su ticaret hacmi de artmaktadır. Uluslararası ticaret faaliyetleri kapsamında bir ülke ürün ithal ya da ihraç ederken dolaylı olarak suyu da ithal ya da ihraç etmektedir. İthalat ve ihracat ile her yıl binlerce m³lük su bir ülkeden başka bir ülkeye transfer edilmektedir. Suyu bir yerden bir yere şişelerle, tankerlerle, borularla ya da farklı

yollarla fiziki olarak taşımak hem zor hem de maliyetli bir işlemken uluslararası ticaret faaliyetleri neticesinde su gömülü olarak ürünlerle birlikte ülkeler arasında yer değiştirmiş olmaktadır.

Uluslararası ürün ticareti ile gerçekleşen sanal su ticareti özellikle Orta Doğu, Kuzey Afrika bölgesi ve Güney Afrika gibi fiziksel ve ekonomik su kıtlığı ile karşı karşıya olan bölgelerde küresel tasarruf, su kıtlığının önlenmesi, güvenliği ve gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir işlev üstlenmektedir (Hoekstra & Hung, 2002; Hoekstra, 2003; Chapagain & Hoekstra 2003; Allan, 2003; Zimmer & Renault 2003; De Fraiture et al., 2004; Hoekstra & Chapagain, 2008, Oki et al., 2017). Bu sebeple sanal su ticareti alternatif bir su kaynağı olarak kabul edilmektedir. Sanal su ithalatı, devletler tarafından yerel su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmak için bir araç olarak da kullanılabilir. Örneğin Ürdün, yıllık olarak kendi yenilenebilir su kaynaklarının beş katından fazla sanal su ithalatı gerçekleştirmektedir. Bu şekilde Ürdün kendi iç su kaynakları üzerindeki baskıyı önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak öte yandan sanal su ithalatı Ürdün'ün diğer ülkelere olan bağımlılığının da artmasına yol açmaktadır. İsrail, Lübnan, Kuveyt, Katar, Bahreyn, Umman ve Malta gibi diğer su kıtlığı olan ülkeler de benzer şekilde yüksek sanal su ithalat oranları ile diğer ülkelere giderek daha bağımlı bir hale gelmektedir (Chapagain & Hoekstra, 2004).

1996-2005 yılları arasında küresel sanal su akışları (tarım ve endüstri ürünlerinin uluslararası ticareti ile gerçekleşen sanal su akışları) toplamı 2.320 Gm³/yıl'dır. Bazı ülkeler bu küresel akışta önemli rol oynamaktadır. Küresel sanal su ihracatının yarısından fazlasını oluşturan önemli brüt sanal su ihracatçıların ABD (314 Gm³/yıl), Çin (143 Gm³/yıl), Hindistan (125 Gm³/yıl), Brezilya (112 Gm³/yıl), Arjantin (98 Gm³/yıl), Kanada (91 Gm³/yıl), Avustralya (89 Gm³/yıl), Endonezya (72 Gm³/yıl), Fransa (65 Gm³/yıl) ve Almanya (64 Gm³/yıl) olduğu görülmektedir. Bu ülkeler kısmen su baskısı altındadır. En büyük mavi sanal su ihracatçıları ABD, Pakistan, Hindistan, Avustralya, Özbekistan, Çin ve Türkiye'dir. Bu ülkeler küresel mavi sanal su ihracatının %49'unu oluşturmaktadır. Bu ülkelerde kısmen su stresi yaşanmaktadır. ABD en büyük sanal su ihracatçısıdır. Ancak sadece 2004-2006 yılları arasında Brezilya lider ihracatçı olmuştur. ABD'nin sanal su ihracatı, 2007 yılında 115 km³ olarak gerçekleşmiş ve bu oran o yılki küresel sanal su ihracatının %22'sini oluşturmaktadır. Başlıca brüt sanal su ithalatçıları ise, ABD (234 Gm³/yıl), Japonya (127 Gm³/yıl), Almanya (125 Gm³/yıl), Çin (121 Gm³/yıl), İtalya (101 Gm³/yıl),

Meksika (92 Gm³/yıl), Fransa (78 Gm³/yıl), Birleşik Krallık (77 Gm³/yıl) ve Hollanda'dır (71 Gm³/yıl). Asya kıtası özellikle Çin sanal su ithalatını 2000-2007 tarihleri arasında %170 artırmış ve 2007 yılında Çin'in sanal su ithalatı 71 km³ olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu sanal su akışı 2007 tarihinde küresel sanal su akışının %13'üne tekabül etmektedir. Çin'deki sanal su ithalat artışı 2000 yılındaki yerel politika değişikliğine bağlı olarak gerçekleşen soya fasülyesi ithalatı ile ilişkilidir. Bu değişim, küresel soya pazarında küresel ölçekte su tasarrufu yapılmasını sağlamıştır (Hoekstra & Mekenon, 2011; Dalin et al., 2012).

Ülkeler sanal su dengesi bakımından ele alındıklarında en büyük net ihracatçılar Kuzey ve Güney Amerika (ABD, Kanada, Brezilya ve Arjantin), Güney Asya (Hindistan, Pakistan, Endonezya, Tayland) ve Avustralya'dır. En büyük net sanal su ithalatçısı konumundaki ülkeler ise Kuzey Afrika ve Orta Doğu, Meksika, Avrupa, Japonya ve Çin'dir (Mekenon & Hoekstra, 2011).

Erçin & Hoekstra (2012) tarafından gerçekleştirilen ve uluslararası sanal su akışının 2050 yılı projeksiyonlarının yer aldığı raporda, 2050 yılı ile 2000 yılı arasında sanal su ihracatçısı ve ithalatçısı ülkelerde bir değişiklik olmayacaktır. Bununla birlikte söz konusu raporda 2050 yılında sanal su ticaretinin 2000 yılına göre 5-10 kat daha fazla olacağı öngörülmektedir.

Graham vd. (2020) tarafından yapılan ve geleceğe yönelik projeksiyonları içeren çalışmada, 2030 yılından sonra Çin'in ithalatçı ülke konumundan ihracatçı ülke konumuna geçeceği ve 2100 yılında ise buğday ve pirinç ürünleri ticareti ile büyük bir küresel sanal su ihracatçısı ülke olacağı belirtilmektedir.

Ülkeler arasında gerçekleşen sanal su ticaretine konu olan sektörler farklılık göstermektedir. Ülkeler arasındaki sanal su akışından %76'lık oran ile en büyük payı tarımsal ürünler ve bunların işlenmesiyle üretilmiş olunan ürünlerin ticareti oluşturmaktadır. Hayvansal ürünler ve endüstriyel ürünler, bu akışta %12'lik bir paya sahiptir (Mekenon & Hoekstra, 2011). Ülkeler mevcut kaynaklarının yaklaşık %10'unu bireysel ihtiyaçlar için, geriye kalan kalan %90'lık kısmını ise tarım ürünlerinin ve endüstriyel ürünlerin üretimi için kullanmaktadır. Özellikle su tarımsal ürünlerde oldukça fazla kullanılan bir girdidir. Bu sebeple tarımsal ürünlerin ticareti sanal su ticareti ile daha fazla özdeşleşmektedir. Özellikle buğday gibi üretiminde yoğun su

kullanılan ürünler sanal suyu ve ticaretini daha açık bir şekilde ifade etmektedir (Allan, 1997; Allan, 1998).

Uluslararası sanal su akışlarında tarımsal ürünlerin kendi içinde dağılımına bakıldığında en büyük payı, yağ bitkileri (pamuk, soya fasulyesi, palmiye yağı, ayçiçeği, kolza tohumu ve diğerleri dâhil) ve bunlardan üretilmiş ürünler oluşturmaktadır. Bu ürünler, uluslararası toplam sanal su akışlarının %43'ünü oluşturmaktadır. Bu miktarın yarısından fazlasını pamuk ürünleri ticareti oluştururken, yaklaşık beşte birini soya fasulyesi ticareti oluşturmaktadır. Küresel sanal su akışlarında büyük paya sahip diğer ürünler ise, tahıllar (%17), endüstriyel ürünler (%12,2), uyarıcılar (içki %7,9) ve sığır eti ürünleridir (%6,7) (Mekonen & Hoekstra, 2011).

Uluslararası sanal su ticareti, küresel ölçekte tasarruf sağlanması açısından oldukça önemli bir işlev üstlenmektedir (Dalın et.al., 2012). 1996-2005 yılları arasında uluslararası tarım ürünleri ticareti ile 369 Gm³/yıl oranında küresel su tasarrufu sağlanmıştır. Bu tasarrufun %53'ü yağ bitkileri, %22'si hayvansal ürünler ve %15'i tahıl ürünleri ticareti ile gerçekleştirilmiştir (Mekonen & Hoekstra, 2011).

Sanal su ticareti kavramına, temel uluslararası ticaret teorileri olan Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisi ve Heckscher-Ohlin Teorileri çerçevesinde bakıldığında literatürde farklı görüşler ile karşılaşılmaktadır. Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisinde David Ricardo ülkelerin uluslararası ticarete uygulayabilecekleri en doğru politikanın, en etkin oldukları alanda uzmanlaşmaları ve uzmanlaştıkları ürünleri ihraç ederek daha yüksek maliyete sahip ürünleri ithal etmeleri olduğunu belirtmiştir. Uluslararası ticareti bu şekilde gerçekleştiren ülkelerin kıt kaynaklarını verimli şekilde kullanmaları ve ekonomik refahlarını artırmaları mümkün hale gelecektir (Seyidoğlu, 2015). Söz konusu teori suya uygulandığında, nemli ve ılıman iklime sahip ülkelerin, kurak ve yarı kurak ülkelerle, karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu mallar üzerinden sanal su ticareti yapması beklenmektedir (Affuso & Mixon, 2014). Yang vd. (2007), Güney ve Doğu Akdeniz ülkelerinin (SEMED) su mevcudiyeti ile gıda ticareti arasındaki ilişkiyi araştırdığı çalışmalarında bu ülkelerin çoğunun yerel gıda arzının, yüksek oranda su yoğunluklu mahsullerin ithalatına bağlı olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte bu bölge daha düşük su verimliliğine sahip meyve ve sebzelerin net ihracatçısıdır. İlgili çalışmanın bulguları, sanal su ticaretinde karşılaştırmalı üstünlüklerin geçerli olduğunu ampirik olarak desteklemektedir. Ayrıca Hoekstra

(2003), Allan (1998, 2001, 2003) ve Reimer (2012)'a göre de karşılaştırmalı üstünlük ve sanal su kavramı paralellik göstermektedir.

Literatürde sanal su ticaretinin Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisi ile açıklanabileceğini belirten çalışmaların yanı sıra tersini belirten çalışmalar da bulunmaktadır. Ansink (2010)'e göre, sanal su ticareti Karşılaştırmalı Üstünlükler teorisi ile açıklanamamaktadır. Çünkü Norveç, İsveç gibi bazı su zengini ülkelerin bu teori kapsamında sanal su ihracatçısı olması beklenirken ithalatçı konumundadır. Bu durum ilgili ülkelerin sermaye açısından zengin olmaları ile açıklanmaktadır. Bu nedenle, su yoğun olmayan mallarda karşılaştırmalı üstünlüğe sahiptirler. Wichelns (2004)'e göre, neoklasik modellerde çıktının yalnızca emek ve sermaye girdilerinin bir fonksiyonu olduğu kabul edilmekte ve kaynak maliyetleri (su maliyeti) hesaba katılmamaktadır. Bu sebeple, suyun değeri belirlenmedikçe ve ticarete göz önünde bulundurulmadıkça sanal su ticareti Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisi ile açıklanamamaktadır.

Dış Ticaret Teorilerinden Heckscher-Ohlin Teoreminin sanal su ticaretinde işleyişine bakıldığında, literatürde yine bazı çalışmalar sanal su ticaretini H-O Teorisi ile açıklamaktadır (De Fraiture et al., 2004; Earle, 2001). Heckscher- Ohlin Teoremine göre, bir ülke hangi üretim faktörüne zengin olarak sahipse, üretimini o faktörü yoğun bir biçimde kullanan mallarda gerçekleştirmesi halinde onları daha ucuza ürettiği için üstünlük elde eder ve o alanda uzmanlaşır (Seyidoğlu, 2015). Heckscher-Ohlin Teoremi bağlamında su zengini ülkelerin su yoğun ürünler üretip bunları ihraç etmesi beklenirken, kıtlık yaşayan ülkelerin su yoğun ürünleri ithal etmesi beklenmektedir.

De Fraiture ve ark. (2004) sanal su ticaretinin kısmen göreceli su bolluğu veya kıtlığı temelinde açıklanabileceğini ve Heckscher-Ohlin Teoreminin bu ticarete kısmen işlediğini belirtmektedir. Earle (2001)'e göre de sanal su ticaretinde H-O modeli kısmen geçerlidir. Bu durumu ülkelerin sahip oldukları su kaynakları ve tarımsal üretim seviyeleri ile ilişkilendirerek açıklamaktadır. Ona göre, su potansiyeli düşük ancak tarımsal üretimi yüksek olan ülkeler sanal su ihraç ederken; su potansiyeli yüksek ancak tarımsal üretimi düşük ülkeler sanal su ithal etmektedir.

Literatürde sanal su ticaretini H-O Teorisi ile açıklayan çalışmaların yanı sıra sanal su ticaretinin H-O Teorisi ile örtüşmediğini savunan çalışmalar da bulunmaktadır

(Ramirez-Vallejo ve Rogers, 2004; Yang ve Zehnder, 2007; Reimer, 2012; Fracasso vd., 2014).

Ramirez-Vallejo ve Rogers (2004), ülkelerin sanal su ticaret akışları ile tatlı su kaynakları arasındaki ilişkiyi Heckscher-Ohlin modelini temel alarak incelemişlerdir. Çalışma bulguları sanal su ticaret akışı ile su kaynağı potansiyeli arasında bir ilişki olmadığını göstermiştir.

Reimer (2012)'a göre sanal su ticaretini H-O teorisi ile açıklayan çalışmalarda hesaplamalara yeşil su dâhil edilmediği için elde edilen bulgular yanıltıcı veya yetersiz olabilmektedir. Bu nedenle sanal su ticareti H-O modeli ile açıklanamamaktadır.

2.4.2.2. Türkiye'nin Sanal Su Ticareti

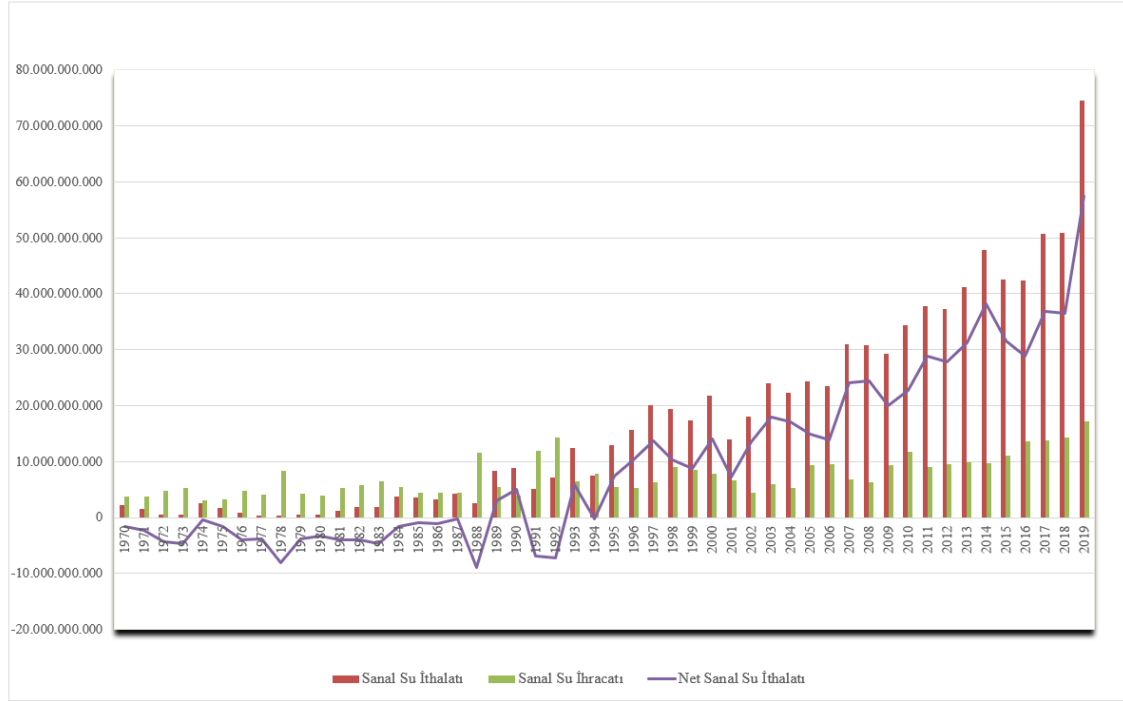
Küresel ölçekte giderek kıt bir doğal kaynak haline gelen suyun Türkiye özelinde de önemli bir sorun teşkil etmekte olduğu görülmektedir. Nitekim yapılan araştırmalar Türkiye'nin su zengini olmadığını ve ilerleyen yıllarda özellikle artan nüfus ve tüketim alışkanlıklarındaki değişiklikler nedeniyle kişi başına düşen su miktarının daha da azalacağına işaret etmektedir. Türkiye jeopolitik konumu ve gelişen ekonomisi açısından aktif bir dış ticaret potansiyeline sahiptir. Bu doğrultuda artan ticaret potansiyeli ve azalan su kaynakları baz alındığında sanal su ticareti Türkiye'de tasarrufun sağlanmasını ve kullanımın optimize edilmesini mümkün kılmaktadır. Tarım sektörü de suya bağlılığı ve ekonomi içerisindeki önemli payından dolayı sanal su ticaretinde önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye'de tarımın GSYH içindeki payı yıldan yıla azalmakla birlikte sahip olduğu üretim potansiyeli nedeniyle tarım sektörü önemini sürdürmektedir.

Tarımsal ürünlere yönelik artan talebin bir sonucu olarak tarım ürünleri ithalatında özellikle son yıllarda ciddi bir artış gözlenmektedir. İthal edilen tarımsal ürünler içerisinde hammaddeler ağırlıklı bir yer tutmakta ve bu ürünler iç talebin karşılanmasına ek olarak işlenmiş ürün olarak ihracata da konu olmaktadır. Türkiye'de ürün gruplarının toplam ihracat ve ithalat yüzdeleri, sanal su ihracat ve ithalat değerleri Tablo 2.7'de yer almaktadır:

Tablo 2.7 Ürünlere göre toplam ihracat ve ithalat yüzdeleri, sanal su ihracat ve ithalat değerleri

Ürün Türleri	Toplam İhracat Değeri	Sanal Su İhracatı	Toplam İthalat Değeri	Sanal Su İthalatı
İşlenmemiş Tarım Ürünleri	% 6	% 19	% 3	% 60
Tekstil Ürünleri	% 20	% 42	% 6	% 14
İşlenmiş tarım ürünleri	% 4	% 34	% 4	% 18
Mineral,cam ve metal ürünleri	% 33	% 5	% 49	% 8
Makine, motorlu taşıt elektronik vb.	% 30	% 5	% 35	% 8
Diğer	% 7	% 5	% 3	% 8
Toplam	% 100	% 100	% 100	% 100

Kaynak: WWF, 2014



Şekil 2.6 Türkiye’de tarımsal ürünlerde sanal su ithalatı, ihracatı ve net sanal su ithalatı

Kaynak: FAO ihracat, ithalat değerlerinden ve Mekonnen & Hoekstra (2011) tarafından hesaplanan ürünlerin su ayak izi değerlerinden yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2.7’den görüleceği üzere tarım ürünlerinin sanal su ihracatındaki payı işlenmemiş ve işlenmiş ürünlere göre sırasıyla % 19 ve % 34; sanal su ithalatında ise %

60 ve % 18'dir. Bu tabloya göre, Türkiye'de işlenmiş tarım ürünlerinde su yoğun ürünlerin ihracatı yapılırken, işlenmemiş tarım ürünlerinde su yoğun ürünlerin ithalatı yapılmaktadır. Bu rakamlara göre, her ne kadar sanal su ihracatı fazla (%34) olsa da sanal su ithalatının daha yüksek (%60) olması Türkiye'yi tarımsal ürünlerde net sanal su ithalatçısı haline getirmektedir (Şahin, 2016). Bu durumun ekonomiye sağlanan katma değer, su tasarrufu ve dışa bağımlılık ölçütleri temelinde fayda-maliyet analizi yapılarak kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin tarımsal ürünlerde (işlenmiş ve işlenmemiş tarımsal ürünlerde) sanal su ithalatını, ihracatını ve net sanal su ithalatını yıllar itibariyle incelemek ve bu şekilde kaynakların kullanımını (su kazanç ve kayıplarını) görebilmek için Şekil 2.6 oluşturulmuştur.

Şekil 2.6'da Türkiye'nin 1970-2019 yılları itibariyle sanal su ithalatı, ihracatı ve net sanal su ithalatı görülmektedir. Şekildeki net sanal su ithalatına ilişkin rakamlar aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır. Buna göre, bir ülkenin net sanal su ithalatı yani sanal su bütçesi brüt sanal su ithalatı ile brüt sanal su ihracatının farkına eşittir (Hoekstra & Hung, 2005):

$$NVWI = GVWI - GVWE \quad (1)$$

Eşitlik 1'de yer alan NVWI net sanal su ithalatını ($m^3/yıl$), GVWI brüt sanal su ithalatını ($m^3/yıl$), GVWE brüt sanal su ihracatını ($m^3/yıl$) göstermektedir.

Net sanal su ithalatının negatif olması ülkenin sanal su ihracatçısı olduğu anlamına gelirken, pozitif olması ülkenin ithalatçı olduğunu göstermektedir. Gerçekleştirilen hesaplamalar sonucu tespit edilen ve Şekil 2.6'da gösterilen tarımsal ürünlerin net sanal su ithalatındaki yıllar itibariyle ortaya çıkan değişkenlikler oldukça dikkat çekicidir. Söz konusu şekilde görüldüğü üzere 1988 yılında en düşük ($-9.002.391.585 m^3$) net sanal su ithalatı gerçekleşirken, 2019 yılında en yüksek ($57.463.759.241 m^3$) net sanal su ithalatı gerçekleşmiştir. 1989-1990-1993 yılları hariç olmak üzere 1970-1995 yılları arasındaki dönemde Türkiye sanal su ihracatçısı iken, 1995 yılından itibaren ithalatçı konumuna geçmiştir. Bu durum uzun yıllardır tarımsal ürünlerin sanal su ticaretiyle kaynakların ihraç edildiğini ancak 1995 yılından bu yana sanal suyun ithal edildiğini göstermektedir. Sanal su dengesinin pozitif olması durumunda yani ithalatın ihracattan yüksek olması halinde su tasarrufu sağlanmaktadır.

Türkiye'nin tarımsal ürünlerde hammadde ithal edip, işlenmiş ürünler ihraç ediyor olması hususu dikkate alındığında, Türkiye'nin su yoğun tarımsal ürünleri (pamuk ve buğday gibi) ithal ettiğini söylemek mümkündür.

Günümüzde Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 1.340 m³/yıl olup artan nüfus ile birlikte 2040 yılında kişi başına su miktarının 1.116 m³/yıl olacağı ve bunun sonucu olarak Türkiye'nin yoğun bir krizle karşılaşacağı öngörülmektedir (<https://www.dsi.gov.tr/Haber/Detay/1786>). Bu bağlamda ele alındığında, sanal su ithalatındaki artışın tasarruf yoluyla Türkiye'deki su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltması beklenmektedir. Ancak bu durumun artan dışa bağımlılık ve ekonomide yaratılan katma değer kriterleri de göz önünde bulundurularak kapsamlı bir biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.4.3. Su Ayak İzi

Su ayak izi (Water footprint- WF) kavramı, sanal su kavramı gibi kaynakların yönetiminde yeni bir yaklaşımdır. Bu kavram, ilk kez 2002 yılında Hollandalı bilim insanı Arjen Hoekstra tarafından sanal su kavramının zemininde geliştirilmiş olup, Hollanda'daki Twente Üniversitesi ile Su Ayak İzi Ağı (Water Footprint Network-WFN)³ tarafından gerçekleştirilen çalışmalar ile kavram derinleştirilmiştir. Bu kavramın derinleştirilmesiyle birlikte tedarik zinciri boyunca su kullanımının dikkate alınması fikri ilgi çekici hale gelmiştir. Bir ürünün su ayak izi ile üretilmesinden, tüketimine kadar, tüm tedarik zincirini içerecek şekilde kullanılan tatlı su hacminin yanında suyun nerede, nasıl kullanıldığı ve türü de ifade edilmektedir. Su ayak izi kavramı bir tüketicinin ya da üreticinin hem doğrudan hem de dolaylı su kullanımını hesaba katmaktadır (Hoekstra et al, 2009). Bu sebeple su kullanımının bütün süreçlerini kapsayan su ayak izi kavramı su kirliliği, kirliliği, tatlı su kaynaklarının daha iyi yönetilmesi, suyun ekonomideki yeri ve önemi konularında farkındalık oluşmasını sağlayacak bir kavram olmaktadır.

Buna yönelik ilk çalışmalar başlangıçta ülkelerin su ayak izini tespit etmek amacıyla yapılmış, ancak günümüzde ülkeler, bireyler, şirketler, ürünler, nehir havzaları, şehirler ve kıtalar nezdinde gerçekleştirilmektedir (Chapagain & Hoekstra, 2008; Galli et al., 2012; Hoekstra ve Chapagain, 2007; Hogeboom et al., 2020).

³ Su Ayak İzi Ağı (Water Footprint Network), küresel boyutta krizleri çözmeye yönelik olarak adil ve akıllı su kullanımının geliştirilmesi için şirketler, kuruluşlar ve bireyler arasında işbirliği sağlayan bir platformdur (<https://waterfootprint.org/en/>).

Görüldüğü gibi su ayak izi kavramının çok geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Su ayak izi en nihayetinde kullanılan su miktarını bütün süreçleri içerisinde ölçmektedir. Kavrama ilişkin bu genel tanım, onun bütün türlerini belirlemektedir. Örneğin, bir ürünün su ayak izi, tüm üretim ve tedarik zinciri boyunca tüketilen toplam tatlı su hacmini; bir tüketicinin su ayak izi, tüketici tarafından tüketilen tüm ürünlerin su ayak izlerinin toplamını ifade etmektedir (Konar & Marston, 2020). Bir topluluğun su ayak izi, üyelerinin su ayak izlerinin toplamını; ulusal tüketimin su ayak izi, orada yaşayanların su ayak izlerinin toplamını ifade etmektedir (Hoekstra et al, 2009).

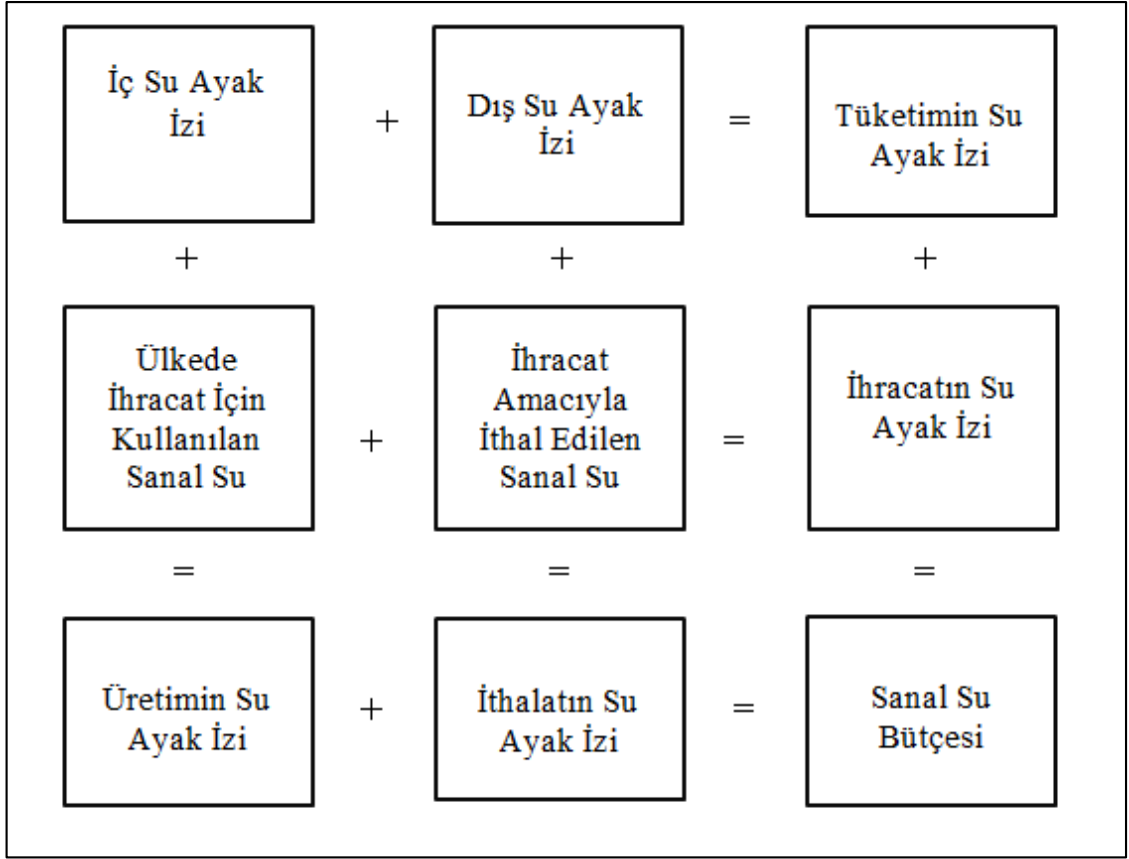
Daha önce de ifade edildiği üzere su ayak izi kavramı, kullanılan suyun hacmini, nerede, ne zaman kullanıldığını ve türünü göstermektedir. Su ayak izi kavramı, mavi ,yeşil ve gri su ayak izi olmak üzere birbirinden farklı üç su ayak izi türünü kapsamaktadır. Yeşil su, yerdeki yağmur ve kar suyu miktarı olup, bitkilerin büyümelerinden hasata kadarki süreçte bitkiler tarafından depolanan ve alınan suyu ifade etmektedir. Yeşil su ayak izi ise, tüketilen yağmur suyunun hacmini yani tüketilen yeşil su hacmini ifade etmektedir. Mavi su bitki sulama, hammadde çıkarma veya işleme adımlarında kullanılan ve belirli tekniklerle elde edilen yeraltı veya yüzey suyu kaynaklarını ifade etmektedir. Mavi su ayak izi ise, mavi su kaynaklarının tüketimini göstermektedir. Buradaki söz konusu tüketim buharlaşma, terleme ve bir ürüne dâhil edilen tüm su hacmini kapsamaktadır. Sulu tarımsal faaliyetlerin, sanayinin ve hanelerin tükettiği su genellikle mavi su olmaktadır. Gri su, kirli suyu ifade etmektedir. Gri su ayak izi, mahsul üretilmesi, hasat edilmesi ve işleme aşamaları sırasında kirletilen suları artırmak için ihtiyaç duyulan temiz suyun hacmini ifade edilmektedir (Mekonnen & Hoekstra, 2011; ElFetyany et al., 2021). Yani, bir bitkinin yetiştirilmesi süreci için tüm su ayak izi, yeşil, mavi ve gri su ayak izi değerleri toplamından oluşmaktadır. Bu değerler kullanılan suyun yerini, miktarını, kalitesini ve türünü göstermekte ve su ayak izi hesaplamalarında kullanılmaktadır. Bu bağlamda su ayak izi geleneksel su istatistiklerinden farklı bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tezde yukarıda bahsedilen su ayak izleri içerisinde ulusal su ayak izine odaklanılmaktadır. Belirli bir mahsulün üretiminin ulusal su ayak izi, belirli bir ülke temel alınarak hesaplanmaktadır. Bu bağlamda bir mahsulün ulusal ayak izi, temel alınan ülkenin ister sınırları içerisinde isterse de sınırları dışında üretilsin, o mahsulün üretiminde kullanılan su miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bir ülkede üretilen mahsul ya iç tüketime yönelik olabilir ya da ihracata yönelik üretilebilir. Öte yandan ülkede

üretilmeyen bir mahsul ithalat yoluyla ülke içi tüketime sunulabilir. Tüm bu hususlar ulusal su ayak izinin iki yönünü ortaya çıkarmaktadır: üretimin ve tüketimin su ayak izi. Ulusal üretimin su ayak izi, ülke içerisinde tüm sektörlerdeki (tarımsal, hayvansal, evsel ve endüstriyel sektörler) mal ve hizmetleri üretmek için hesaplanan su ayak izlerinin toplamıdır (Muratoğlu, 2019). Ulusal tüketimin su ayak izi ise, iç ve dış su ayak izi olmak üzere iki şekilde incelenmektedir (Mekonnen & Hoekstra, 2011). Ulusal tüketimin iç su ayak izi, ülke içindeki bireyler tarafından kullanılan mal ve hizmetlerin üretimi için gerekli olan toplam suyu, sanal su ihracatını ve diğer ülkelerde üretilen mal ve hizmetlerin ihracatı için gerekli olan toplam su hacmini ifade etmektedir. Ulusal tüketimin dış su ayak izi ise mal ve hizmetlerin ithal edildiği ülkelerdeki mal ve hizmetlerin üretimi için gerekli olan toplam suyu ifade etmektedir (Allafi Omar, 2019). Bir ülkede üretimin su ayak izi, yalnızca o ülkeye ait su kaynaklarının kullanımını dikkate almaktadır. Ancak, tüketimin su ayak izi açısından bir ülkenin su ayak izi ele alındığında, su ayak izinin iç ve dış olması durumları göz önünde bulundurulmalıdır. Bundan dolayı tüketim perspektifi su kaynaklarının kullanımında daha geniş bir bakış açısı sunmaktadır. Ayrıca burada ihracatın su ayak izi sanal su ihracatını ve ithalatın su ayak izi de sanal su ithalatını göstermektedir.

Literatürde sıklıkla ulusal su ayak izlerinin ölçülmesi ve haritalarla gösterilmesi çalışmalara konu olmuştur. Bu hesaplamalar çeşitli göstergeler oluşturarak ülkelere su yönetiminde kolaylıklar sağlamaktadır. Ulusal su ayak izi hesaplanması konusunda ilk küresel çalışma Hoekstra ve Hung (2002) tarafından gerçekleştirilmiştir. İkinci ve daha kapsamlı çalışma, Hoekstra ve Chapagain (2008) tarafından yapılmış ve sonraki yıllarda da konu ile ilgili bir dizi rapor yayınlanmıştır. Bu çalışmalardan FAO veri tabanında yer alan ve birçok çalışmada referans alınan, ülkelere göre ürün bazlı su ayak izi çalışması Mekonnen ve Hoekstra (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmadır. Tezde bu çalışmada oluşturulan referans değerler baz alınmıştır. Şekil 2.7’de ulusal su ayak izinin muhasebesi gösterilmiştir.

Şekil 2.7’de gösterildiği gibi ulusal su ayak izinin hesaplamasında önemli nokta kaynaktır. Yani suyun ulusal (iç) su veya dışsal su olup olmadığı hususudur. Ulusal tüketimin dış su ayak izi sanal su ithalatının tespit edilmesinde kullanılırken; iç su ayak izi sanal su ihracatının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Sanal su bütçesine ise, sanal su ihracatına ulusal tüketimin su ayak izinin, sanal su ithalatına ulusal su ayak izinin eklenmesiyle ulaşılmaktadır.



Şekil 2.7 Ulusal su ayak izinin şematik gösterimi

Kaynak: Hoekstra vd., 2011

Bir ülkenin ulusal su ayak izinin ($m^3/yıl$) hesaplanması matematiksel olarak şu şekilde gösterilmektedir (Hoekstra & Chapagain, 2008):

$$WF_n = WU_a + WU_i + WU_d + V_i - V_e \quad (2)$$

Horlemann ve Neubert (2006) eşitlik 2'yi şu şekilde ifade etmiştir:

$$\begin{aligned} \text{Su ayak izi (WF}_n\text{)} &= \text{Ulusal Su tüketimi (WU}_a + \text{WU}_i + \text{WU}_d) + \\ &\text{Sanal suyun suyun net ithalatı (V}_i - \text{V}_e) \end{aligned} \quad (3)$$

Eşitlik 3'de yer alan WF_n ülkenin toplam su ayak izini ($m^3/yıl$), WU_a tarımsal su ayak izini, WU_i endüstriyel su ayak izini ve WU_d evsel su ayak izini göstermektedir. V_i

ithal edilen sanal su miktarını ve V_e ihraç edilen sanal su miktarını göstermektedir (Hoekstra & Chapagain, 2008). Eşitlik 2’de yer alan kavramlardan hareketle iç ve dış su ayak izleri olmak üzere iki önemli kavram ortaya çıkmıştır (Hoekstra & Chapagain, 2008):

İç su ayak izi şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$WFi = WUa + WUi + WUd - Ved \quad (4)$$

Eşitlik 4’de yer alan WFi iç su ayak izini ve Ved ihraç ürünleri için kullanılan sanal suyu göstermektedir. İç su ayak izi muhasebesinde ülke içindeki tüm su tüketimi hesaba toplanmakta ve bir ülkenin ihraç ürünleri için kullandığı sanal su miktarı ülke içindeki tüm su tüketiminden düşülmektedir.

Dış su ayak izi şu şekilde hesaplanmaktadır (Hoekstra& Chapagain 2008):

$$WFe = Vi - Ver \quad (5)$$

Eşitlik 5’de yer alan WFe dış su ayak izini, Vi sanal su ithalatı, Ver sanal su ihracatını (ithal ürünlerin yeniden ihracatını) göstermektedir. Yani dış su ayak izi diğer ülkelerden kaynaklanan ulusal sanal su tüketimini kapsamaktadır. Sonuç olarak, WFe bir ülkenin sanal su ithalatını göstermekte olup bu ithalattan, ithal edilip yeniden ihracata konu olan ürünlerin düşürülmesi ile elde edilmektedir.

Su ayak izinin iç ve dış olarak değerlendirilmesi sanal su ticaretinden türetilmiştir. Sanal su ithalatı, dış su ayak izine benzemekte olup sanal su ihracatı, ulusal tüketimden iç su ayak izinin çıkarılmasıyla oluşmaktadır (Hoekstra et al., 2012).

Hesaplamalardan anlaşılacağı üzere sanal su ve su ayak izi kavramları birbirlerine çok yakın kavramlardır. Bu iki kavram esasen aynı amaçlarla oluşturulmuş olmakla birlikte, su kullanımına ilişkin farklı göstergelerdir. Göstergelerin farklı oluşu su ayak izinin suyun kullanımına ilişkin daha detaylı bir analize imkân vermesinden kaynaklanmaktadır. Sanal su analizinin kullanılan suyun hacmini temel almasına karşılık, su ayak izinin kullanılan suyun hacmiyle birlikte, türünü (yeşil, mavi, gri), ne zaman ve nerede kullanıldığı hususlarını da içerdiği dikkate alındığında, su ayak izinin

daha geniş bir kavram olduğu ve çok boyutlu bir göstergesi ifade ettiği görülebilir (Hoekstra et.al, 2009). Fakat bu iki kavram arasındaki ilişkiyi belirlemek gerekirse su ayak izinin insanların tüketimi için gerekli olan sanal su hacminin toplam bir gösteri olduğunu söylemek mümkündür (Wang & Ge, 2020). Bir diğer ifade ile bu iki kavram birbirini tamamlamaktadır. Çünkü su ayak izi uluslararası ticarete gerçekleşmesi bakımından ülkeler arası sanal su akışlarını belirginleştirmektedir. Bu bağlamda su ayak izi zemininde sanal su, uluslararası ticaret ağını göstermekte ve karışık su ticaret ağını ortaya çıkarmaktadır.

2.4.3.1. Küresel Su Ayak İzi

Literatürde küresel su ayak izinin hesaplamasına ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar 1971-2005 tarih aralıklarını kapsamakta olup, tahmin edilen küresel su ayak izinin 5938- 8508 km³/yıl arasında değiştiği görülmektedir. Söz konusu araştırmalarda küresel su ayak izi tarımsal ve endüstriyel mal ticaretine bağlı olarak tahmin edilmektedir. Küresel boyutta sulanan alanların artmasına bağlı olarak mavi su ayak izinin artmasıyla küresel su ayak izinin 2090 yılına kadar %70 artması beklenmektedir (Mekonen & Gerbens-Leenes, 2020).

Küresel su ayak izinin sektörel dağılımına bakıldığında tarımsal üretimin %92'lik, sanayi üretiminin %4,4'lük ve evsel su kullanımının %3,6'lık paya sahip olduğu görülmektedir. Evsel su kullanımı da hesaplamalara katıldığında 1996-2005 dönemi için küresel su ayak izi toplamı 9087 Gm³/yıl olarak tahmin edilmiştir. Bu miktarın su türlerine göre yüzdesel dağılımı %74 yeşil, %11 mavi ve %15 gri su şeklindedir. Küresel ortalama su ayak izi kişi başına 1.385m³/yıldır. İhracata yönelik mal üretilmesi ile söz konusu olan küresel su ayak izi 1.762 Gm³/yıldır. Tarım sektöründe toplam su ayak izinin %19'u, sanayi sektöründe ise %41'i ihracata yönelik üretim ile ilgilidir. Evsel su temini ile ilgili su ayak izi, ihracatla hiçbir şekilde ilgili değildir. Su kullanan üç sektör üzerinden genel bir değerlendirme yapıldığında küresel su ayak izinin %19'unun iç tüketim için değil, ihracat için olduğu görülmektedir. Küresel su ayak izine ürün kategorileri zemininde bakıldığında tahılların %27, et ürünlerinin %22 ve süt ürünlerinin %7'lik paya sahip olduğu görülmektedir (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

Ülkelerin toplam su ayak izinin hesaplanması ve türünün (yeşil mavi gri su ayak izi) dağılımının tespit edilmesi, küresel tüketimde ve kirliliğinde ülkelerin payının tespiti

açısından önemli rol oynamaktadır. Ülkelerin su ayak izi değerlerinde yüksek farklılıklar bulunmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerin kişi başına düşen su ayak izi 1250-2850 m³/yıl aralığında değişmektedir. Buna karşın gelişmekte olan ülkelerin kendi aralarındaki su ayak izi değerleri çok daha fazla değişkenlik göstermekte olup 550-3800 m³/yıl aralığında değerler almaktadır. Seçilmiş bazı ülkelerin su ayak izi değerleri 1996- 2005 yılları verilerine göre Tablo 2.8’de gösterilmiştir

Tablo 2.8 Seçilmiş bazı ülkelerin su ayak izi değerleri

Ülke	Nüfus	Toplam su ayak izi (mm ³ /yıl)				Kişi başına su ayak izi (m ³ /yıl)
		Yeşil	Mavi	Gri	Toplam su ayak izi (m ³ /yıl)	
Türkiye	66.849	76.867	16.896	15.994	109.757	1642
Rusya	146.082	226.265	13.871	303.539	270.489	1852
ABD	288.958	69.024	203.655	183.566	821.353	2842
Çin	1.277.208	705.662	141.972	359.758	1.207.392	1071
Hindistan	1.051.290	758649	243.119	179.895	1.181.663	1089
Brezilya	175.308	435.966	13.826	31.930	481.722	2027
İtalya	57.521	48.449	6.722	1.222	56.393	2303
İsviçre	7.233	1.112	308	33	342.112	1528
İspanya	40.841	57.091	15.695	9.313	82.099	2461
Portekiz	10.278	9.804	2.355	1.773	13.932	2505
Yunanistan	10.937	12.037	4.136	1.687	17.860	2338
Nijerya	126.649	195.865	1.751	2.896	200.512	1242
Suriye	16.860	19.601	7.227	4.139	30.967	2107
Tayland	62.969	114.779	17.637	12.330	144.746	1407
Endonezya	206.706	292.347	12.627	27.182	332.156	1124

Kaynak: Mekenon & Hoekstra, 2011’den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2.8’de yer alan 1996- 2005 yılları verilerine göre Çin, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri en yüksek su ayak izine sahip ülkelerdir. Çin 1.207.392 m³/yıl, Hindistan 1.181.663 m³/yıl, ABD 821.353 m³/yıl su ayak izi değerlerine sahiptir. Söz konusu 3 ülke sadece küresel su ayak izinin %38’ini oluşturmaktadır. Bu 3 ülkeden sonra 482 m³/yıl su ayak izi değeri ile Brezilya gelmektedir. Hindistan’ın su ayak izi değerinde en yüksek payı mavi su ayak izi almaktadır. Bu ülkenin mavi su ayak izi değeri 243.119 m³/yıl olup, küresel mavi su hacminin %24’ünü oluşturmaktadır. Çin ise 359.758 m³/yıl gri su ayak izi hacmi ile küresel gri su ayak izinin %26’sını oluşturmaktadır. Yenilenebilir su kaynakları potansiyeli düşük olup mavi su ayak izinin yüksek olması ileride o ülkenin su stresi yaşayabileceği anlamına gelmektedir. Yeşil su ayak izi yüksek olan bir ülke için ise üretimin ve tüketimin yağışlara ve iklim koşullarına karşı duyarlı olduğu söylenebilir (Mekonen & Hoekstra, 2011). Gri su ayak izi yüksek olan bir ülke için ise sanayisinin gelişmiş olduğu ya da su kirliliğinin fazla olduğu söylenebilir. Tüm ülkelerin ortak noktası ise, tarımsal üretimle ilgili su ayak izi değerinin, ülke içindeki toplam su ayak izi içinde en büyük payı alıyor olmasıdır. Ayrıca Çin, ABD ve Belçika endüstriyel üretimle ilgili olarak yüksek su ayak izine sahip ülkelerdir.

Ülkeler arasında nüfus farklılıkları olması sebebiyle ülkelerin su ayak izi değerlerini daha iyi inceleyebilmek için kişi başına bu değerlere bakılması daha sağlıklı olacaktır. Tablo 2.8’de görüldüğü üzere kişi başına en yüksek su ayak izine sahip ülkeler; ABD 2.842 m³/yıl, Portekiz 2.505 m³/yıl, İspanya 2.461 m³/yıl’dır. Buna karşın en düşük ülkeler; Çin 1071 m³/yıl, Hindistan 1089 m³/yıl, Endonezya 1.124 m³/yıl’dır.

Ülkelerin su ayak izi değerleri arasındaki yüksek fark dikkat çekmektedir. Ülkelerin yüksek su ayak izini ve aynı zamanda ülkeler arasındaki su ayak izi değer farklılıklarını açıklayan dört önemli faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden ilki, bir ülkenin toplam tüketim miktarıdır. Örneğin ABD, İtalya ve İsviçre’nin yüksek su ayak izleri yüksek tüketim miktarları ile açıklanmaktadır. Yüksek su ayak izinin ardındaki ikinci faktör, insanların yoğun su içeren ürünleri özellikle tercih ediyor olmaları yani tüketim alışkanlıklarıdır. Özellikle yüksek et tüketimi, yüksek su ayak izine neden olmaktadır. Bu faktör, ABD, Kanada, Fransa, İspanya, Portekiz, İtalya ve Yunanistan gibi ülkelerin yüksek su ayak izlerini kısmen açıklamaktadır. ABD’deki ortalama et tüketimi, 120 kg/yıl olup, dünya ortalamasının et tüketiminin 3 katından fazladır. Et tüketiminin yanı sıra sanayi ürünlerinin yüksek tüketimi, zengin ülkelerin toplam su

ayak izlerini artırmaktadır. Yüksek su ayak izi miktarını açıklayan üçüncü faktör iklimdir. İlimden kaynaklı kurak ve sulamanın da yeterli olmadığı yerlerde bitkisel üretimde birim başına su ihtiyacı yüksek olmaktadır. Bu faktör, Nijerya ve Suriye gibi ülkelerdeki yüksek su ayak izini kısmen açıklamaktadır. Yüksek su ayak izini açıklayabilen dördüncü bir faktör, tarım sektöründe suyun verimsiz kullanılmasıdır. Tayland, Nijerya ve Endonezya gibi ülkelerin yüksek su ayak izlerine sahip olması suyun verimsiz kullanımı ile açıklanmaktadır (Chapagain & Hoekstra, 2004).

Hoekstra uluslararası ticarete su ayak izinin özellikle dikkate alınması gerektiği belirtmektedir. Çünkü örneğin iki pamuklu tişört aynı görünmelerine rağmen, pamuğun nerede üretildiğine bağlı olarak tamamen farklı su ayak izlerine sahip olabilmektedir. Ancak uluslararası ticarete temel kurallardan birisi 'En Çok Kayrılan Ülke' kuralı⁴dır.

Bu kurala göre, bir ürünün kökenini ve onun yerel su rezervleri üzerindeki olası negatif etkilerini göz önünde bulundurmamak yasaktır. Ayrıca mal ve hizmetlerin üretiminde sürdürülebilir su kullanımı konusunda uluslararası anlaşmalar olmadığından su ile ilgili anlaşmazlıklar DTÖ tarafından çözülmektedir (Barlow, 2016).

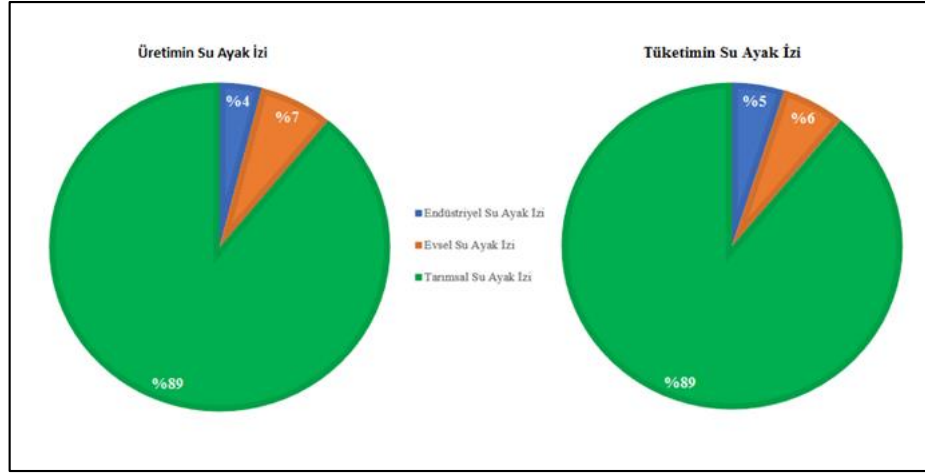
Erçin & Hoekstra (2012) tarafından küresel su ayak izinin 2050 yılındaki durumunu belirlemek için çeşitli senaryolardan (nüfus ve ekonomik büyüme, üretim/ticaret kalıpları, tüketim kalıpları ve teknolojik gelişmeye dayalı ayak izi senaryoları) oluşan bir rapor hazırlanmıştır. Söz konusu raporda 2050 yılındaki su ayak izinin 2000 yılına göre tüm senaryolarda %50- %175 arasında artacağı belirtilmektedir. Ancak nüfus artış varsayımına rağmen, tüketim kalıplarının değişmesi durumunda insanlığın su ayak izinin sürdürülebilir seviyelere indirilmesinin mümkün olacağı belirtilmektedir.

2.4.3.2. Türkiye'nin Su Ayak İzi

Küresel su sorunlarının etkisini gösterdiği ülkelerden birisi de Türkiye'dir. Yapılan araştırmalarda günümüzde mevcut kaynaklar ile ulusal su yeterliliğini sağlayan Türkiye'nin yakın gelecekte kişi başına düşen su miktarında ciddi miktarda azalma olacağı öngörülmektedir. Türkiye nüfusunun 2040 yılında kişi başına su miktarının

⁴ En Çok Kayrılan Ülke kuralına ticarete ayırım yapmama kuralı da denilmekte olup, bu kurala göre DTÖ'ye üye ülkeler, DTÖ anlaşmaları uyarınca ticari ortakları arasında ayrımcılık yapamazlar ([https://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/tif_e/fact2_e.htm#:~:text=Most%2Dfavoured%2Dnation%20\(MFN,for%20all%20other%20WTO%20members\)](https://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/tif_e/fact2_e.htm#:~:text=Most%2Dfavoured%2Dnation%20(MFN,for%20all%20other%20WTO%20members).)).

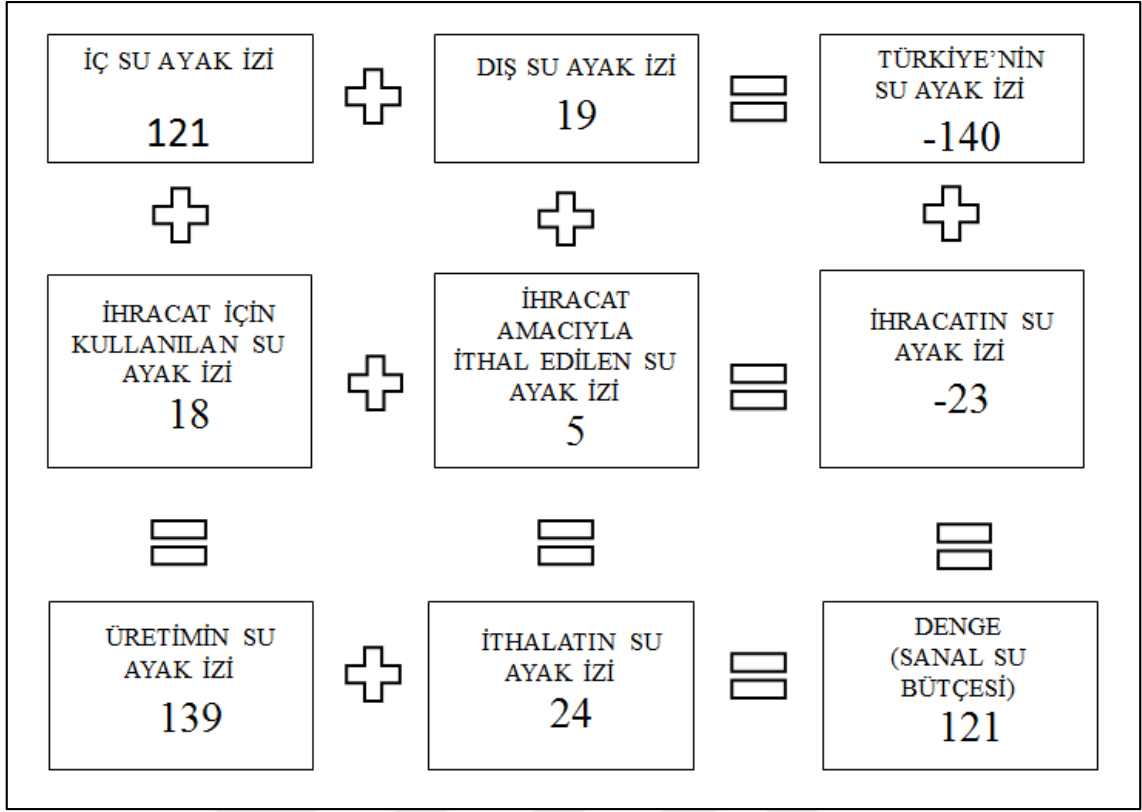
1.116 m³'e düşeceği öngörülmekte olup Falkenmark su indeksine göre bu durum ülkede su baskısının başlamış olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, su kaynaklarını korumak, verimli kullanmak Türkiye açısından büyük önem taşımakta olup su ayak izi su tasarrufu sağlanmasında oldukça önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak literatürde Türkiye ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmaların az sayıda olduğu ve ağırlıklı olarak ürün, kişi, sektör bazlı, havza ve şehir ölçekli olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar; şöyle sıralabilir: Demir (2023) tarafından gerçekleştirilen ve sığır eti üretiminde su ayak izinin değerlendirildiği çalışma, Muratoğlu, İraz ve Erçin (2022) tarafından yapılan ve Fırat Nehri havzasının su ayak izinin hesaplandığı çalışma, Muratoğlu ve Avanoz (2021) tarafından gerçekleştirilen ve Türkiye'de tarımsal ürünlerin mavi ve yeşil su ayak izlerinin hesaplandığı çalışma, İraz (2021) tarafından yapılan ve Fırat havzasının su ayak izinin hesaplandığı çalışma, Erdem (2021) tarafından gerçekleştirilen ve Seyhan, Ceyhan ve Asi havzalarında tarımsal su ayak izinin analizine ilişkin çalışma, Durmuş (2021) tarafından yapılan ve süt sektörünün su ayak izinin hesaplandığı çalışma, Avanoz (2020) tarafından yapılan ve 2008-2018 yılları arasında Türkiye'de tarımsal üretimin su ayak izinin hesaplandığı çalışma, Muratoğlu (2020) tarafından gerçekleştirilen ve 2008-2019 yılları için buğday ürününün il bazında su ayak izinin hesaplandığı çalışma, Bulut ve Şahin (2020) tarafından yapılan ve pedagojik formasyon öğrencilerinin su tüketim davranışları ile su ayak izlerinin incelendiği çalışma, Muratoğlu (2019) tarafından gerçekleştirilen ve 2008-2019 yılları için Diyarbakır ilinin üretimin su ayak izinin incelendiği çalışma, Yerli, Şahin, Kızıloğlu, Tüfenkçi ve Örs (2019) tarafından yapılan ve Van ilinde mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın su ayak izinin hesaplandığı çalışma, Muratoğlu (2018) tarafından gerçekleştirilen ve Dicle Havzası'nın 2010-2018 yılları için su ayak izinin hesaplandığı çalışma, Alper (2015) tarafından yapılan ve pamuk bitkisinin su ayak izinin sürdürülebilirliğinin birkaç il genelinde değerlendirildiği çalışma, GEKA (2015) tarafından yapılan ve Muğla ilinin su ayak izinin hesaplandığı çalışmalardır. Bu çalışmalar ile kıyaslandığında en bütünsel çalışmanın 2014 yılında Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF-Türkiye) tarafından gerçekleştirilen Türkiye'nin Su Ayak izi Raporu'nun olduğu görülmektedir. Çünkü söz konusu çalışmada tarımsal su ayak izi başta olmak üzere üretimin, tüketimin, ihracatın ve ithalatın su ayak izi hesaplanmıştır. Bu çalışmada yer alan üretimin ve tüketimin su ayak izinin sektörlere göre dağılımı Şekil 2.8'de gösterilmiştir:



Şekil 2.8 Türkiye’de üretimin ve tüketimin su ayak izinin sektörel dağılımı

Kaynak: WWF, 2014.

Şekil 2.8’de görülebileceği üzere Türkiye’de üretimin su ayak izinin sektörlere göre dağılımı, % 89 tarımsal, % 7 evsel, % 4 endüstriyel su ayak izi iken; tüketimin su ayak izinin sektörlere göre dağılımı %89 tarımsal, %6 evsel ve %5 endüstriyel su ayak izinden oluşmaktadır. Türkiye’de üretimin su ayak izi yaklaşık 139,6 milyar ve tüketimin su ayak izi 140,2 milyar m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Ulusal üretim su ayak izinde yeşil su ayak izi %64 orana sahip iken, mavi su ayak izi %19 oranındadır (WWF, 2014). Gri su ayak izi ise, %17’lik paya sahip olup, bu oran 23.7 Gm³/yıl suya tekabül etmektedir (WWF, 2014; Muratoğlu, 2020). Ulusal tüketimin su ayak izinde, tüketimden kaynaklanan su ayak izinin %66’sı yeşil su ayak izidir; mavi su ayak izi %17, aynı şekilde gri su ayak izi de %17’lik paya sahiptir (WWF, 2014). Türkiye’nin 2014 yılı itibariyle tüm ürünler bazında su ayak izi değerleri ve sanal su bütçesi Şekil 2.9’da gösterilmiştir:



Şekil 2.9 Tüm ürünler bazında su ayak izi değerleri ve sanal su bütçesi

Kaynak: WWF, 2014.

Şekil 2.9'da tüm ürünler baz alındığında Türkiye'de üretimin ve tüketimin su ayak izinin birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, ihracat yolu ile giden sanal su miktarı ile ithalat yoluyla gelen miktar neredeyse eşittir. Bu durum Türkiye'de tüm ürünler bazında sanal su bütçesinin dengeli olduğunu göstermektedir (Çakmak ve Gökalp, 2015). Ancak söz konusu tarımsal ürünler olduğunda uzun yıllardır sanal su ithalatı daha yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Çalışmada gerçekleşen hesaplamalar sonucunda tarımsal ürünlerdeki sanal su ithalatı ve sanal ihracatı 1970-2019 tarih aralığı için Şekil 2.6'da detaylı olarak gösterilmiştir. Tüketimin ve üretimin su ayak izinde %89'luk pay ile en yüksek oran tarım sektörünüdür. Türkiye'de olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerde de tarım sektörünün su ayak izi daha yüksek olmaktadır. Tarımın su ayak izinin %92'si bitkisel üretimden, %8'i otlamadan oluşmakta olup, bitkisel üretimin su ayak izinin dağılımını %38 tahıllar, %31 yem bitkileri, %13 endüstri meyveleri, %5 yağ bitkileri, %2 sebzeler ve baklagillerden kaynaklanmaktadır (WWF, 2014).

Bitkisel üretimin su ayak izi bileşenlerinde yeşil su ayak izi %66'lık bir paya sahiptir. Bu durum Türkiye'de tarım sektörünün yağışlara ve iklim koşullarına duyarlı olduğunu göstermektedir. Mavi su ayak izi ise bitkisel üretimde yaklaşık %20'lik bir paya sahiptir. Bu durum bitkisel üretim için sulama suyunun önemini göstermektedir. Bitkisel üretimde öne çıkan tahıllar ve yem bitkileri yüksek yeşil su ayak izi değerine sahipken, endüstri bitkileri yüksek mavi su ayak izine sahiptir. Endüstri bitkileri kadar olmasa da tahılların da mavi su ayak izi yüksektir (WWF, 2014).

Türkiye'de kişi başına su miktarındaki azalmaya rağmen, su ayak izi miktarında bir artış söz konusudur. 1995-2005 yılları arasında kişi başına yıllık su ayak izi miktarının dünya ortalaması 1.385 m³/yıl iken, Türkiye'de kişi başına miktar 1.642 m³/yıldır. Söz konusu değerler 2014 yılında yayımlanan Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporunda 2006-2011 yılları veri ile yeniden hesaplanmış ve kişi başına yıllık su ayak izi 1.977 m³/yıl olarak tespit edilmiştir. Kişi başı su ayak izindeki artış, değişen tüketim alışkanlıkları ve artan üretim hacmi ile ilişkilidir. Türkiye'de temel ihtiyaçlar için günlük kişi başına düşen su miktarı 216 litre olup, sanal suda dikkate alındığında kişi başına günlük doğrudan ve dolaylı su tüketimi 5.416 litre olmaktadır (WWF, 2014). Bu rakamlar üzerinden, eğer önlem alınmazsa, Türkiye'de gelecekte ürkütücü bir su kıtlığı öngörmek mümkündür.

2.4.4. Sanal Su Ticareti Hesaplamaları

Sanal suyun hesaplanması ve somutlaştırılması tüketimin, üretimin, iklim faktörlerinin ve ticaretin kıtlaşan doğal kaynak olan su üzerindeki etkisinin anlaşılması açısından önemli olmaktadır. Sektörler arasında sanal su içeriği bakımından en yüksek sektör tarımdır. Bu sebeple tarım ürünleriyle gerçekleşen sanal su ticaretinin incelenmesi oldukça önemlidir.

2.4.4.1. Tarımsal Ürünlerde Sanal Su Ticareti Hesaplamaları

Bu tezde tarım ürünlerinde sanal su ticaretinin hesaplanmasında ekonomi alanındaki geleneksel dış ticaret dengesi modeli baz alınmış ve bu modele su değişkeni, ekonomik, iklimsel ve tarımsal faktörler dahil edilerek model geliştirilmiştir. Literatürde sıklıkla dış ticaret dengesi toplam ihracat değeri ile toplam ithalat değeri arasındaki fark olarak ölçülmektedir. Bu çalışmada dış ticaret dengesi ihracat değerinin (X) ithalat değerine (M) oranı olarak ölçülmektedir. Dış ticaret dengesinin oran olarak (X/M) ya da

M/X) incelenmesi literatürde bazı çalışmalarda (Lal &Lowinger, 2002; Bahmani-Oskooee & Brooks, 1999 ; Gupta & Umar, 1999) kullanılmıştır. Bu şekilde kullanımın bir nedeni, oranın ölçü birimine duyarlı olmaması ve nominal veya reel ticaret dengesi olarak yorumlanabilmesidir (Bahmani-Oskooee, 1991). Ayrıca hesaplanan ticaret dengesi (X-M) bazen eksi olabilmektedir ve bu durumda söz konusu değişkenin logaritmik formda kullanılması zor olabilmektedir.

Dış ticaret dengesinin teorik temellerinde nispi fiyat ve gelirin etkisi eşitlik 6'daki gibi ifade edilebilir:

$$X/M=f\{P_H/P_W, Y_H/Y_W\} \quad (6)$$

Bağımlı değişkendeki X Türkiye'nin ihracatını, M ithalatını, X/M ise dış ticaret dengesini ifade etmektedir.

Bağımlı değişkenlerdeki P_H , Türkiye'deki fiyatlar (yurtiçi fiyatlar), P_W ise dünya fiyatları, P_H/P_W ise fiyat hadlerini, Y_H Türkiye GSYH, Y_W Dünya GSYH, Y_H/Y_W GSYH oranlarını ifade etmektedir.

Bu çalışmada nispi fiyat olarak reel döviz kuru alınmıştır. Çünkü reel döviz kurunun hesaplanmasında bir yurtiçi ya da yurtdışı fiyat indeksine ihtiyaç duyulmaktadır.

Dış ticaret dengesi tarımsal ürünler için, sanal su bağlamında yazıldığında 7 numaralı eşitlik elde edilmektedir:

$$VWX/VWM=f\{P_H/P_W, Y_H/Y_W\} \quad (7)$$

Eşitlikte, VWX Türkiye'nin tarımsal sanal su ihracatını, VWM ithalatını ve VWX/VWM sanal su ticaret dengesi göstermektedir.

Literatürde tarımsal ürünlerin üretimi için gerekli olan su miktarını hesaplayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Hoekstra & Hung, 2002; Zimmer& Renault, 2003; Hoekstra & Chapagain, 2006; Hoekstra & Mekonnen, 2011; Muratoğlu, 2020). Bu çalışmalarda tarımsal ürünler ile gerçekleşen sanal su ticareti hesaplanırken tarımsal ürününün üretim miktarı, ekim alanı, ortalama verimi, bitki sulama suyu gereksinimi,

ihracat ve ithalat değerlerinden yararlanılmaktadır. Sanal su ticaretinin hesaplanmasında temel yaklaşım, uluslararası ürün ticaret akış hacmini (ton/yıl) ürünün sanal su içeriğiyle (m³/ton) çarpmaktır (Hoestra & Hung, 2005). Bu durumda öncelikle ürünün sanal su içeriği (spesifik su talebi) hesaplanması gerekmekte olup bunun için de üretim miktarı, ekim alanından faydalanılmakta ve aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Hoestra & Hung, 2002):

Üretim miktarı (Y; ton), ekim alanına (T; ha) bölünerek, ortalama verim (R; ton/ha) bulunmaktadır:

$$R = Y / T \quad (8)$$

Ortalama verim, her tarımsal ürün için spesifik su talebi (Specific Water Demand SWD; m³/ton) hesaplanmasında kullanılmaktadır. Spesifik su talebi (ürün su ayak izi), bitki su gereksiniminin (Crop Water Requirement CWR; m³/ ha), ortalama verime (R; ton / ha) bölünmesiyle elde edilmektedir:

$$SWD = CWR / R \quad (9)$$

Bitkilerin su gereksinimleri (CWR) FAO'nun CROPWAT⁵ modeli kullanılarak birçok parametre ile hesaplanmaktadır. CWR, tam büyüme periyodu boyunca birikmiş ürün evapotranspirasyonunu ifade eden ETc'nin toplamıdır (Hoestra & Hung, 2002). Burada ET evapotranspirasyonu ifade etmektedir. ETc, her bitkinin gelişme dönemine, toprak yapısına, iklim bölgelerine ve tarımsal uygulamalar vb. faktörlerin etkisiyle meydana gelmekte ve farklılık göstermektedir (Allen et al., 1998). Çünkü ETc bitki su tüketimini ifade etmektedir. ETc'yi etkileyen faktörlerin karşılıklı bağımlılığı ile mekânsal ve zamansal değişkenliği nedeniyle, farklı koşullar altında ET'yi tahmin etmek için kullanılabilecek bir denklem oluşturmak neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle, ET denklemlerini, referans evapotranspirasyon (ETo) kullanarak standartlaştırma fikri ortaya atılmıştır (Temesgen et al., 2005). ETo, kısa boylu (ortalama 12 cm) ve tam

⁵ CROPWAT: Toprak, iklim ve bitki verilerine dayanarak bitki su gereksinimleri ve sulama ihtiyaçlarının hesaplanması için bir yazılımdır (<https://www.solvusoft.com/tr/file-extensions/software/fao/cropwat/>).

örtüye sahip bir bitkinin (çoğunlukla çim olarak kabul edilir) ele alınan bir dönemde, standart koşullar altındaki su tüketimini göstermektedir (Hoekstra & Hung, 2002).

Literatürde bitki su tüketimi (ETc) tahmini amacıyla geliştirilmiş çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı FAO-Penman Monteith yaklaşımıdır. FAO Penman-Monteith yöntemi radyasyon, hava sıcaklığı, hava nemi ve rüzgâr hızı verilerini içeren bir yöntemdir (Allen et al., 1998). Bu yaklaşıma göre bitki su tüketimi (ETc), ETo ile bitki katsayısı (kc) çarpılarak elde edilmektedir (Hoekstra & Hung, 2005):

$$ETc = ETo \times kc \quad (10)$$

Referans mahsul evapotranspirasyon (ETo) FAO-Penman Monteith yaklaşımı ile şu şekilde hesaplanmaktadır (Hoekstra & Hung, 2005):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \frac{c_n}{T+273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + (1 + c_d u_2)} \quad (11)$$

Eşitlik 11'de yer alan;

R_n = Bitki yüzeyi için hesaplanan net radyasyonu ,

G = Toprak ısı akısını ,

T = Günlük ortalama hava sıcaklığını,

U_2 = Günlük ortalama rüzgar hızını,

e_s = Doymun buhar basıncını

e_a = Gerçek buhar basıncını

Δ = Doymun buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimini

γ = Psikrometrik sabiteyi

C_n = Referans bitki tipi ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit pay katsayısını

C_d = Referans bitki tipi ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit payda katsayısını göstermektedir.

Analizlerde tarımsal ürünlerin spesifik su talebi (tarımsal ürünlerin su ayak izi değerleri) birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da yeniden hesaplanmamış, Mekonnen ve Hoekstra (2011) tarafından hesaplanan ülke bazlı ortalama değerler baz alınmıştır.

Eşitlik 12’de elde edilen spesifik su talebi değerleri (m^3/ton) ile ihracat (X ; ton) ve ithalat (M ; ton) rakamları çarpılarak ihraç (VWX ; m^3) ve ithal edilen sanal su miktarları (VWM ; m^3) hesaplanmıştır:

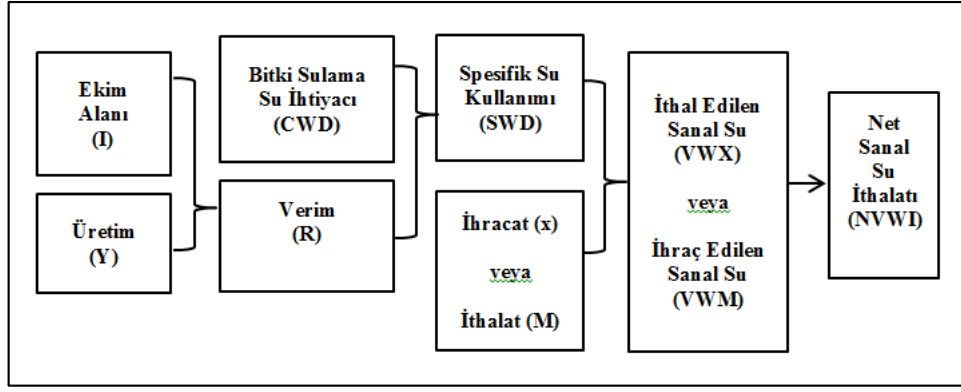
$$\text{Sanal su ihracatı (VWX)} = X \times SWD \quad (12)$$

$$\text{Sanal su ithalatı (VWM)} = M \times SWD \quad (13)$$

Tarımsal ürünlerin toplam sanal su ticaret dengesi ekonomi alanındaki dış ticaret dengesi bağlamında şu şekilde ifade edilebilir:

$$TVWTB = TVWX / TVWM \quad (14)$$

Eşitlik 14’de yer alan $TVWTB$ toplam sanal su ticaret dengesini, $TVWX$ toplam sanal su ihracat miktarını, $TVWM$ toplam sanal su ithalat miktarını ifade etmektedir. Şekil 2.10’da Sanal suyun hesaplanmasında izlenen adımlar özetlenmiştir:



Şekil 2.10 Net sanal su ithalatının hesaplanması

Kaynak: Velazquez, 2007.

Bir ürünün sanal su içeriği yukarıda belirtildiği gibi temelde bitki su tüketimi ve veriminden faydalanılarak hesaplanmaktadır. Ancak ürünün sanal su içeriği çeşitli faktörlere bağlıdır ve bu faktörler sürekli değiştiği için kesin hesaplamalar zorlaşmakta ve ortalama değerler belirtilmektedir. Doğru bir ölçüm için özellikle hesaplamalara dâhil edilmesi gereken 4 faktör bulunmaktadır (Horleman & Neubert, 2006):

- Üretim yeri ve zamanı: Bitki su gereksinimi, ürününün yetiştirildiği iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. İklim sadece yerel olarak değil aynı zamanda mevsimsel olarak da değişmekte ve farklı yıllarda farklı olabilmektedir.
- Ölçüm noktası veya ölçüm yeri: Ölçümün sulu tarım alanında ya da tarlada yapılması durumlarına göre farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Ölçümler tarlada yapılırsa, evapotranspirasyon yoluyla açığa çıkan su eklenmelidir.
- Üretim yöntemi ve bununla ilişkili su kullanımının verimliliği: Yetersiz altyapı ve verimsiz sulamadan kaynaklı kayıplar dikkate alınmalıdır.
- Su temini ve tüketimi: Bir ürünün yetiştirilmesi ve diğer tüm süreçler için kullanılan su dikkate alınmalıdır. Örneğin tütün bitkisinin sanal su içeriği hesaplanırken, tütünün su ihtiyacı ölçülmeli ve ayrıca bu tütünü kurutmak için yakılacak ağacın su ihtiyacı da tütünün sanal su içeriği hesaplanırken eklenmelidir.

Bu tezde yukarıda yer alan eşitlikler temelinde Türkiye'de tarımsal ürünlerin sanal su ticaret dengesi çeşitli değişkenler ile incelenmiştir.

3. YÖNTEM

Tarımsal ürünler ile gerçekleşen sanal su ticareti uluslararası literatürde yoğun olarak çalışılmasına karşın konunun ekonomik ve tarımsal faktörler ile iklim ve su değişkenlerini kapsayacak bütünlükte ele alınmadığı görülmektedir. Gerek üretim potansiyeli gerekse de uluslararası tarım ürünleri ticaretindeki yerine rağmen Türkiye özelinde de kapsamlı bir çalışmaya ise rastlanmamıştır. Bu tezde literatürde gözlenen söz konusu eksikliğin giderilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada öncelikle literatür taraması yapılmıştır. Ampirik analiz bölümünde analizde kullanılacak veri seti ve yöntem, belirlenmiş ve ampirik model oluşturularak analizler gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin tarım ürünleri ticaretindeki sanal su ticaret dengesi ile sıcaklık, yağış, tarımsal üretim endeksi, sulanan alan, reel döviz kuru arasındaki ilişki ARDL sınır testi yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada 1970- 2019 yıllarına ait zaman serileri kullanılmıştır.

3.1. Literatür Taraması

Tezin bu bölümünde, literatürde sanal su ticaretini etkileyen değişkenlerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen ampirik çalışmalara yer verilecektir. Sanal su ticaretine ilişkin geniş bir literatür olmasına karşın, bu kavramın iklim değişkenleri, ekonomik ve tarımsal faktörler ile birlikte incelendiği çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Aynı zamanda ilgili çalışmalarda ağırlıklı olarak bir ya da birkaç yılı kapsayan kısa dönemli analizlerin yapıldığı görülmekte uzun vadeli analizlerin sınırlı oluşu dikkat çekmektedir. Bu tezde 1970-2019 dönemini kapsayan oldukça uzun bir dönem için veri setleri oluşturularak sanal su ticaret dengesindeki uzun vadede gözlenen değişim ve trendlerin ortaya koyulması hedeflenmektedir. Bu çalışmayı, literatürde yer alan diğer çalışmalardan ayıran bir diğer önemli husus da sanal su ticaret dengesinin bağımlı değişken olarak seçilmesidir. Konuya ilişkin literatürde yer alan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir:

Vallejo ve Rogers (2004), 2000-2001 yılları için 164 ülkedeki sanal su ticaret dengesini hesaplamıştır. Çalışmada ülkelerin sanal su ithalatı ile GSYH, nüfus, tarımın GSYH içerisindeki oranı ve tarımsal sulama arasındaki ilişki incelenmiştir. Geleneksel ithalat talep fonksiyonunun göreceli fiyat değişkenlerinin (yurtiçi fiyatlar/yurtdışı fiyatlar) reel gelir içerdiğine dikkat çeken yazarlar göreceli fiyat ölçüsü olarak reel döviz kuru değişkenini kullanmıştır. Çalışma bulguları ilgili değişkenlerin sanal su ithalatını ve ticaretini açıkladığını göstermiştir.

Konar ve diğerleri (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 2030 yılı için iklim değişikliğinin (yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık yağıştaki değişikliklerin) sanal su ticaret akışlarına ve tasarrufuna etkisi incelenmiştir. Söz konusu çalışmada 3 tarımsal ürün (buğday, pirinç, soya) ve 92 ülke üzerinden tahminlerde bulunulmuştur. Çalışmada GTAP genel denge ticaret modeli ve H08 küresel hidroloji modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda iklim değişikliğinin ürün verimini düşürerek mal ve sanal su ticaretinde düşüşe yol açacağı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu çalışmanın dikkat çeken bir diğer bulgusu ise iklim değişikliği senaryolarının çoğunda uluslararası ticaretin iç üretime kıyasla su tasarrufu sağlama katkısının daha yüksek olmasıdır. Bunun temel nedeni ise yazarların çalışmada ticaret akışlarının suyun bol olduğu yerden daha az olduğu yere doğru şekilleneceği varsayımı yapmış olmalarıdır.

Dalin ve diğerleri (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 1986-2007 yıllarında 58 gıda ürününün (tarımsal ve hayvansal ürünlerden elde edilen gıda ürünleri) küresel sanal su ticareti ile GSYH, ortalama yıllık yağış, tarım alanı ve nüfus arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonuçları söz konusu değişkenlerin sanal su ticaretini yönlendirdiğini ortaya koymuştur.

Affuso ve Mixon (2014), 1962-2007 yıllarına ait veri setini kullanarak, Meksika'daki su tasarrufu ve sanal su ticareti ile döviz kuru, GSYH, nüfus ve yağış değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma bulgularına göre, ortalama yıllık yağışlar Meksika'daki sanal su ticaretini açıklamakta ancak yağışlar arttıkça, beklenenin aksine, tasarruf azalmaktadır. Yazarlar bu durumu sanal su ithalatındaki azalma ile açıklamışlardır. Reel döviz kuru değişkenindeki artış, yağış değişkenine benzer şekilde yine sanal su ithalatını azaltmakta ve su tasarrufunu düşürmektedir. Gelir ve nüfus değişkenlerindeki artış ise gıda talebini artmasına sebep olarak tarımsal su talebi ve dolayısıyla sanal su ithalatında artışa yol açmaktadır. İlgili çalışmanın bir diğer önemli bulgusu da tarımsal ve endüstriyel büyüme ile sanal su tasarrufu arasında bir Granger-nedensellik ilişkisi tespit etmiş olmasıdır.

Tamea ve diğerleri (2014) tarafından yapılan çalışmada 1986-2010 yılları için sanal su ticareti ile bazı değişkenler (nüfus, tarımsal üretim su ayak izi, ulusal tüketimin su ayak izi, kişi başına GSYH, ülkeler arası mesafe, kişi başına ekilebilir arazi) arasındaki ilişki regresyon analizi ve çekim yasası aracılığı ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda ülkelerin nüfusu, tarımsal üretimin su ayak izi, GSYH ile uluslararası sanal

su akışları arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilirken; tüketimin su ayak izi, ülkeler arası mesafe, ekilebilir arazi ile sanal su akışları arasında negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Fracasso (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, sanal su ticaretini belirleyen değişkenler iki ana gruba ayrılarak incelenmiştir: Ülkelere özgü değişkenler (GSYH, nüfus, tarım tarifeleri, kişi başına arazi miktarı, ülkeler arası mesafeler), su ile ilgili değişkenler (yağış, kişi başına yenilebilir su miktarı, su fiyatları, kişi başına su çekimi/yenilebilir su oranı). Sanal su ticareti ile çeşitli değişkenler arasındaki ilişki 145 ülke (hem ithalatçı hem ihracatçı ülkeler) için çekim modeli ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları ithalatçı ve ihracatçı ülke açısından farklılıklar göstermektedir. İthalatçı ülkedeki tarımsal tarifeler ile sanal su ticareti arasında negatif ilişkili olduğunu göstermiştir. Kişi başına arazi miktarı ile sanal su ticareti arasında ihracatçı ülke söz konusu olduğunda pozitif ilişki varken; ithalatçı ülke söz konusu olduğunda negatif ilişki tespit edilmiştir. GSYH, nüfus, ülkeler arası mesafe değişkenleri söz konusu olduğunda ise hem ihracatçı hem de ithalatçı ülkede bu değişkenlerin sanal su ticareti ile pozitif ilişkili olduğu görülmüştür. İhracatçı ülkede su ile ilgili değişkenlerden olan yağış, kişi başına yenilebilir su miktarı, su fiyatları ile sanal su ticareti arasında pozitif ilişki tespit edilirken; ithalatçı ülkede negatif ilişki olduğu görülmüştür. Son olarak ihracatçı ülkede kişi başına su çekimi/yenilebilir su oranı ile sanal su ticareti arasında negatif ithalatçı ülkede ise pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Fracasso ve diğerleri (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Akdeniz havzasında tarımsal ürünlerin uluslararası ticareti ile gerçekleşen sanal su akışlarının, ithalatçı ve ihracatçı ülkeler için ana belirleyicileri çekim modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada nüfus, eğitim seviyesi, ortalama sıcaklık, su potansiyeli, ekilebilir arazi, sulama suyu fiyatları, tarımsal tarifeler, traktör sayısı, gübre miktarı bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Söz konusu değişkenlerden su potansiyeli, nüfus ile sanal su ticareti arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. İthalatçı ülkelere tarımsal tarifeler ile sanal su akışı arasında negatif bir ilişki tespit edilirken; ihracatçı ülkelere tarımda kullanılan traktör sayısı ve gübreleme değişkenleri ile sanal su ticareti arasında istatistiki açıdan anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. İthalatçı ülkedeki eğitim seviyesi ile sanal su ticareti arasında ise pozitif bir ilişki söz konusudur. Ortalama sıcaklık değişkeninin istatistiki olarak anlamlı bir değişken olmadığı tespit

edilirken; sanal su ihracatı gerçekleştiren ülke ile bu ülkenin arazi mevcudiyeti değişkeni arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

Zhuo ve diğerleri (2016) tarafından yapılan araştırmada 1978-2008 dönemi boyunca Çin'de, tüketim, üretim ve yağış değişkenlerinin, 22 tarımsal ürünün yeşil ve mavi su ayak izleri ve sanal su ticareti üzerindeki etkisi incelenmiştir. İncelenen dönem boyunca, 22 tarımsal ürünün kişi başına yıllık tüketimi 1,4 kat artmasına karşın, mahsul tüketimiyle ilgili kişi başına ulusal ortalama su ayak izinin %23 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Tarımsal ürünlerin incelenen dönemde üretiminin 2,2 kat arttığı ve toplam mavi su ayak izi %23, yeşil su ayak izinin de %19 arttığı görülmüştür. Söz konusu çalışmada mavi su ayak izinin yağışla ters orantılı olduğu ve yeşil su ayak izi ile yağış arasında zayıf bir pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yeşil su ayak izinin çalışmaya dâhil edilmesiyle daha önce Çin'in güneyinden kuzeyine gerçekleşen sanal su ticaretinin kuzeyden güneye doğru gerçekleşmeye başladığı görülmüştür. Söz konusu bulgu, yeşil su ayak izinin belirleyicisi olan yağışların Çin'de bölgeler arasında gerçekleşen sanal su akışları üzerinde etkili olduğuna dikkat çekmektedir.

Oki ve diğerleri (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ülkeler kişi başına düşen kullanılabilir su kaynakları bakımından kategorilere ayrılmıştır. Ülkeler GSYH, su kaynakları durumları ve sanal su ticaretleri bakımından incelemiştir. Çalışma sonucunda, zengin ancak su kıtlığı olan ülkelerin sanal su ithal ederek yerel su tüketimini azaltma eğiliminde oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca sanal su ihracatı gerçekleştiren ülkelerin daha yüksek su kaynaklarına ve kişi başına gelire sahip olduğu ve hiçbir ülkenin hem GSYH hem de su kaynakları açısından belirli bir eşliğin altına düşmediği görülmüştür.

Sartori ve diğerleri (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada seçilen 190 ülkenin 1995–2010 dönemi boyunca toplam 309 tarım ürününün sanal su akışlarının, farklı sosyo-ekonomik ve iklim senaryoları altında zaman içindeki değişimi çekim modeli ile incelenmiştir. Çalışma bulguları ülkenin GSYH, toplam yenilenebilir su potansiyeli ve kişi başına düşen yağış miktarı değişkenlerinin sanal su ticaret ağı yapısı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Chouchane ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmada Tunus'un net sanal su ithalatının GSYH, sulanan arazi, yağış, nüfus ve mavi su kıtlığı gibi çevresel ve sosyo-ekonomik faktörlerle ilişkisi analiz edilmiştir. Çalışmada seçilen 6 tarımsal

ürünün (buğday, arpa, patates, domates, hurma, zeytin) 1981–2010 dönemlerinde net sanal su ithalatı iki model ile açıklanmıştır. İlk model net sanal su ithalatı ile yağış ve nüfus arasındaki ilişkiyi incelerken; ikinci modelde GSYH ve sulanan alan değişkenleri ile net sanal su ithalatı arasındaki ilişki ele alınmaktadır. Çalışmanın sonucunda seçilen ürünlerin net sanal su ithalatının mavi su kıtlığından etkilenmediği görülmüştür. Modellerin, buğday, arpa, patatesin net sanal su ithalatını açıklamada, hurma, zeytin, domatesin net sanal su ithalatını açıklamaya nazaran daha başarılı olduğunu göstermiştir. Söz konusu çalışmada yağış, sulanan alan ile net sanal su ithalatı arasında negatif bir korelasyon tespit edilirken; GSYH, nüfus ile net sanal su ithalatı arasında pozitif bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hejabi ve Akhoondzadeh (2019) tarafından yapılan araştırmada, 2006-2013 dönemi için İran'ın 15 ticaret ortağı (Azerbaycan, Afganistan, Ermenistan, Birleşik Arap Emirlikleri, Pakistan, Türkiye, Türkmenistan, Tacikistan, Umman, Irak, Kazakistan, Katar, Kuveyt, Gürcistan, Rusya Federasyonu) ile sanal su ihracatı ve ülkenin su kaynakları potansiyeli, GSYH ve nüfus değişkenleri arasındaki ilişki Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) kullanılarak incelenmiştir. Söz konusu çalışmada sanal su ihracatı ile su kaynakları potansiyeli, GSYH ve nüfus değişkenleri arasında pozitif ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Duarte ve diğerlerinin (2019) çalışmalarında 1965-2010 yılları arasında 70 ülkede tarım sektöründe sanal su ticaret akışlarının belirleyicileri panel veri analizi ile incelenmiştir. Söz konusu çalışmada ülkeler gelir durumlarına göre sınıflandırılmış ve sanal su ticareti nüfus, ülkeler arası mesafe, GSYH, ticaret anlaşmaları, su mevcudiyeti ve yağış değişkenleri bakımından incelenmiştir. Çalışmada geleneksel çekim modeli değişkenlerine su mevcudiyeti, yağış gibi çevresel faktörler eklenerek genişletilmiş çekim modeli ile analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma bulguları, GSYH ve nüfus artışının uzun vadede sanal su ticaretindeki artışı önemli ölçüde tetiklediğini ve ticari anlaşmaların sanal su ticareti üzerinde önemli ölçüde etkili olduğunu ve son olarak çevresel faktörlerin de sanal su ticareti üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Ashktorab ve Zibaei (2021) tarafından gerçekleştirilen araştırmada seçilen tarımsal ürünler ile İran'ın 2000-2016 yılları arasında net sanal su akışları incelenmiştir. Çalışmada sanal su akışlarının belirleyicileri nüfus, GSYH, su potansiyeli, yıllık ortalama sıcaklık, mesafe, ekilebilir arazi, gübre, tarım için yıllık tatlı su çekimi bulunmuş ve bu

değişkenlerin net sanal su akışına etkileri panel veri yöntemi ile çekim modeli kullanılarak incelenmiştir. Söz konusu değişkenler ile sanal su akışı arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

Fu ve diğerleri (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 2000-2014 yılları arasında 43 ülke ve bölgede sanal su akışları değerlendirilmiş ve Avrupa Birliği için sanal su akışındaki itici güçler (nüfus, ekonomik ve sanal su) ortaya konulmuştur. Çalışma girdi-çıkıtı modeline dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Ekonomik etki ölçülürken ölçüt olarak kişi başına GSYH alınmış olup söz konusu değişkenin sanal su ihracatını olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Nüfus artışının 2001–2008 döneminde sanal su ihracatını olumlu etkilerken; 2009–2014 döneminde negatif yönde etkilediği görülmüştür. Söz konusu çalışmada sanayi sektörünün sanal su kullanımının, ihracatı üzerindeki etkisi pozitif iken; tarım ve hizmet sektörlerinin sanal su ihracatı üzerindeki etkisinin negatif yönde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Xia ve diğerlerine (2022) göre, 2000-2019 yılları arasında Çin ile B&R ülkeleri arasında tahılların sanal su ticaretini etkileyen faktörleri panel veri kullanılarak çekim modeli ile incelemiştir. Regresyon analizi sonucunda, GSYH ve döviz kurunun sanal su ithalatı ile pozitif ilişkili olduğu tespit edilirken; su kaynakları mevcudiyeti, ekilebilir arazi, coğrafi mesafe ve nüfus ile sanal su ithalatı arasında negatif ilişki tespit edilmiştir.

3.2. Ampirik Analiz

Tezin ampirik analizinde toplam sanal su ihracat miktarı/toplam sanal su ithalat miktarı (sanal su ticaret dengesi) ile tarımsal üretim endeksi, Türkiye GSYH/Dünya GSYH, reel döviz kuru, sulanan alan, sıcaklık, yağışlar ile ilişkisi analiz edilmesii amaçlanmıştır. Bu çerçevede ilk olarak analizde kullanılacak yöntem, veri seti, ampirik model üzerinde durulmuş sonrasında birim kök ve ARDL (Autoregressive Distributed Lag Bound Test) sınır testi analizlerine ve sonuçlarına yer verilmiştir.

3.2.1. Analizde Kullanılan Yöntem

Literatürde değişkenler arasında uzun ve kısa dönemli ilişkilerin ortaya konulması amacıyla çeşitli eşbütünleşme analizleri kullanılmaktadır. En çok kullanılan üç yaklaşım; Engel- Granger (1987) tarafından geliştirilen Engle-Granger Eşbütünleşme Testi, Johansen (1988) ve Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen Johansen Eşbütünleşme testi ve Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından geliştirilen Sınır Testi

(Bounds Test) yaklaşımlarıdır. Çalışmada kullanılacak ARDL Sınır Testi yaklaşımı, yukarıda açıklanan diğer iki yaklaşıma karşı üç üstünlük içermektedir: Birincisi bu testte kullanılan değişkenlerin aynı dereceden durağan olması gerekmemektedir. Bazı değişkenler düzeyde durağan, yani $I(0)$, bazılarının ise birinci farkta durağan, yani $I(1)$, olabilir. Ancak, $I(2)$ düzeyinde durağan olan değişkenler için bu analiz kullanılamamaktadır. Sınır Testi yaklaşımının ikinci üstünlüğü, Kısıtsız Hata Düzeltme Modeli'nin (UECM) tahminine dayanması olup böylece Engle-Granger (1987) ve Johansen-Juselius (1990) yaklaşımlarının yaşadığı küçük örneklem sorununu gidermesidir. Yani küçük örneklerde de istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmektedir. Üçüncü üstünlük ise, kısa-uzun dönemli ilişkilerin birlikte incelenebilmesidir (Narayan & Narayan, 2005). Söz konusu ARDL sınır testinin yapılabilmesi için öncelikle değişkenlerin durağanlık düzeyleri tespit edilmelidir.

Bu çalışmada değişkenlerin durağanlık düzeylerinin tespiti için yani birim kök araştırması yapılırken literatürde sıklıkla kullanılan Genelleştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) durağanlık testleri (birim kök testleri) uygulanmıştır. Bu testlerin üç formu bulunmaktadır. Bu formlar; sabitsiz trendsiz form, sabitli trendsiz form ve sabitli trendli formlardır. Bu üç form ile ADF testi için kurulan modeller şu şekildedir:

$$\text{Sabitsiz-Trendsiz Model: } \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (15)$$

$$\text{Sabitli-Trendsiz Model: } \Delta Y_t = u_t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (16)$$

$$\text{Sabitli-Trendli Model: } \Delta Y_t = u_t + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (17)$$

Seriler durağan değilse, durağanlaştırmak için fark alma işlemi yapılmaktadır. ADF testine göre hata terimi bağımsız ve sabit varyanslıdır. Phillips Perron (PP) testi ise, ADF testine göre hata terimine dair varsayımlar açısından daha esnektir. Phillips ve Perron (1988) tarafından sözü geçen modele, hata terimlerini düzeltmeyi içeren bir ekleme yapılmıştır. Phillips ve Perron (1988) birim kök testi, farklı bir yöntem

uygulamaktadır. Modele gecikme fark terimi eklenmez ve ε_t 'lerdeki otokorelasyonu belirlemek için parametrik olmayan yöntemlerden yararlanılmaktadır. PP birim kök testi için aşağıdaki regresyon denklemleri dikkate alınmaktadır:

$$Y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \mu_t \quad (18)$$

$$Y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2(t - T/2) + \mu_t \quad (19)$$

Bu denklemde T simgesi gözlem sayısını ifade etmektedir. μ_t simgesi ise hata terimlerinin dağılımını ifade etmektedir.

PP testi ve ADF testlerinde kullanılmakta olan hipotezler aşağıda yer almaktadır:

H_0 : Seride birim kök bulunmaktadır (Değişken durağan değildir).

H_1 : Seride birim kök bulunmamaktadır (Değişken durağandır).

Gerçekleştirilen testin sonucunda, düzeyde durağan olan değişkenler I(0) değişken, durağan olmaması nedeniyle birinci farkı alınarak durağan hale getirilen değişkenler ise I(1) değişken olarak ifade edilmektedir. Söz konusu karar için olasılık değerlerine bakılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan değişkenlere ait Genelleştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) durağanlık test sonuçları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de mevcuttur. Bu sonuçlara göre hiçbir değişkenin I(2)'de durağan olmadığı, I(0) ya da I(1) de durağan olduğu görülmektedir.

Serilerin farklı düzeylerde yani I(0) ya da I(1) düzeylerinde durağan olmasından ve değişkenlerin kısa ve uzun dönem ilişkilerinin tespit edilebilmesi için çalışmada yöntem olarak Pesaran ve Shin (1999) ve Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif Sınır Testi (ARDL- Autoregressive Distributed Lags) ya da diğer bir adıyla PSS testi seçilmiştir.

ARDL sınır testi, değişkenler arasında sadece uzun ve kısa dönemli ilişkilerin incelenmesinde değil aynı zamanda değişkenler arasında eşbütünleşme (koentegrasyon) olup olmadığını test edilmesinde de kullanılan bir analizdir. Ayrıca bu yaklaşımda değişkenlerin durağanlık seviyelerinin aynı olma zorunluluğu da bulunmamaktadır. Bazı değişkenler düzeyde durağan olması, yani I(0) da ya da bazılarının ise birinci

farkta durağan olması yani entegre I(1) olması yeterlidir (Turhan ve Arı, 2021). Bu bağlamda uygulanan ARDL modeli aşağıda yer alan denklem ile gösterilmektedir:

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=0}^p \beta_j \Delta X_{t-j} + \lambda_1 Y_{t-1} + \lambda_2 X_{t-1} + \epsilon_t \quad (20)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan Y değişkeni bağımlı değişkeni gösterirken, X değişkeni bağımsız değişkenleri göstermektedir. Denklemin ilk bölümü modelin kısa dönem dinamiklerini ve β kısa dönem katsayılarını gösterirken, ikinci bölümü bağımlı değişken ile açıklayıcı değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ve bu kısımda yer alan λ ise uzun dönem katsayılarını göstermektedir. Δ simgesi ise birinci dereceden farkları göstermektedir. ARDL modeli uygulanmadan önce ilk olarak denklemde de yer alan ve p olarak ifade edilen uygun bir gecikme uzunluğu tespit edilmesi gerekmektedir. Gecikme uzunluğunun tespiti Schwarz (Schwarz Bayesian Criterion-SIC) veya Akaike (Akaike Information Criterion-AIC) bilgi kriterlerine göre gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada birim kök testlerinin uygulanmasında ve ARDL modelinde gecikme uzunluğunun belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri (AIC) kullanılmıştır.

ARDL modelinde eşbütünleşmenin olup olmadığının tespit edilmesine yönelik kurulan hipotezler şu şekildedir:

$H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = 0$ (Eşbütünleşme yoktur).

$H_1: \lambda_1 \neq \lambda_2 \neq 0$ (Eşbütünleşme vardır).

Çalışmaya özgü değişkenler ile birlikte ARDL tahmin denklemi aşağıda gösterilmektedir:

$$\begin{aligned}
\Delta \ln SSTD_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta \ln SSTD_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} \Delta \ln(TARÜRE)_{t-i} \\
& + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta \ln(GSYH)_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta \ln(KUR)_{t-i} \\
& + \sum_{i=0}^m \beta_{5i} \Delta \ln(ALAN)_{t-i} \\
& + \sum_{i=0}^m \beta_{6i} \Delta \ln(SICAKLIK)_{t-i} \tag{21} \\
& + \sum_{i=0}^m \beta_{7i} \Delta \ln(YAĞIŞ)_{t-i} + \beta_8 SSTD_{t-1} + \beta_9 \ln(TARÜRE)_{t-1} \\
& + \beta_{10} \ln(GSYH)_{t-1} + \beta_{11} \ln(KUR)_{t-1} + \beta_{12} \ln(ALAN)_{t-1} \\
& + \beta_{13} \ln(SICAKLIK)_{t-1} + \beta_{14} \ln(YAĞIŞ)_{t-1} + e_t
\end{aligned}$$

ARDL denkleminde m gecikme uzunluğunu, Δ Fark operatörünü ve e_t hata terimini göstermektedir. SSTD toplam sanal su ihracat miktarı/sanal su ithalat miktarı gösteren bağımlı değişken olup, TARÜRE, GSYH, KUR, ALAN, SICAKLIK, YAĞIŞ bağımsız değişkenlerdir. ARDL ile uygulanan sınır testi sonucunda eşbütünleşme tespit edilmesi halinde, uzun dönem eşitliği ve kısa dönem eşitlikleri ve aynı zamanda değişkenlerin uzun dönem katsayıları ile kısa dönem katsayıları belirlenmektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli denge ilişkisi ya da eşbütünleşmenin olup olmadığı test edilirken, değişkenlerin seviye değerlerine Wald testi uygulanmaktadır. Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından hesaplanmış kritik değerler ile Wald testi ile tespit edilen F-istatistiği değerleri karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan F istatistiği, alt kritik değerinden küçükse, seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığına karar verilmektedir. Hesaplanan F istatistik değeri, iki kritik değer ortasında kalmışsa kararsızlık durumu olmaktadır. Hesaplanan F istatistiği, üst kritik değerini aşıyorsa, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler uzun dönem denge ilişkisi bulunmaktadır. Yani değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Çalışmadaki bağımlı ve bağımsız değişkenler ile oluşturulan ARDL Modeli Uzun Dönem ve Kısa Dönem Eşitliği aşağıda yer almaktadır:

ARDL Modeli Uzun Dönem Eşitliği:

$$\begin{aligned}
 \ln\text{SSTD}_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^j \beta_{1i} \ln\text{SSTD}_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_{2i} \ln(\text{TARÜRE})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^l \beta_{3i} \ln(\text{GSYH})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \ln(\text{KUR})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^n \beta_{5i} \ln(\text{ALAN})_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{6i} \ln(\text{SICAKLIK})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^q \beta_{7i} \ln(\text{YAĞIŞ})_{t-i} + e_t
 \end{aligned} \tag{22}$$

ARDL Modeli Kısa Dönem Eşitliği:

$$\begin{aligned}
 \Delta \ln\text{SSTD}_t = & \beta_0 + \beta_1 \text{ECT}_{t-1} + \sum_{i=1}^J \beta_{2i} \Delta \ln\text{SSTD}_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_{3i} \Delta \ln(\text{TARÜRE})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^l \beta_{4i} \Delta \ln(\text{GSYH})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^m \beta_{5i} \Delta \ln(\text{KUR})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^n \beta_{6i} \Delta \ln(\text{ALAN})_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{7i} \Delta \ln(\text{SICAKLIK})_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^q \beta_{8i} \Delta \ln(\text{YAĞIŞ})_{t-i} + e_t
 \end{aligned} \tag{23}$$

Yukarıda kısa dönem eşitliğinde görülen ECT_{t-1} uzun dönem ilişkisinde belirlenmiş hata terimlerinin bir dönemlik gecikmeli değerini göstermekte olup, bu terimin katsayısı kısa dönem dengesizliklerinin uzun dönemde ne ölçüde giderileceğini göstermektedir. Bu katsayının negatif ve anlamlı olması beklenmektedir. Bu durum değişkenlerin uzun dönemde dengeye gelmelerinin daha çabuk gerçekleşeceğini ifade etmektedir.

ARDL Sınır Testi ile bir model tahmin edilmektedir. Tahmin edilen modelin anlamlı olması için spesifikasyon testleri (tanısal testler) uygulanmaktadır. Söz konusu tanısal testler; Otokorelasyon Testi, Değişen Varyans Analizi, Spesifikasyon Hatası Analizi ve Normallik Testleridir.

3.2.2. Veri Seti Değişkenlerinin Tanımlanması

Çalışmada tarımsal üretim endeksi, Türkiye GSYH/Dünya GSYH, reel döviz kuru, sulanan alan, sıcaklık, yağışlar ile toplam sanal su ihracat ve ithalat miktarı arasındaki ilişki Türkiye için 1970-2019 yıllarına ait verilerle analiz edilmiştir. Çalışmada 1970 yılının başlangıç yıl olarak alınması, gerek veri setindeki ulaşılabilirlik sorunundan gerekse de söz konusu yılın “sürdürülebilir kalkınma” modelinin iktisat literatüründe daha çok tartışılmaya başladığı yıl olmasından kaynaklanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma modeli ekonomik ve doğal çevrenin karşılıklı bağımlılığının kalkınma politikalarında dikkate alınması gerekliliğini savunmaktadır.

Analizde kullanılan değişkenler, değişkenlerin simgeleri ve değişkenlerin elde edildikleri kaynaklar Tablo 3.1’de yer almaktadır:

Tablo 3.1 Veri seti değişkenleri

Değişkenlere Ait Simgeler	Değişken Adı	Kaynak
InSSTD	Sanal Su Ticaret Dengesi (toplam sanal su ihracat ve ithalat miktarı)	FAO http://www.fao.org/faostat/en/#data/TM https://data.4tu.nl/articles/dataset/Water_footprint_per_ton_of_crop_or_derived_crop_product_at_national_and_sub-national_level_m3_ton_1996-2005_/12716774
InTARÜRE	Tarımsal Üretim Endeksi	FAO http://www.fao.org/faostat/en/#data/QI
InGSYH	Türkiye GSYH/Dünya GSYH	DÜNYA BANKASI https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PC.AP.KD?view=chart
InKUR	Reel Efektif Döviz Kuru	FEDERAL RESERVE BANK ARAŞTIRMA BÖLÜMÜ https://fred.stlouisfed.org/series/CCRETT01TRM661N
InALAN	Sulanan Alan	FAO http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL
InSICAKLIK	Yıllık Ortalama Sıcaklık	DÜNYA BANKASI https://climateknowledgeportal.worldbank.org
InYAĞIŞ	Yıllık Yağış	METEOROLOJİ https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx

Tablo 3.1’de sanal su ticaret dengesi (SSTD) bağımlı değişkeni ifade ederken, tarımsal üretim endeksi (TARÜRE), Türkiye GSYH/Dünya GSYH, reel döviz kuru (KUR), sulanan alan (ALAN), SICAKLIK, YAĞIŞ bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. Kurulan modellerde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki

etkileri araştırılmaktadır. Tüm değişkenler ile tarımsal ürünlerin sanal su ticaret dengesi incelenirken, iklimsel, tarımsal, ekonomik ve suya ilişkin faktörlerle bir arada incelenmiş olmaktadır.

Bu değişkenlerden bağımlı değişken olan sanal su ticaret dengesi (SSTD) elde edilirken, bu oranı gösteren bir veri seti bulunmadığından ilgili bağımlı değişken tarafımızca hesaplanmıştır. Söz konusu veri seti için, toplam sanal su ihracatı ve ithalatı hesaplanmış ve oranları alınmıştır. Bu hesaplama yapılırken, Mekonnen ve Hoekstra (2010) çalışmasında yer alan ulusal düzeyde m^3/ton olarak hesaplanmış tarımsal ürünlerin ortalama yeşil, mavi ve gri su ayak izi değerleri referans değer olarak alınmış ve ürün bazlı ihracat miktarları ile çarpılarak toplam sanal su ihracatı elde edilmiştir. Toplam sanal su ithalatı hesaplanırken, her tarımsal ürünün dünya ortalaması olarak su ayak izi değerleri ile ithalat miktarları çarpılarak toplam sanal su ithalatı elde edilmiştir. Tarımsal ürünlerin sanal su ihracat ve ithalat miktarları hesaplanırken su ayak izi değerleri hesaplanmamış olan tarımsal ürünler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Bu çalışma, birincil tarım ürünleri (işlenmemiş tarım ürünleri) ve ikincil tarım ürünlerini (işlenmiş tarım ürünleri) kapsamakta olup, bu ürünlerden de su ayak izi değeri olan tarımsal ürünler analize dâhil edilmiştir. İşlenmiş ve işlenmemiş tarımsal ürün ithalatında incelemeye konu yıllar itibariyle 206 ürünün su ayak izi değeri bulunduğu sanal su ithalatının hesaplanmasında bu ürünler analize dâhil edilmiştir. Söz konusu ürünler, Türkiye'nin toplam tarımsal ürün ithalatının %85'ini oluşturmaktadır. Sanal su ihracatının hesaplanmasına konu olan tarımsal ürünlerden su ayak izi değeri bulunan 154 ürün analize dâhil edilmiştir.

Tarımsal üretim endeksi, her yıl için toplam tarımsal üretim hacminin nispi seviyesini göstermektedir (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>). Bu sebeple, tarımsal üretim endeksi önemli bir tarımsal değişken olarak analize dâhil edilmiştir.

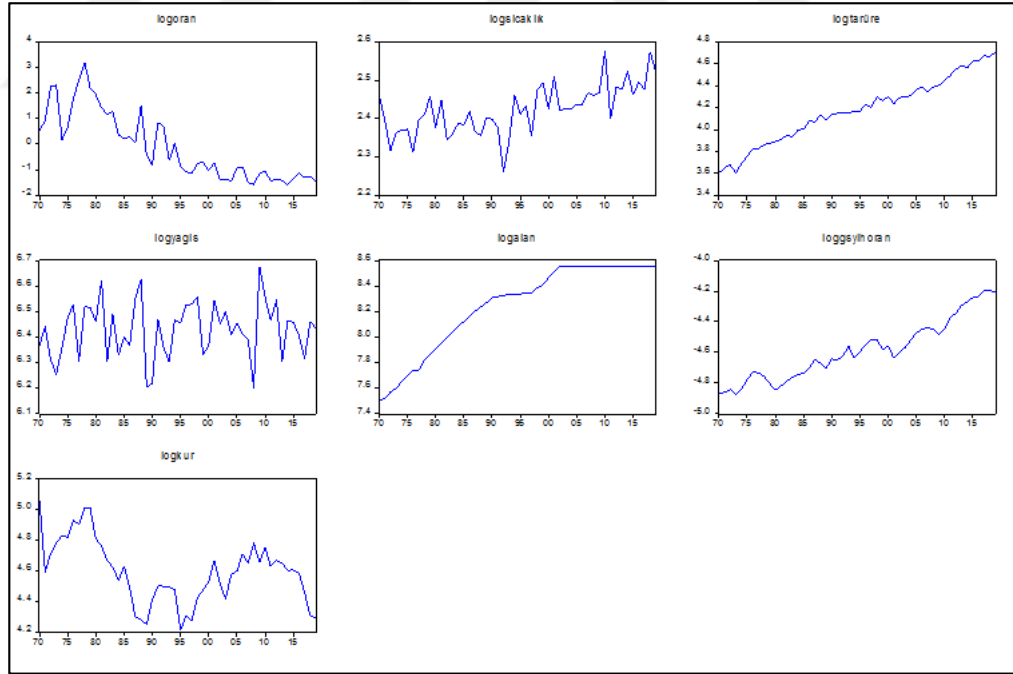
Türkiye GSYH/Dünya GSYH oranını gösteren GSYH değişkeni olarak seçilirken, ihracat ve ithalat arz ve talep fonksiyonları temel alınmıştır. Dış ticareti etkileyen faktörler ihracat ve ithalat arz ve talep fonksiyonu ile açıklanmaktadır. İhracat fonksiyonuna göre, ihracat diğer ülkenin gelir düzeyi, diğer bir ifadeyle yurtdışı gelir düzeyi (Dünya GSYH) ve göreceli fiyatların bir fonksiyonudur. Ampirik çalışmalarda yurtiçi ve yurtdışı gelir düzeyi için kişi başına düşen milli gelir veya GSYH değişkeninin kullanılmaktadır.

Bu çalışmada fiyat değişkeni (görelî fiyat) olarak da reel döviz kuru alınmıştır. İthalat talep fonksiyonunun ise, yurtiçi talebin (millî gelirin-Türkiye GSYH'nin) ve görelî fiyatların (yurtiçi ithalat fiyat endeksinin yurtiçi fiyatlara oranının) bir fonksiyonu olmasından kaynaklı, Türkiye GSYH veri seti olarak alınmış ve görelî fiyat değişkeni yerine de yine reel döviz kuru alınmıştır.

Tarımsal üretim hacmini etkilediği ve aynı zamanda bir su değişkeni olduğu için sulanan alan bağımsız değişkenlerden biri olarak analize dâhil edilmiştir. Benzer şekilde Chouchane ve diğerleri (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da sulanan alan net sanal su ithalatı ile ilişkilendirilen spesifik bir faktör olarak tanımlanmıştır.

Sanal su ticaretinde etkili olduğu düşünülen iklim faktörleri olarak yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verileri alınmıştır. Söz konusu değişkenler evapotranspirasyonu etkilediği için çalışmaya dâhil edilmiştir.

Kullanılan veriler farklı ölçek yapılarında olduğundan doğal logaritmaları alınarak analize dâhil edilmiştir. Değişkenlerin logaritmik zaman serisi grafikleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir:



Şekil 3.1 Değişkenlerin logaritmik zaman serisi grafikleri

Çalışmada kullanılan verilere ait tanımlayıcı istatistiklere Tablo 3.2'de gösterilmiştir:

Tablo 3.2 Değişkenlerin betimsel istatistikleri

	lnSSTD	lnALAN	lnGSYH	lnKUR	lnSICAKLIK	lnTARÜRE	lnYAĞIŞ
Ortalama	-0.111229	8.243367	-4.587086	4.594100	2.423378	4.172538	6.429251
Medyan	-0.720746	8.339501	-4.607757	4.600646	2.422954	4.166587	6.453316
Maksimum	3.202433	8.559294	-4.194023	5.057942	2.576422	4.707185	6.676832
Minimum	-1.599869	7.495542	-4.874688	4.211636	2.260025	3.602504	6.200712
Standart Sapma	1.338412	0.344273	0.198168	0.207507	0.064974	0.303340	.109631
Çarpıklık	0.751494	-0.809447	0.462192	0.193217	0.111070	-0.114383	-0.131987
Basıklık	2.355671	2.324274	2.262290	2.597530	3.070268	2.179334	2.603932

3.2.3. Ekonometrik Modelin Tanımlanması

Türkiye’de tarımsal ürünlerle gerçekleşen toplam sanal su ihracat miktarı/ toplam sanal su ithalat miktarı (sanal su ticaret dengesi) ile tarımsal üretim endeksi, Türkiye GSYH/Dünya GSYH, reel döviz kuru, sulanan alan, sıcaklık, yağışlar arasındaki kısa ve uzun vadeli ilişkilerin araştırılması amacıyla aşağıdaki model oluşturulmuştur:

$$SSTD: f(TARÜRE, GSYH, KUR, ALAN, SICAKLIK, YAĞIŞ)$$

Yukarıdaki modelin doğrusal tahmin denklemi şu şekildedir:

$$\ln SSTD_t = \beta_0 + \beta_1 \ln TARÜRE_t + \beta_2 \ln GSYH_t + \beta_3 \ln KUR_t + \beta_4 \ln ALAN_t + \beta_5 \ln SICAKLIK_t + \beta_6 \ln YAĞIŞ_t + \epsilon_t \quad (24)$$

Modelde kullanılan değişkenlerin kısaltmaları ve temsil ettikleri değişkenlerin ismi; SSTD: Toplam sanal su ihracat miktarı (ton)/ toplam sanal su ithalat miktarı (ton), TARÜRE: Tarımsal üretim endeksi, GSYH: Türkiye GSYH/Dünya GSYH, KUR: Reel efektif döviz kuru, ALAN: Sulanan alan, ϵ kavramı ise modeldeki hata terimini göstermektedir. Değişkenlerin sonunda bulunan t işareti zamanı, başında bulunan ln işareti ilgili değişkenlerin doğal logaritmalarının alındığını ifade etmektedir.

4. BULGULAR

Toplam sanal su ihracat miktarı/toplam sanal su ithalat miktarının (sanal su ticaret dengesinin), tarımsal üretim endeksi, GSYH, reel döviz kuru, sulanan alan, sıcaklık, yağışlar ile ilişkisinin araştırıldığı bu çalışmada kullanılacak modelin seçiminde öncelikle serilerin birim kök içermeye durumları sorgulanmıştır. Bu çalışmada seride birim kökün araştırılmasında Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) testi ve PP (Phillips-Perron) testleri kullanılmıştır.

Pesaran, Shin & Smith (2001) tarafından geliştirilen ARDL yöntemi kullanılarak da seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır.

4.1. Durağanlık (Birim Kök) Analizi

Ekonomi alanında gerçekleştirilen çalışmaların birçoğu zaman serisi verilerine dayanmaktadır. Zaman serilerinin en önemli yönlerinden biri; bu serilerin durağan ya da durağan olmamalarıdır. Değişkenler arasında ekonometrik olarak anlamlı ilişkiler elde edilebilmesi için analizi yapılan serilerin durağan seriler olması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada kullanılan değişkenlerin Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri yapılmış ve Sonuçlar Tablo 4.1 ve Tablo 4.2' de gösterilmiştir:

Tablo 4.1 Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi sonuçları

	ADF Testi Seviye Değerleri			ADF Testi 1. Fark Değerleri		
	Sabit terimli model	Sabit terimli ve trendli model	Sabitsiz ve trendsiz model	Sabit terimli Model	Sabit terimli ve trendli model	Sabitsiz ve trendsiz model
InSSTD	-1,2236	-2,4803	-1.1487	-8.4092***	-8.3083***	-8.3143***
	(0,6566)	(0,3360)	(0,2249)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)
InYAĞIŞ	-6,9781***	-6,9594***	0,0883	-8.5198***	-8.4363***	-8.6152***
	(0,0000)	(0,0000)	(0,7060)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)
InTARÜRE	-0,5466	-2,0680	5.7792	-12.0885***	-11.9644***	-3.1179***
	(0,8725)	(0,5499)	(1,0000)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0025)
InSICAKLIK	-2,0239	-6,7408***	0,4170	-5.9592***	-5.9629***	-11.6361***
	(0,2760)	(0,0000)	(0,7995)	(0,0000)	(0,0001)	(0,0000)
InALAN	-3,7726***	-0,7072	1,9426	-3,2000**	-5,3079***	-2,3412**
	(0,0058)	(0,9667)	(0,9864)	(0,0261)	(0,0004)	(0,0200)
InKUR	-2,5646	-2,6105	-1.0043	-8.9487***	-8.8503***	-9.0264***
	(0,1072)	(0,2777)	(0,2788)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)
InGSYH	-0,0212	-2,3406	-2.5518**	-6.6262***	-6.6085***	-5,9644***
	(0,9518)	(0,4050)	(0,0117)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)

Not: *, ** ve *** sembelleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

Tablo 4.2 Phillips-Perron (PP) birim kök testi sonuçları

Değişkenler	PP Testi Seviye Değerleri			PP Testi 1. Fark Değerleri		
	Sabit terimli model	Sabit terimli ve trendli model	Sabitsiz ve trendsiz model	Sabit terimli model	Sabit terimli ve trendli model	Sabitsiz ve trendsiz model
InSSTD	-1,4387	-4,3959***	-1,4135	-13,6851***	-12,9294***	-9,6208***
	(0,5558)	(0,0052)	(0,1448)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)
InYAĞIŞ	-7,0440***	-7,0828***	0,3186	-45,7208***	-45,0098***	-45,6619***
	(0,0000)	(0,0000)	(0,7737)	(0,0001)	(0,0000)	(0,0000)
InTARÜRE	-0,7394	-3,4032*	10,0200	-13,1099***	-13,0383***	-8,0965***
	(0,8269)	(0,0626)	(1,0000)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)
InSICAKLIK	-3,7899***	-6,7433***	0,3843	-22,0716***	-29,4619***	-17,6508***
	(0,0055)	(0,0000)	(0,7912)	(0,0001)	(0,0000)	(0,0000)
InALAN	-4,2924***	-0,3256	3,2732	-3,1131**	-5,4096***	-1,9846**
	(0,0013)	(0,9877)	(0,9996)	(0,0322)	(0,0003)	(0,0461)
InKUR	-2,5916	-2,6491	-1,1012	-8,9487***	-8,8503***	-9,0265***
	(0,1015)	(0,2615)	(0,2420)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)
InGSYH	0,1703	-2,3406	-2,9162***	-6,7395***	-6,7734***	-5,9585***
	(0,9679)	(0,4050)	(0,0044)	(0,0000)	(0,0000)	(0,0000)

Not: *, ** ve *** sembelleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

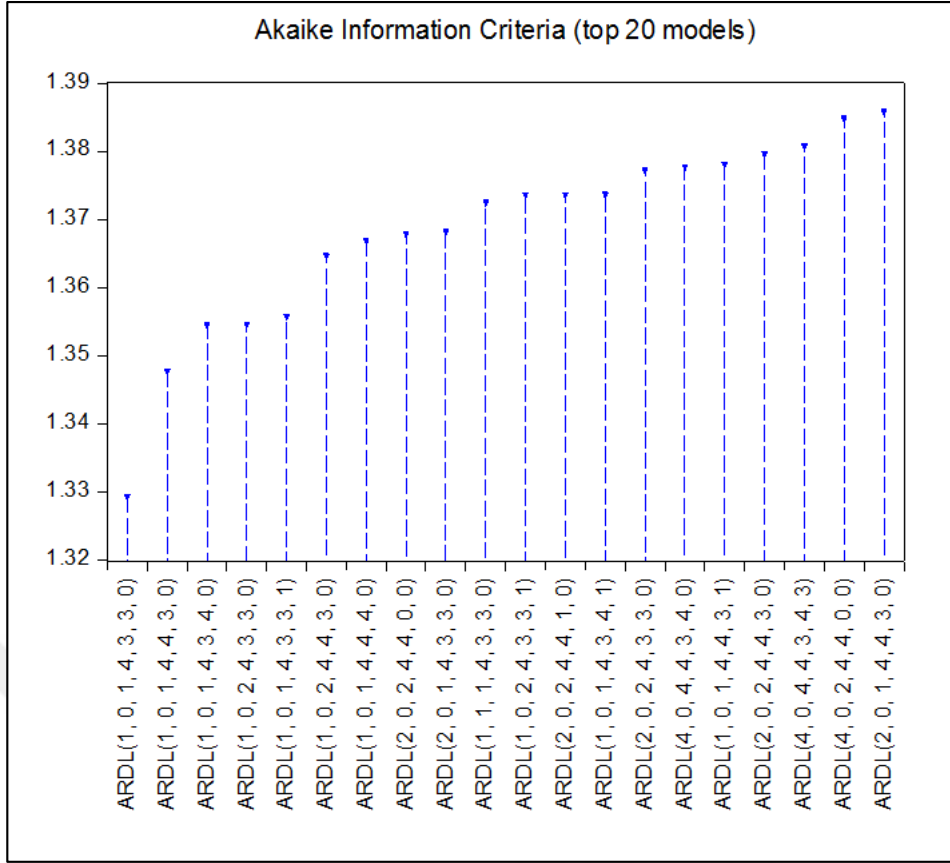
ADF ve PP birim kök testlerinin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, InYAĞIŞ, InSICAKLIK, InALAN, InGSYH serilerinin her iki teste göre düzey değerlerinde durağandır yani birim kök içermemektedir. InSSTD, InTARÜRE serilerinin PP testine göre düzey değerleri ile durağan iken ADF testinde 1.fark alındıktan sonra durağan hale gelmektedir. InKUR serisinin de her iki testte birinci farklarında durağan hale gelmektedir.

ADF ve PP birim kök testleri sonuçlarına göre, serilerin tamamının düzey değerlerinde ya da ilk farklarında durağan hale gelmektedir. Bu sebeple değişkenlerin durağanlığının sağlanması amacıyla ikinci farklarının alınmasına gerek duyulmamıştır. Serilerin farklı düzeylerde durağan hale gelmesi yani serilerin $I(0)$ veya $I(1)$ olması, serilerin farklı derecede durağan olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışmada, farklı derecede durağan olan verilerin analiz edilebildiği ARDL sınır testi yaklaşımının uygulanmasında herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

4.2. Eşbütünleşme Analizi ve ARDL Sınır Testi

Sanal su dengesi ve açıklayıcı değişkenlerin durağanlığı birim kök testleri ile sınanarak serilerin birim kök içerip içermediğine ilişkin sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, değişkenler farklı derecelerde durağanlığa sahiptir ve ayrıca yapılan iki farklı testte bazı değişkenler için durağanlık açısından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak serilerin tamamının $I(0)$ veya $I(1)$ düzeyinde durağan seriler olduğu görülmüştür. İki ya da daha büyük durağanlık derecesine sahip bir değişken bulunmamaktadır. Bu sebeple, değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasında yöntem olarak ARDL yöntemi seçilmiştir. Bu kapsamda, oluşturulan modelin gecikme uzunluğunun belirlenmesi ve seçimi gerekmektedir.

ARDL modelinin gecikme değerleri Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. En küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğu modelin gecikme uzunluğu olarak belirlenmiştir. Akaike Bilgi Kriterinin temel alındığı gecikme uzunluğu seçimine ilişkin grafik aşağıda yer almaktadır:



Şekil 4.1 Gecikme uzunluğunun belirlenmesi

Akaike bilgi kriterine (AIC) bağlı olarak, optimal model ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) olarak seçilmiştir. Model için en uygun standart denklem ise şu şekildedir:

$$\text{SANAL SU TİCARET DENGESİ} = f(\text{YAĞIŞ, TARIMSAL ÜRETİM ENDEKSİ, SICAKLIK, SULANAN ALAN, REEL DÖVİZ KURU, GSYH}) \quad (25)$$

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişki hakkında karar vermek için uzun dönem katsayıların sonuçları, işareti ve değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlılığı önemli olmaktadır. Tablo 4.3 ARDL yaklaşımı ile tahmini uzun dönem esneklik katsayıları gösterilmiştir:

Tablo 4.3 ARDL yaklaşımı ile tahmini uzun dönem katsayıları

Uzun Dönem Katsayılar				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t istatistik	Olasılık
ln(KUR)	1,651144	0,596222	2,769346	0,0100
ln(SICAKLIK)	-16,022713	5,331098	-3,006346	0,0057
ln(TARURE)	9,776813	3,990663	2,449922	0,0211
ln(YAĞIŞ)	2,377516	1,101552	2,158332	0,0400
ln(GSYH)	-6,316812	1,101552	2,158332	0,1089
ln(ALAN)	-5,416792	1,625605	-3,332171	0,0025

Yukarıdaki tabloda ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modelinden elde edilen uzun dönem katsayılar ve katsayılara ilişkin olasılık değerleri görülmektedir. Tablo 4.3'te bulunan uzun dönem katsayıları ile birlikte modelimiz şu şekilde oluşturulabilir:

$$\ln SSTD = 1,651144 \ln KUR - 16,022713 \ln SICAKLIK + 9,776813 \ln TARÜRE + 2,377516 \ln YAĞIŞ - 5,416792 \ln ALAN \quad (26)$$

GSYH değişkeni 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından modelden çıkarılmıştır.

ARDL yaklaşımında değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi sınır testi yardımı ile ortaya konulmaktadır. İlgili modele ait sınır testi sonuçları Tablo 4.4' de gösterilmiştir:

Tablo 4.4 ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modeli sınır testi sonuçları (Bounds Test)

F-Bounds Test (F-sınır testi) ve t- Bounds Test (t-sınır testi)				
Test İstatistiği	Değer	Güven aralığı	I(0)Kritik değeri	I(1)Kritik değeri
			Asimptotik n=1000	
F-istatistiği	7,662766	% 10	2,12	3,23
k	6	% 5	2,45	3,61
		% 2.5	2,75	3,99
		% 1	3,15	4,43
Gözlem sayısı	46		n=50	
		% 10	2,309	3,507
		% 5	2,726	4,057
		% 1	3,656	5,331
			n=45	
		% 10	2,327	3,541
		% 5	2,764	4,123
		% 1	3,79	5,411
t-istatistiği	-5.200050	% 10	-2,57	-4,04
		% 5	-2.86	-4.38
		% 2.5	-3.13	-4.66
		% 1	-3.43	-4.99

Tablo 4.4'te yer alan k değeri modele dahil edilmiş olunan bağımsız değişken sayısını göstermektedir. Aynı zamanda ilgili tabloda Pesaran ve diğerleri (2001) ve Narayan (2005) tarafından hesaplanan kritik değerler de yer almaktadır. Burada üst kritik değer olarak, Narayan (2005) kritik değerleri kullanılmıştır.

Narayan (2005), bazı araştırmalar için sınır testinde kullanılan F kritik değerlerinin kullanılamayacağını ortaya koymuştur. Araştırmacı, 30-80 gözleme sahip küçük örneklem için hesapladığı kritik değerlerin, Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından hesaplanan kritik değerlerden daha başarılı sonuç verdiğini belirlemiştir. Ayrıca Narayan (2005) tarafından hesaplanan kritik değerler 7 bağımsız değişkene kadar olan araştırmalarda kullanılabilir. Gözlem sayısının ve bağımsız değişken sayısının uygun olmasından dolayı tezde Narayan (2005) tarafından hesaplanan kritik değerler kullanılmaktadır. Tablo 4.4'te görüldüğü üzere F-istatistik değeri, uzun dönemli ilişkinin varlığını gösteren % 1, %5, %10 seviyelerinde n=45 ve n=50 de yer alan üst kritik değerlerden daha büyüktür. Bu durum değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olduğu yani bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermektedir.

F-Sınır Testi sonuçlarına göre, değişkenler arasında tespit edilen eşbütünleşme ilişkisinin geçerliliği, t-sınır testi ile de sınırlanmıştır. Bazı çalışmalarda, ARDL sınır testi gerçekleştirilirken yalnızca ilk test olan F testine göre sonuçlar çıkarılmaktadır. İkinci test olan, t-sınır testi yapılmamaktadır. T- sınır testi bağımlı değişkenin gecikmeli değeri üzerinde bir parametre anlamlılık testi olup, t istatistiğine karşılık gelen olasılık değeri t dağılımı ile uyumsuzluk gösterdiğinde bozuk bağımlı değişken sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, sadece F-istatistiği yapılarak kritik değerler ile karşılaştırıldığında bozuk bağımlı değişken durumu ihmal edilmiş olmaktadır. Bu durum da doğru olmayan sonuçların çıkmasına yol açmaktadır. Yani sadece F-istatistiği ile eş-bütünleşme ilişkisinin varlığına veya yokluğuna karar vermek yanıltıcı olabilmektedir (Turhan ve Arı; 2021). Bu sebeple, bozuk bağımlı değişken durumunu ortadan kaldırmak için t-sınır testi kritik değerleri de kullanılmış olup t-testi sonuçları da Tablo 4.4'te yer almaktadır.

Tablo 4.4'te görüleceği üzere; t istatistik değerinin (-5.200050) mutlak değeri, kritik değerlerin üst sınırından büyük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Bu şekilde F-Sınır Testi sonuçlarına göre, değişkenler arasında tespit edilen eşbütünleşme ilişkisinin varlığı teyit edilmiş olmaktadır.

Tablo 4.3'te gösterilen uzun dönem tahmin sonuçları değerlendirildiğinde, %5 anlamlılık düzeyinde yağış, tarımsal üretim endeksi, reel döviz kuru, sıcaklık, sulanan alan değişkenleri ile sanal su ticaret dengesi (toplam sanal su ihracatı ve ithalatı) arasında eşbütünleşme ilişkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu değişkenlere ait olasılık değerleri $(p) \leq 0,05$ 'dir. Türkiye GSYH/Dünya GSYH değişkeninin ise, sanal su ticaret dengesi ile uzun dönemli ilişkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Tarım ürünlerinin talep fiyat esnekliği ve gelir esnekliği diğer ürünlere göre daha düşüktür. Bu sebeple söz konusu değişkenin anlamlı çıkmaması olağandır.

Diğer yandan değişkenlerin hesaplanan uzun dönem katsayıları, bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve seviyesi hakkında bilgiler vermektedir. Bu bağlamda sıcaklık, sulanan alan ile sanal su ticaret dengesi (toplam sanal su ihracat ve ithalat miktarı) arasında uzun dönemde negatif yönlü bir ilişki söz konusudur. Başka bir deyişle bu değişkenlerdeki azalış uzun dönemde Türkiye'de sanal su ticaret dengesini artırıcı etki yapmaktadır. Başka bir ifadeyle sıcaklık değerleri ve

sulanan alan arttıkça sanal su ticaret dengesinde (toplam sanal su ihracatı ve ithalatı) azalış gözlenmektedir. Buna karşın yağış, tarımsal üretim endeksi, reel döviz kuru ile sanal su ticaret dengesi arasında pozitif yönlü bir ilişki söz konusudur. Bu değişkenlerde azalış olduğunda uzun dönemde sanal su ticaret dengesinde azalış görülmektedir. Yağış, tarımsal üretim endeksi ve reel döviz kurunda artış olduğunda ise uzun dönemde sanal su ticaret dengesinde artış yaşanmaktadır.

Yağış miktarında %1'lik değişim sanal su ticaret dengesinde %2,37 oranında değişime neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum sanal su ticaret dengesinin yağışlara göre ne kadar esnek olduğunu göstermektedir. Yağış ve sanal su ticaret dengesi arasındaki pozitif yönlü ilişkiye dair bulgu Chouchane, Krol ve Hoekstra (2018)'nin ve Affuso ve Mixon (2014)'un bulguları ile örtüşmektedir. Söz konusu çalışmalarda yağış artışı olması halinde sanal su ithalatının azalacağı bu nedenle su tasarrufunun azalacağı ileri sürülmektedir. Bu tezde bağımlı değişken olarak sanal su ticaret dengesi (toplam sanal su ihracat ve ithalat miktarı) alınmış olup, yağış ile pozitif bir ilişkili olduğu görülmüştür. Söz konusu ilişki yağış miktarındaki artışla birlikte üretim miktarında meydana gelecek artışa bağlı sanal su ithalatının düşmesi ile açıklanabilir. Sanal su ithalatının azalması ile sanal su ticaret dengesinde artış gerçekleşecektir. Yağış miktarının azalması durumunda ise sanal su ithalat miktarında artış olmakta ve sanal su ticaret dengesinde azalış gerçekleşmektedir.

Tarımsal üretim endeksinde meydana gelecek %1'lik değişim sanal su ticaret dengesinde %9,77 oranında değişime neden olmaktadır. Bu durum ihracata konu tarımsal üretimdeki artışın, sanal su ticaret dengesini artırması ile ilişkilendirilebilir. Tarımsal üretim endeksi ve sanal su ticaret dengesi arasındaki pozitif yönlü ilişki, Loto (2011)'nin çalışması ile paralellik göstermektedir. Söz konusu çalışmada tarımsal üretim endeksi ile tarımsal ürün ihracatı arasında pozitif yönlü ilişki tespit edilmiştir. Tarımsal üretim arttıkça tarımsal ihracat artmakta, sanal su ticaret dengesinde artış gerçekleşmekte yani daha fazla su sanal olarak ihraç edilmektedir. İhracat gelirleri açısından son derece olumlu görülen bu durumun, su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından olumsuz durumlara sebebiyet verebileceği hususunun da dikkate alınması gerekmektedir. Çünkü tarımsal ürün ihracatı ile aynı zamanda sınırlı su kaynakları da ihraç edilmiş olmaktadır.

Reel döviz kurunda meydana gelecek %1'lik bir değişim sanal su ticaret dengesinde %1,65 oranı değişime neden olmaktadır. Elde edilen pozitif yönlü ilişki sonucu Orman (2022)'m çalışması ile örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada reel efektif döviz kuru ile işlenmiş tarımsal ürünler ihracatı arasında uzun dönemde pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu durum reel döviz kurunda azalış olduğunda yani TL'nin değerlendiği dönemde ithalatın artış göstermesi ve tarım ürünleri ihracatının ithalata bağlı olarak artış göstermesine bağlanabilir. Diğer bir ifade ile reel döviz kurundaki artış, ihracatı, hatta daha spesfik olarak tarımsal ürün ihracatını artıracaktır. Tarım ürünleri ihracatındaki artış aynı zamanda toplam sanal su ihracatını artıracak ve bu durum sanal su dengesinde de bir artış geręekleşmesine yol açacaktır.

Sıcaklıkta %1'lik değişim sanal su ticaret dengesinde %16,02 oranında bir değişime neden olmaktadır. Bu sonuç, sanal su ticaret dengesinin sıcaklık değişimlerine göre esnekliğini göstermektedir. Sıcaklık ile sanal su ticaret dengesi arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Bu durum sıcaklık artışı ile tarımsal ürün hasadının istenilen düzeyde, verimde ve kalitede elde edilememesi sonucu ithalatın artması ve ihracatın azalmasına bağlı olarak sanal su ticaret dengesinin azalması ile açıklanabilir. Ayrıca söz konusu negatif ilişki sıcaklıktaki artışın tarımsal ürünlerin su ayak izi değerini artırmasıyla da açıklanabilir. Artan sıcaklıkla sanal su ithalatı artacak ve sanal su ticaret dengesinde azalış olacaktır. Söz konusu negatif yönlü ilişki, Ashktorab ve Zibaei (2021)'m çalışması ile örtüşmektedir. Yazarlar, sıcaklıktaki %1'lik bir artışın, İran'm sanal su ithalatını %0,11 artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Artan sanal su ithalatı sanal su ticaret dengesinde azalışa neden olmaktadır.

Sulanan alandaki %1'lik değişim sanal su ticaret dengesinde %5,41 oranında değişime neden olmaktadır. Sulanan alan ile ticaret dengesi arasında tespit edilen negatif yönlü ilişki rasyonel anlamda beklenen şekilde değildir. Bu durum Türkiye'de sulanan alanın artmasına rağmen, su ayak izi yüksek olan ürünlerin (su yoğun ürünlerin) ithalatının artması ile ilişkilendirilebilir. Söz konusu negatif yönlü ilişki, sulamanın uygun şekilde yapılmamasına bağlı oluşabilecek verim kaybıyla artan ithalat miktarı ile de açıklanabilir.

Şimdiye kadarki aşamalardan sonra, kısa dönem ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir. Oluşturulan hata düzeltme modeli kısa dönem dengesine ilişkin bilgi sağlamakla birlikte kısa dönemde oluşan dengesizliklerin uzun dönemde giderilme

durumunu da göstermektedir. Hata düzeltme modelinin sonuçları Tablo 4.6'da yer almaktadır.

Hata düzeltme modelinde önemli olan, hata düzeltme teriminin (hata düzeltme katsayısı- ECT_{t-1}) anlamlılığı ve işaretidir. Eğer hata düzeltme terimi istatistiksel olarak anlamlı ise yani olasılık değeri $\leq 0,05$ ve hata düzeltme katsayısı negatif işaretli ise hata düzeltme modeli çalışıyor, kısa dönemdeki dengesizlikler uzun dönemde gideriliyor demektir. Tablo 4.5'te görüldüğü üzere; hata düzeltme modeline ait hata düzeltme katsayısı istatistiksel olarak anlamlı ve negatif işaretlidir. Hata düzeltme terimine göre, bir dönemde meydana gelen dengesizliklerin %79'u bir sonraki dönemde düzeltilmektedir.

Tablo 4.5 Hata düzeltme modeli sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık Değerleri
$\Delta \ln \text{SICAKLIK}$	-5,867018	1,369708	-4,283408	0,0002
$\Delta \ln \text{SICAKLIK}(-1)$	6,157798	1,604543	3,837726	0,0007
$\Delta \ln \text{SICAKLIK}(-2)$	3,307252	1,123938	2,942557	0,0066
$\Delta \ln \text{TARURE}$	7,529257	2,089503	3,603372	0,0013
$\Delta \ln \text{TARURE}(-1)$	4,560297	2,072112	2,200797	0,0365
$\Delta \ln \text{TARURE}(-2)$	5,755350	1,776933	3,238924	0,0032
$\Delta \ln \text{GSYH}$	-13,70947	2,098480	-6,533049	0,0000
$\Delta \ln \text{ALAN}$	-5,984349	3,829133	-1,562847	0,1297
$\Delta \ln \text{ALAN}(-1)$	-2,277402	4,350877	-0,523435	0,6049
$\Delta \ln \text{ALAN}(-2)$	3,255204	4,165390	0,781488	0,4413
$\Delta \ln \text{ALAN}(-3)$	13,95877	4,212303	3,313810	0,0026
ECT_{t-1}	-0,798057	0,098564	-8,096865	0,0000

4.3. Tanısal Test İstatistikleri ve Yorumu

Analizlerde kullanılan tanısal testlerden Breusch-Godfrey (BG) Seri Korelasyon LM Testi modelde otokorelasyon sorununun olup olmadığını, Breusch-Pagan-Godfrey (BPG) Değişen Varyans (Heteroskedastisite) Testi modelde değişen varyans sorununun olup olmadığını, Jarque- Bera (JB) Normal Dağılım Testi modelde normal dağılım sorununun olup olmadığını ve Ramsey Reset (RR) Testi modelde spesifikasyon hatasının olup olmadığını göstermektedir. Tablo 4.7'de tanısal test sonuçları gösterilmiştir.

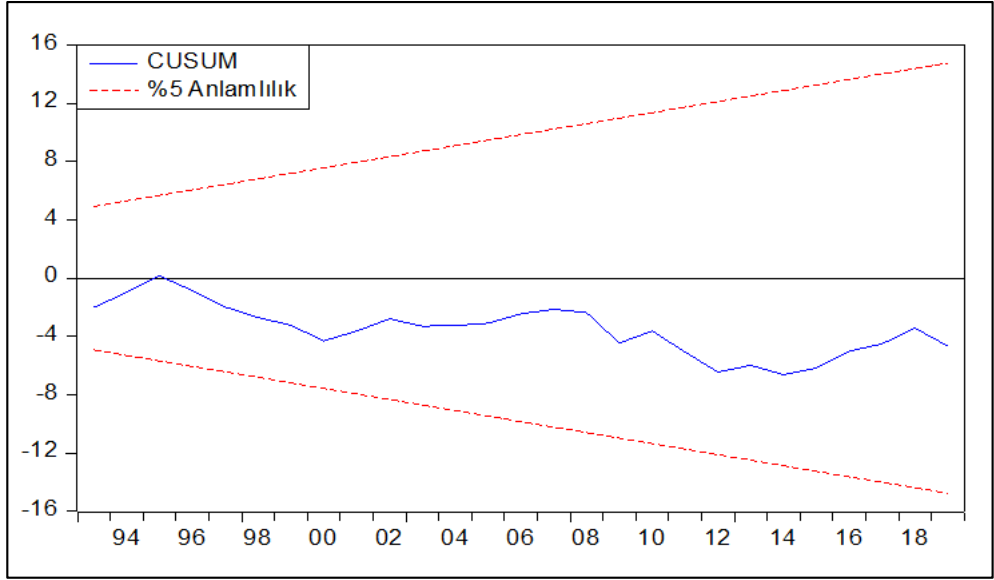
Tablo 4.6 Tanısal test sonuçları

Tanısal Testler	F- İstatistiği	Test İstatistiği Olasılık Değeri
Breusch-Godfrey (BG) Seri Korelasyon LM Testi	1,153887	0,3316
Breusch-Pagan-Godfrey (BPG) Değişen Varyans (Heteroskedastisite) Testi	0.352525	0,9876
Jarque- Bera (JB) Normal Dağılım Testi	0,168840	0,9190
Ramsey Reset (RR) Testi	0,010862	0,0693

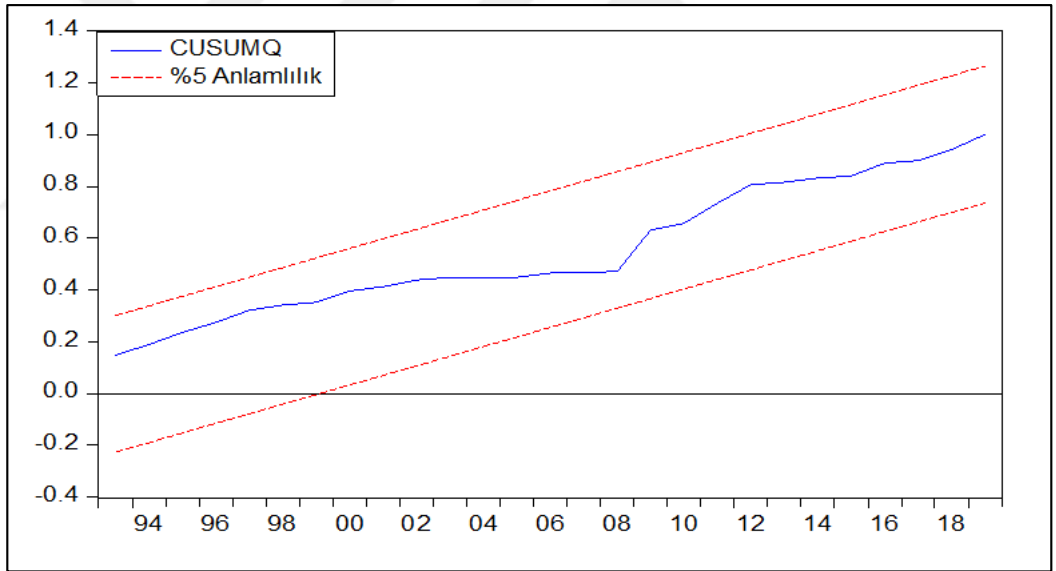
Breusch-Godfrey Seri Korelasyon LM testinin yokluk hipotezi “serisel korelasyon yoktur” şeklindedir ve elde ettiğimiz sonuç 0.05’den büyük olduğu için yokluk hipotezi reddedilemez ve modelde otokorelasyon sorunu yoktur. Breusch-Pagan-Godfrey (BPG) Değişen Varyans (Heteroskedastisite) testinin yokluk hipotezi “hata terimleri arasında sabit varyans vardır” şeklindedir ve olasılık değeri 0,05’ten büyük olduğu için yokluk hipotezi reddedilemez ve modelde değişen varyans (heteroscedasticity) sorunu yoktur. Jarque- Bera (JB) Normal Dağılım testinin yokluk hipotezi “veriler normal dağılıma uygundur” şeklindedir ve olasılık değeri 0,05’ten büyük olduğu için yokluk hipotezi reddedilemez ve veriler normal dağılıma uygundur. Ramsey Reset (RR) testinin yokluk hipotezi “modelde spesifikasyon hatası yoktur” şeklinde olup, olasılık değeri 0,05’ten büyük olduğu için için yokluk hipotezi reddedilemez ve modelde spesifikasyon hatası yoktur.

ARDL modelinin kararlılık durumunu araştırmak için hata terimlerinin kümülatif toplamı (CUSUM) ve hata terimlerinin karelerinin kümülatif toplamı (CUSUMSQ) testleri uygulanmıştır. Bu testler veride herhangi bir yapısal kırılmanın olup olmadığını ve kısa vadeli parametrelerle uzun vadeli parametrelerin istikrarı ve tutarlılığını göstermeleri bakımından oldukça önemlidir.

Modele ilişkin CUSUM ve CUSUMQ test sonuçları Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de yer almaktadır:



Şekil 4.2 CUSUM test sonucu



Şekil 4.3 CUSUMQ test sonucu

Hata terimlerine ilişkin olarak tahmin edilen CUSUM ve CUSUMQ testi istatistiklerinden elde edilen sonuçlara göre oluşturulan eğriler %5 anlamlılığı ifade eden kritik sınır değerleri arasında hareket etmektedir. Buradan herhangi bir yapısal kırılma olmadığı ve modelin kararlı olduğu anlaşılmaktadır. Aynı zamanda test sonuçları modelde uzun vadeli ve kısa vadeli sonuçlar arasında istikrar ve tutarlılık olduğunu göstermektedir.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde suyun giderek kıt bir doğal kaynak haline gelmesi ve ikamesinin olmaması, onu küresel boyutta tüm insanlığı ilgilendiren önemli bir sorun haline getirmiştir. Zira su yaşam için bir zorunluluktur. Hayatta kalabilmek için kişi başına gerekli günlük su miktarı Dünya Sağlık Örgütü'ne göre 2,5 litre, ABD Çevre Koruma Ajansı ve Ulusal Bilim Akademisi'ne göre 2,0 litre olarak tanımlanmaktadır (Gleick, 1996). Gleick'in (1996) yaptığı araştırmaya göre iklim, teknoloji ve kültürel etkilerden bağımsız olarak içme suyu, banyo, yemek pişirme için toplamda günlük kişi başına gerekli su miktarı 50 litredir. Yaşam için vazgeçilmez olan su, öte yandan ekonomide birçok sektörde temel girdi olarak kullanıldığı için önemli bir ekonomik değere de sahiptir. Fakat bütün ekonomik değerinin ötesinde su bir insan hakkıdır. Birleşmiş Milletler bünyesinde 2010 yılında su, yaşam hakkının tam olarak kullanılması için temel bir nesne olarak tanımlanmış ve suyun bir insan hakkı olarak kabul edilmesine yönelik tarihi bir karar alınmıştır.

Bugün suyun bir sorun olarak tanımlanmasındaki en büyük etken suyun erişilebilirliğinde yaşanan güçlüklerdir. Söz konusu erişilebilirlik sorunu beraberinde su hakkı konusundaki mücadeleleri getirmiştir. Bu mücadeleler temelde ekonomik, çevresel ve kültürel faktörlere dayanmaktadır. Dünyanın birçok yerinde özellikle sanayi devriminden sonra su mücadelelerinin devam ettiği görülmektedir. Ekonomik bir meta haline gelen su kaynaklarındaki kıtlaşmanın önüne geçmeye yönelik yeterli ve etkili tedbirlerin alınmaması halinde bu mücadelelerin artarak devam etmesi imkân dâhilindedir.

Temelde insan müdahalesinden kaynaklanan su sorununun değişen iklim, hızlı nüfus artışı, yaşam standartlarının artmasına bağlı olarak suya olan talebin artması, gelişen teknoloji, artan fosil yakıt kullanımı vb. birçok sebebi bulunmaktadır. Hangi sebeple olursa olsun kıtlaşan kaynağın bir fiyatının olması kıtlaşmayı önlemek için bir çözüm olarak görülmüş ve suyun metalaşması kavramı ortaya çıkmıştır. Suyun bu şekilde bir fiyatının olması mevcut su sorunlarına çözüm olamayacağı gibi su sorunlarının derinleşmesine de sebep olabilecektir. Çünkü bu durum bedelini ödeyebilenlerin suya ulaşmasına ve adil olmayan su dağılımının artmasına sebep olabilecektir. Bu şekilde insanlar, bir yaşam hakkı olan su hakkından mahrum kalacaktır. Öte yandan suyun çok ucuz olması durumunda da insanların tüketim

alışkanlıkları değişmediği sürece, su israfındaki artışın önü alınamayacaktır. Su israfının önlenmesinde suyun fiyatlandırılması yoluna gidilebilir. Ancak bu alternatifin uygun bir çözüm olabilmesi için fiyatlandırmanın bölgeler ve şehirlerdeki kişi başına düşen gelire göre yapılması ya da sektörel bir fiyatlandırma politikasının izlenmesi gerekmektedir.

Su kaynakları üzerindeki artan baskılar, sınır aşan ve sınır oluşturan suları günümüzde ülkeler için çok daha önemli bir hale getirmiştir. Tarih boyunca sınır oluşturan ve sınır aşan sular zemininde su, ülkeler arasında çatışma sebebi olmaktan çok anlaşma sebebi olmuştur. Çünkü bu sularda ortaya çıkabilecek bir kirlilik ya da azalma durumu diğer ülkelere zarar vermektedir. Bu sebeple yerel ve sınır aşan suların bütünleşik bir şekilde yönetilmesi insanlık için daha uygun bir yaklaşım niteliğindedir. Küresel ölçekte ve Türkiye özelinde su kaynaklarının mevcut durumu ve gelecekte yaşanabilecek riskler düşünüldüğünde su kaynaklarının etkin yönetimi daha da ön plana çıkmaktadır. OECD 2012 Çevresel Görünüm (OECD Environmental Outlook to 2050) raporunda nüfus artışıyla küresel su talebinde yüzde 55 oranında artış beklendiği, politika değişiklikleri ve su yönetiminde iyileşmeler olmaz ise su mevcudiyeti konusunda 2050 yılına kadar durumun daha da kötüleşeceği belirtilmektedir. Söz konusu raporda özellikle Güney Asya ve Orta Doğu'nun hemen hemen tamamında ve Çin ve Kuzey Afrika'nın büyük bir kısmında, şiddetli su sıkıntısı yaşanacağı öngörülmektedir. Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 1.340 m³/yıl' dır. DSİ bu verilerden hareketle ve artan nüfusu göz önünde bulundurarak 2040 yılında kişi başı su miktarının 1.116 m³/yıl olacağını ve bunun sonucu olarak Türkiye'nin yoğun bir su sorunu ile karşılaşacağını ön görmektedir. Bu sebeple nüfus artışına bağlı ortaya çıkacak su talep artışı ve havzaların mevcut su potansiyeli düşünülerek su yönetim politikalarının oluşturulması zorunlu görünmektedir.

Küresel ve yerel boyutta söz konusu olan su sorunlarının ve kıtlığın önlenmesi toplumsal farkındalık oluşturulması ve tüketicilerde su tasarrufu bilinci geliştirilmesi ile mümkün olabilecektir. Bunun yanı sıra etkin ve verimli bir su yönetiminde, yağmur suyundan daha fazla faydalanma, yeraltı suları ve deniz sularının tuzdan arındırılması, suyun verimliliğinin artırılması, nüfusun dengeli hale getirilmesi, havzalar arası su transferi gerçekleştirilmesi, sanal su ticareti vb. yeni yaklaşımların benimsenmesi önem kazanmaktadır. Tüm üretim zinciri boyunca kullanılan su miktarını ifade eden sanal suyun ticareti ile su zengini ülkeden/bölgeden su fakiri ülkeye/bölgeye su ihraç edilerek küresel veya bölgesel ölçekte önemli miktarda su tasarrufu sağlanması

mümkün olmaktadır. Böylelikle sanal su ticareti suyun daha adil dağılımının, sürdürülebilir su yönetiminin ve gıda güvenliğinin sağlanması hususlarında oldukça önemli bir işlev üstlenmektedir.

Sanal su ticaretinin su tasarrufuna katkı sağlama ve su dağılımını adil kılma hususlarındaki işlevi ancak suyun iktisadi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından birlikte ele alınması ve buna uygun politikaların hayata geçirilmesi ile mümkün kılınabilir. Bir diğer ifade ile uluslararası ticari faaliyetlerin ekonomik gerekçelere ek olarak çevresel, ekolojik ve sosyo-ekonomik gerekçelerle de ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bunun için de uluslararası ticaret faaliyetlerinde gerek ihracatçı gerek ithalatçı ülkelerin su ayak izini dışsallaştırmadan önce üretici ülkede su kıtlığı olup olmadığı, ticarete konu ürünlerin su ayak izi değerleri gibi kıstaslar dahilinde hareket etmeleri hayati bir önem arz etmektedir. Literatürde Hoekstra ve Hung (2002), Chapagain ve Hoekstra (2004, 2008), Chapagain ve diğerleri (2006) ve Hoekstra ve Chapagain (2007a, 2008) tarafından gerçekleştirilen küresel su ayak izlerinin hesaplanmasına yönelik oldukça kapsamlı ve makro ölçekli çalışmalar bulunmaktadır.

Sanal su ticaretinde tarımsal ürünler suyu en fazla kullanan ürünler olduğu için ayrı bir öneme sahip olmaktadır. Tarım sektörü Türkiye’de toplam su ayak izinin %89’unu oluşturmaktadır (WWF, 2014). Bu kadar yüksek su ayak izi değerine sahip olan tarım sektöründe suyun verimli kullanılması su kıtlığının giderilmesi noktasında çok önemli olmaktadır. Türkiye’de tarımsal ürünler ağırlıklı olarak hammadde olarak ithal edilmekte ve işlenmiş ürün (nihai mal) olarak ihraç edilmektedir. Türkiye’nin işlenmemiş ve az işlenmiş tarım ürünlerinde dış ticaret açığı bulunmaktadır. Ancak su ayak izi ve sanal su ticareti açısından durum değerlendirmesi yapıldığında bu durumun sanal su ticaret dengesine olumlu yansımaları olduğu görülmektedir.

Türkiye’de işlenmemiş tarım ürünleri ithalatının su ayak izindeki oranı %60 iken, işlenmiş tarım ürünlerinde bu oran %18’dir. İşlenmemiş tarım ürünleri toplam ihracatının su ayak izi içerisindeki oranı %19 iken, işlenmiş tarım ürünleri için bu oran %34’tür (WWF, 2014). Söz konusu oranlar tek başına ele alındığında Türkiye’nin işlenmemiş tarımsal ürünlerde dış ticaret açığı veren ve bu nedenle kendi kendine yetemeyen bir ülke profili çizdiği görülmektedir. Ancak sanal su ithalatında ağırlıklı olarak su yoğun tarımsal hammadde ürünleri ithal edilmekte ve bu şekilde aslında su tasarrufu sağlanmış olmaktadır. Bu sebeple sanal su ticareti açısından işlenmemiş tarım

ürünlerinde uygun bir strateji izlendiği söylenebilir. Buna karşın Türkiye’de işlenmiş tarım ürünlerinde oldukça yüksek bir dış ticaret fazlası söz konusu olmasına rağmen, bu durum aynı zamanda yüksek miktarda suyun sanal olarak ülke dışına transfer edildiğini de göstermektedir. Sanal su ticaretinde su yoğun olmayan ya da daha az su kullanılan tarımsal ürünlerin ihracatının yapılması sanal su ticaret dengesi açısından daha uygun bir strateji olabilir. Sanal su ticaret dengesi açısından durum bu şekilde iken; ekonomiye sağlanan katma değer ve su tasarrufuna göre gerçekleştirilecek fayda-maliyet analizine göre en uygun strateji belirlenmelidir. Ekonomiye sağladığı katma değeri çok küçük ama su ayak izi çok büyük olan tarım ürünlerinin ihracatına kısıtlama getirilebilir. Örneğin, bir tişörtü imal etmek için pamuktan ipliğe kadar 3 bin ton su harcanmakta ve bu tişört 10 \$’ın altında bir fiyatla ihraç edilebilmektedir.

Ürünlerin sanal su ithalat ve ihracatında dışa bağımlılık riski de önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü yüksek miktarda ihracatı yapılan bazı işlenmiş tarımsal ürünlerin hammadde olarak ithalata bağımlılığı da yüksek olmakta ve bu bağımlılık bazı riskleri de beraberinde getirebilmektedir. Bu nedenle, uluslararası veya yerel bazda gerçekleştirilecek sanal su ticaretine karar verilirken dışa bağımlılığının yaratabileceği riskler, su tasarrufu ve kaynaklarının sürdürülebilirliği ve ekonomik olarak sağlanan katma değer bütünsel olarak değerlendirilmeli, kapsamlı analizler gerçekleştirilmeli ve bu doğrultuda uygun stratejiler belirlenmelidir.

Bu tezde su kıtlığına doğru giden Türkiye’de suyun en çok kullanıldığı sektörlerden biri olan tarım sektöründe gerçekleşen sanal su ihracat ve ithalat değerlerinin hesaplanmasıyla elde edilen sanal su ticaret dengesinin (SSTD), tarımsal üretim endeksi (TARÜRE), Türkiye GSYH/Dünya GSYH (GSYH), reel döviz kuru (KUR), sulanan alan (ALAN), SICAKLIK, YAĞIŞ bağımsız değişkenleri ile ilişkisi analiz edilmiştir. Sanal su ticaretine ilişkin geniş bir literatür olmasına karşın sanal su ticareti ile iklim değişkenleri, ekonomik faktörler, tarımsal değişkenler ve su değişkenlerinin birlikte incelendiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ayrıca mevcut çalışmaların genellikle bir ya da birkaç yıl ile sınırlandırıldığı uzun vade de gelişen değişimleri yansıtmada yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu tezde 1970-2019 yılları arası kapsayan 50 yıl gibi oldukça uzun bir zaman dilimi için analizler gerçekleştirilmiştir. Bir diğer yandan daha önce de belirtildiği üzere Türkiye’nin sanal su ticaret dengesine yönelik kapsamlı bir çalışma da mevcut değildir. Tüm bu hususlar

Türkiye'ye odaklanan ve sanal su ticaret dengesini bağımlı değişken olarak seçen ve bu yüzden diğerlerinden ayrılan bu tezin önemini artırmaktadır.

Tezde analize başlamadan önce serilerin doğrusallığının sağlanması amacıyla tüm serilerin logaritmaları alınmıştır. Değişkenlerin durağanlık düzeylerinin tespiti için yani birim kök araştırması için ADF ve PP durağanlık testleri uygulanmıştır. ADF ve PP birim kök testlerinin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, InYAĞIŞ, InSICAKLIK, InALAN, InGSYH serilerinin her iki teste göre düzey değerlerinde durağandır yani birim kök içermemektedir. InSSTD, InTARÜRE serilerinin PP testine göre düzey değerleri ile durağan iken ADF testinde 1.fark alındıktan sonra durağan hale gelmiştir. InKUR serisi de her iki teste birinci farkta durağan hale gelmiştir. Serilerin farklı düzeylerde yani $I(0)$ ya da $I(1)$ düzeylerinde durağan olmasından dolayı ve değişkenlerin kısa ve uzun dönem ilişkilerinin tespit edilebilmesi için ARDL testi seçilmiştir. Söz konusu test ile bir model tahmin edilmiş ve modelin anlamlılığı için spesifikasyon testleri (tanısal testler) uygulanmıştır. Bu testler, Otokorelasyon Testi, Değişen Varyans Analizi, Spesifikasyon Hatası Analizi ve Normallik Testleridir. Özetle gerçekleştirilen tanısal testler ile modelde ekonometrik herhangi bir sorun olmadığı, başka bir ifadeyle modelin doğru belirlendiği görülmüştür. ARDL uzun dönem katsayılarının kararlılığını sınamak için Cusum ve Cusum-of-Square testleri kullanılmıştır. Söz konusu testlerin sonuçları, kurulan ARDL modelinin analiz sonuçlarının kararlı olduğunu göstermiştir.

ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modeli sonuçlarına göre sanal su ticaret dengesi ile GSYH arasında bulunan eşbütünleşme ilişkisinin uzun dönem katsayısı anlamsız fakat negatif işarete sahiptir. Tarım ürünlerinin talep fiyat esnekliği ve gelir esnekliği diğer ürünlere göre daha düşüktür. Bu sebeple söz konusu değişkenin anlamlı çıkmaması olağandır.

ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modeli sonuçlarına göre, sanal su ticaret dengesi ile reel döviz kuru eşbütünleşme ilişkisine sahiptir. Eşbütünleşik olan iki serinin uzun dönem ilişkisi ise anlamlı ve pozitif katsayıya sahiptir. Bu durum reel döviz kurunda artış olduğunda yani TL'nin değerlendirildiği dönemde ithalatın artış göstermesi ve tarımsal ürün ihracatının ithalata bağlı olarak artış göstermesine bağlanabilir. Çünkü Türkiye önemli bir işlenmiş tarım ürünleri ihracatçısıdır. Diğer bir ifade ile reel döviz kurundaki artış, ihracatı hatta daha spesifik olarak tarımsal ürün ihracatını artıracaktır. Bu bağlamda

toplam sanal su ihracatı da artacak ve bu durum da sanal su dengesinde bir artış yaşanmasına yol açacaktır.

ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modeli sonuçlarına göre sanal su ticaret dengesi ile sıcaklık eşbütünleşme ilişkisine sahiptir. Ayrıca iki değişken anlamlı ve negatif ilişkilidir. Başka bir ifadeyle sıcaklıkta artış olduğu dönemlerde sanal su ticaret dengesinin azaldığı, sıcaklığın azaldığı dönemlerde ise sanal su ticaret dengesinin arttığı görülmektedir. Bu durum sıcaklık artışı ile tarımsal ürün hasadının istenilen düzeyde, verimde ve kalitede elde edilememesi sonucu ithalatın artması ve ihracatın azalmasına bağlı olarak sanal su ticaret dengesinin azalması ile açıklanabilir. Ayrıca söz konusu negatif yönlü ilişki sıcaklıktaki artışın tarımsal ürünlerin su ayak izi değerini artırmasıyla da ilişkilendirilebilir. Artan sıcaklıkla sanal su ithalatı artacak ve sanal su ticaret dengesinde azalış gerçekleşecektir. Sıcaklığın sanal su ticaret dengesi üzerindeki etkisini gösteren katsayının (-16,02713) diğer bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren katsayılara nazaran oldukça yüksek tahmin edilmesi önemli bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum söz konusu değişkenin sanal su ticaret dengesi üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2021 İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu'nda, beklenen 2-3°C sıcaklık artışına göre, Türkiye için kısa ve orta vadeli tarım politikalarının belirlendiği belirtilmektedir. Tarım politikalarının bu şekilde belirlenmesi uygun bir strateji olup, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve tarımsal verimlilik açısından da hayati bir öneme sahiptir. Aynı zamanda iklim değişikliğinin tarımsal üretime yansımalarının ele alındığı çalışmalarda, bitkilerin su ayak izi değerlerinin ya da sanal su muhtevalarının göz önünde bulundurulması uygun yer ve zaman diliminde uygun bitki türlerinin yetiştirilmesi hususlarına da yer verilmesi oldukça önemlidir.

ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modeli sonuçlarına göre, sanal su ticaret dengesi ile tarımsal üretim endeksi eşbütünleşme ilişkisine sahiptir. Eşbütünleşik olan iki serinin uzun dönem ilişkisi ise anlamlı ve pozitif katsayıya sahiptir. Bu durum ihracata konu tarımsal üretimdeki artışın, sanal su dengesini artırması ile ilişkilendirilebilir. Tarımsal üretim arttıkça tarımsal ihracat artmakta sanal su ticaret dengesinde artış gerçekleşmekte yani daha fazla su sanal olarak ihraç edilmektedir. İhracat gelirleri açısından son derece olumlu görülen bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından bir takım olumsuzluklara yol açabilmektedir. Çünkü tarımsal ürün ihracatı ile aynı zamanda suyun da ihracı söz konusu olmaktadır.

ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modeli sonuçlarına göre modeli sonuçlarına göre sanal su ticaret dengesi ile yağış eşbütünlüme ilişkisine sahiptir. Ayrıca iki değişken anlamlı ve pozitif ilişkilidir. Yağış miktarının artması ile sanal su ithalatı azalacağı aynı zamanda üretim miktarı artacağı için sanal su ticaret dengesinde de artış gerçekleşmekte ya da tersi durumda yağış miktarı azaldığında sanal su ithalatı artacağı için sanal su ticaret dengesi azalış söz konusu olmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, Türkiye’de tarımsal üretimden kaynaklı yeşil su ayak izinin oranının (%64) yüksek olması ülkemizde tarımsal üretimin büyük çoğunluğunda yağmur suyunun önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca iklim değişikliği nedeniyle ortalama yağış miktarlarında meydana gelen mevsimler değişiklikler sebebiyle tarımsal ürün verimi, kalitesi ve dolayısıyla ithalat ve ihracat düzeyleri etkilenmektedir. Bu nedenle, gelecekte yağış azalmasına bağlı olarak kuraklık beklentilerine göre verimin düşeceği göz önünde bulundurularak, sulanan alanların artırılması uygun bir strateji olacaktır. DSİ 2022 Faaliyet Raporu’unda ülkemizde 8,5 milyon hektarlık tarım sahasının 6,96 milyon hektarının 2022 yılı itibariyle DSİ ve diğer kurumlarca sulamaya açılmış olduğu belirtilmektedir. Söz konusu faaliyetler çok önemli olup, kalan 1,54 milyon hektar alanın da sulanabilmesine yönelik tesislerin inşa edilmesi gerekli görülmektedir.

ARDL (1, 0, 1, 4, 3, 3, 0) modeli sonuçlarına göre, sanal su ticaret dengesi ile sulanan alan eşbütünlüme ilişkisine sahiptir. Eşbütünlümlük olan iki serinin uzun dönem ilişkisi ise anlamlı ve negatif katsayıya sahiptir. Bu durum ülkemizde sulanan alanın artmasına rağmen su ayak izi yüksek olan ürünlerin ithalatının gerçekleştirilmesiyle açıklanabilir. 2014 yılında gerçekleştirilen Türkiye'nin Su Ayak izi Raporu’unda Türkiye’nin su yoğun tarımsal hammadde ürünleri (pamuk, buğday vb.) ithal ettiği belirtilmektedir. Ayrıca sulanan alan ile ticaret dengesi arasındaki negatif yönlü ilişki, sulamanın uygun şekilde yapılmaması (uygun sulama tekniğinin kullanılmaması, bitkinin ihtiyacı kadar ve uygun zamanda su verilmemesi, toprağın yapısına uygun sulama yapılmaması vb.) ile oluşabilecek verim kaybı ile de açıklanabilir. Sulama yöntemlerinin etkili ve verimli bir şekilde gerçekleşebilmesi için üreticilere sulama konusunda gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir. Su ihtiyacının karşılanmasında önemli yeri olan barajlardan yapılan salma sulama sistemi toprağa ve ürüne zarar vermektedir. Bitkiye ihtiyacından fazla su gitmesi verim kayıplarını gündeme getirmektedir. Tarımsal sulama için alternatif bir su kaynağı yağmur suyu hasadıdır. Bu noktada sarnıç kullanımı önemli olmaktadır. 2021 yılında İstanbul’da bahçe sulamak,

oto yıkama ve benzeri işlerde kullanılmak üzere 1000 metre kare alana sahip yapılar için sarnıç zorunluluğu getirilmesi yerinde bir strateji olup, bunun tüm Türkiye’de tarımsal sulama içinde kullanılması yerinde bir karar olacaktır. Ayrıca Tarım Orman Bakanlığının 2019-2023 stratejileri içinde arıtılmış atık suların başta tarımsal sulama olmak üzere yeniden kullanılması için havza bazında planlama yapılması yer almaktadır. Söz konusu strateji yerinde bir strateji olup, bu strateji ile dünya geneline uyum sağlanmış olunacaktır.

Bu tezde, tartışmalı bir konu olan ithal girdi kullanımı sanal su ticaret dengesi açısından ele alındığında, su yoğun malların ithalatının yapılması noktasında olumlu bir strateji olarak görülmektedir. İşlenmiş tarım ürünleri ihracatının da ürünlerin su yoğunlukları doğrultusunda gerçekleştirilmeleri önerilmektedir. Bu ürünlerden katma değeri çok küçük ancak su ayak izi yüksek olan tarım ürünlerinin ihracatının azaltılması ve tüketicide farkındalık yaratılabilmesi için su etiketlerinin ürünlere eklenmesi uygun bir strateji olacaktır. Bununla birlikte uluslararası ticaretteki gümrük tarifelerine benzer şekilde ticareti gerçekleştirilen malların içerdiği sanal su oranları baz alınarak tarifelere tabi tutulmaları da etkin bir strateji olabilir.

Genel olarak tarım politikaları, su politikaları ve dış ticaret politikaları belirlenirken su tasarrufu ve sürdürülebilirliği odaklı hareket edilmesinin oldukça önemli ve hatta, su kıtlığının günümüzde geldiği aşama göz önünde bulundurulduğunda aynı zamanda zorunlu olduğu görülmektedir. Bu bağlamda iklim değişikliğinin muhtemel etkilerinin, tarımsal üretim miktarının, ülkenin su potansiyelinin söz konusu politikaların belirlenmesinde dikkate alınması oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- Affuso, E., Mixon, F. G. (2014). Virtual Water Trade in North America, *Economia Internazionale/International Economics*, 67(3), 319-336.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1710318>
- Akhmouch, A., Clavreul, D. and Glas, P. (2018). Introducing the OECD Principles on Water Governance. *Water International*, 43(1), 5-12, doi: 10.1080/02508060.2017.1407561
- Allafi Omar, A. (2019), *Examining the water footprint concept in relation to sustainable water management, Libya* (Unpublished doctoral dissertation). Sheffield Hallam University.
- Allan, J.A. (1997). Virtual Water: A Long Term Solution for Water Short Middle Eastern Economies. *British Association Festival of Science*, (51), 1-21.
https://lwrp.files.wordpress.com/2014/12/allan-t-virtual-water_a-long-term-solution-for-the-middle-east.pdf (Erişim tarihi: 20.11.2021)
- Allan, J.A. (1998). Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits., *Ground Water*, 36(4), 545–546. doi:10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x
- Allan, J.A. (2002). Water Security in The Middle East: The Hydro-Politics Of Global Solutions. https://www.files.ethz.ch/isn/6839/doc_6841_290_en.pdf. (Erişim tarihi: 20.11.2021)
- Allan, J.A. (2003). Virtual Water-the Water, Food and Trade Nexus.Useful Concept or Mmisleading Metaphor? *Water International*, 28(1), 106-113.
<http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2003.9724812>
- Allan, J.A., Olmsted, C.J. (2015). Politics, Economics and (Virtual) Water: A Discursive Analysis of Water Policies in the Middle East and North Africa. *Food, Agriculture, and Economic Policy in the Middle East and North Africa*, (5), 53–78.
[http://dx.doi.org/10.1016/S1094-5334\(03\)05007-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1094-5334(03)05007-6)
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements (56). Food and Agriculture Organization, Rome

Alpaslan, N.M., Tanik, A. ve Dölgen, D. (2008). Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. İstanbul: TUSİAD

Alper, F. (2015). *Sürdürülebilirlik Kavramı İçerisinde Su Ayak İzi: Tekstil Sektörü Örneği* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0625>

Altınbilek, D., Hatipoğlu, A.M. (2020). Water Resources Development. Harmancıoğlu & Altınbilek (Ed.), Water Resources of Turkey içinde (61-85). Switzerland: Springer Nature Switzerland AG.

Altun, O. (2008). Borsaların kar amaçlı şirketlere dönüşümü (SPK Araştırma Raporu No. 5). <https://www.spk.gov.tr/SiteApps/Yayin/YayinGoster/964>.

Anaç, S., Mengü, P.G. ve Özçakal, E. (2011). Sanal Su Kavramı ve Su Yönetiminde Önemi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2), 159-164.

Ansink, E. (2010). Refuting Two Claims About Virtual Water Trade. *Ecological Economics*, 69, 2027-2032. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.06.001

Ashktorab, N., Zibaei, M. (2021). Future Virtual Water Flows Under Climate and Population Change Scenarios: Focusing on its Determinants. *Journal of Water and Climate Change*, 13 (1), 96–112. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.190>

Atalık, A. Küresel Isınma, Su Kaynakları ve Tarım Üzerine Etkileri. https://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/ce6d3c8830d27ec_ek.pdf (Erişim tarihi: 10.12.2022)

Atvur, S. (2012). *Küresel Su Politikalarına Karşı Küre-Yerel Toplumsal Hareketlerin Yarattığı Sonuçlar* (Yayınlanmamış Doktora tezi). Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.

Avanoz, Z. (2020). *Türkiye’de Tarımsal Üretimin Su Ayak İzinin Hesaplanması* (Yüksek lisans tezi), Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman

Aydın, N., Başar, M. ve Coşkun, M. (2014). Finansal yönetim (5.bs.). Detay Yayıncılık: Ankara.

Bahmani-Oskooee, M. (1991). Is There a Long-run Relation Between the Trade Balance and the Real Effective Exchange Rate of LDCS?. *Economics Letters*, 36(4). 403-407. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(91\)90206-Z](https://doi.org/10.1016/0165-1765(91)90206-Z)

- Bahmani-Oskooee, M., Brooks J.T. (1999). Bilateral J-Curve between U.S. and her trading partners. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 135(1), 156–165. doi:10.1007/bf02708163
- Barlow, M. (2009), *Mavi Sözleşme* (Çev: B. Cezar). İstanbul: Yordam Kitap
- Barlow, M. (2016). *Su Hakkı* (Çev: A. Köse). İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi
- Bilen, Ö. (2009). *Türkiye'nin Su Gündemi Su Yönetimi ve AB Su Politikalar* (2. bs.). Ankara: DSİ
- Bookchin, M. (2013). *Özgürlüğün Ekolojisi Hiyerarşinin Ortaya Çıkışı ve Çözülüşü* (Çev: M.K. Coşkun). İstanbul: Sümer Yayıncılık
- Bulut, S., Şahin, G. (2020). Pedagojik Formasyon Öğrencilerinin Su Tüketim Davranışları ile Su Ayak İzlerinin İncelenmesi . *Akdeniz Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3 (2) , 53-70
- Carrell, S., & West, J. (2010). Does Professor Quality Matter? Evidence from Random Assignment of Students to Professors. *Journal of Political Economy*, 118(3), 409–432. <https://doi.org/10.1086/653808>
- Chapagain, A.K., Hoekstra, Y.A. (2003). Virtual Water Flows Between Nations in Relation to Trade in Livestock and Livestock Products (13). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE
- Chapagain, A.K., Hoeskstra Y.A. (2004). Water Footprints of Nations (16). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE
- Chouchane, H., Krol, M.S. & Hoekstra, Y.A. (2018). Virtual Water Trade Patterns in Relation to Environmental and Socioeconomic Factors: A Case Study for Tunisia. *Science of The Total Environment*, 613-614, 287–297. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.09.032
- Çakmak, B., & Gökalp, Z. (2015). Agricultural Water Use in Turkey and Water Footprint. 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Environment (pp.1-7). Konya, Turkey
- Çınar, T. (2008). Kuraklık ve Kentsel Su Yönetimi Sorunu: Türkiye Örneği, *Toplum ve Hekim Dergisi*, 23(1), 10-19

Çınar, T. (2006). Su Yönetimi ve Finansmanında Strateji, Model ve Aktörler. Su Yönetimi Küresel Politika ve Uygulamalara Eleştiri içinde (43-93), Ankara: Memleket Yayınları

Dalin, C., Konar, M., Hanasaki, N., Rinaldo, A. and Rodriguez-Iturbe, I. (2012). Evolution of the Global Virtual Water Trade Network. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(16), 5989–5994. doi:10.1073/pnas.1203176109

DB (2004). Water Resources Sector Strategy – Strategic Directions For World Bank Engagement, Washington D.C.: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/941051468765560268/Water-resources-sector-strategy-strategic-directions-for-World-Bank-engagemen>

Debaere, P. (2014). The Global Economics of Water: is Water a Source of Comparative Advantage? *American Economic Journal: Applied Economics*, 6(2), 32–48.

De Fraiture C., Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M. and Molden, D. (2004). Does international cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use. Comprehensive Assessment Research Report 4. Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat

Demir, Y. (2023). Sığır Eti Üretiminde Su Ayak İzinin Değerlendirilmesi, *Aydın Gastronomy*, 7(1), 161-171

DSİ (2022). Havzalara göre Yıllık Ortalama Yüzeysel suyu Su Potansiyeli ve Havzalara Göre Yıllık Yeraltısuyu Potansiyeli. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1622> (Erişim Tarihi: 07.06.2022).

DSİ (2023). DSİ 2023 yılı performans Programı. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/760>. (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Duarte, R., Pinilla, V. and Serrano, A. (2019). Long Term Drivers of Global Virtual Water Trade: A Trade Gravity Approach for 1965–2010. *Ecological Economics*, 156, 318–326. doi:10.1016/j.ecolecon.2018.10.012.

Durmuş, T. S. (2021). *Süt Sektörü Potansiyel Su İhtiyacı ve Ayak İzinin Araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

Duyar, M., Özçelebi, O. (2012). *Ortadoğu'da Su Sorunu- İsrail'in Su İhtiyacının Temel Dinamikleri*. İstanbul: Derin Yayınları

- Earle, A. (2001). The role of virtual water in food security in Southern Africa. *Occasional paper*, 33, 1-69.
- ElFetyany, M., Farag, H. and Ghany., E.A.H.S. (2021). Assessment of national water footprint versus water availability - Case study for Egypt . *Alexandria Engineering Journal*, 60, 3577-3585. doi:10.1016/j.aej.2020.12.03
- Engle, R.F., & Granger, C.W. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55(2), 251-276.
- Erçin, A.E. & Hoekstra, Y.A. (2012). Water Footprint Scenarios for 2050: A Global Analysis and Case Study for Europa. Value of Water Research Report Series (59). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE
- Erdağ, R. (2015). Türkiye'nin Sınırşan Sular Sorunu. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(9), 27-52
- Erdem, E. (2021). *Seyhan, Ceyhan ve Asi havzalarında tarımsal su ayak izi analizi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires microscale approaches. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258–267.
- FAO (2003). Review of World Water Resources By Country. <http://www.fao.org/3/Y4473E/y4473e.pdf> (Erişim Tarihi: 05.04.2021)
- FAO (2021). Detailed Trade Matrix. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TM>. (Erişim Tarihi: 10.06.2021)
- FAO (2021). Water Footprint Per Ton Of Crop Or Derived Crop Product At National And Sub-National Level (1996-2005). [https://data.4tu.nl/articles/dataset/Water_footprint_per_ton_of_crop_or_derived_crop_product_at_national_and_sub-national_level_m³_ton_1996-2005_/12716774](https://data.4tu.nl/articles/dataset/Water_footprint_per_ton_of_crop_or_derived_crop_product_at_national_and_sub-national_level_m3_ton_1996-2005_/12716774) (Erişim Tarihi: 11.06.2021)
- FAO (2021). Production Indices. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QI> (Erişim Tarihi:11.06.2021)

FAO (2021). Land Use. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (Erişim Tarihi:10.06.2021)

Federal Reserve Bank of St. Louis (2021). Real Effective Exchange Rates Based on Manufacturing Consumer Price Index for Turkey. <https://fred.stlouisfed.org/series/CCRETT01TRM661N> (Erişim Tarihi:10.06.2021)

Fracasso, A. (2014). A Gravity Model of Virtual Water Trade. *Ecological Economics*, 108, 215–228. doi:10.1016/j.ecolecon.2014.10.010

Fracasso, A., Sartori, M. and Schiavo, S. (2014). Determinants of Virtual Water Flows in the Mediterranean. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.2536794

Fraiture, C., Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M., Molden, D. (2004). Does International Cereal Trade Save Water? The Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use. (Comprehensive Assessment Research Report/ 4). Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat

Fu T., Xu, C. Xu & Huang, X. (2021). Analysis of Virtual Water Trade Flow and Driving Factors in the European Union. *Water*, 13(13), 1771. doi:10.3390/w13131771

GEKA (2015). Muğla'nın Su Ayak İzi Haritası. Güney Ege Kalkınma Ajansı Muğla.

Graham, N.T., Hejazi, M.I., Kim, H.S., Davies, R.G.E., Edmonds, A.J. & Miralles-Wilhelm, F. (2020). Future changes in the trading of virtual water. *Nature Communications*, 11(1), 1-7. doi:10.1038/s41467-020-17400-4

Grimble, J.R. (1999). Economic Instruments for Improving Water Use Efficiency: Theory and Practice. *Agricultural Water Management*, 40(1), 77-82. doi:10.1016/s0378-3774(98)00107-3

Gupta, K.A., Uma, R. (1999) Is There A J-Curve? A New Estimation for Japan. *International Economic Journal*, 13(4), 71-79, doi: 10.1080/10168739900000045

Günaydın, G. (2009). Suyun Piyasalaştırılması, Küresel Tarım-Su İlişkisi, *Memleket Dergisi*, 4(10), 33-58

Haddadin, M.J. (2003). Exogenous Water: A Conduit to Globalization of Water Resources. A. Y. Hoekstra (Eds.), *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade* (12) (Pp. 244). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE

- Hejabi, S., Akhoondzadeh Y.T. (2019). The Relationship between Virtual Water Exports and the Country's Water Resources Inventory. *Iranian Economic Review*, 23(3), 693-713. doi: 10.22059/ier.2019.71794
- Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q. (2005). Globalisation of Water Resources: International Virtual Waterflows in Relation to Crop Trade. *Global Environmental Change*, 15, 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.06.00>
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K, Aldaya, M.M. & Mekonnen, M. (2009). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*. Enschede, the Netherlands: Water Footprint Network
- Hoekstra, Y.A. (2003). Virtual Water: An Introduction. A. Y. Hoekstra (Eds.), *Virtual Water Trade: Proceedings of The International Expert Meeting on Virtual Water Trade* (12) (Pp. 13-23). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE
- Hoekstra, Y.A., Hung, P.Q. (2002). *Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations In Relation To International Crop Trade* (11), Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE
- Hoekstra, Y.A., Hung, P.Q. (2005). Globalisation of Water Resources: International Virtual Water Flows in Relation to Crop Trade. *Global Environmental Change*, 15(1), 45-56. doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.06.004
- Hoekstra, Y.A., Chapagain, A.K. (2008). Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources. doi:10.1002/9780470696224
- Hoekstra, Y.A., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M. (2009). *Water Footprint Manual: State of the Art*. Water Footprint Network, Enschede, Netherlands, 20-25. <https://waterfootprint.org/media/downloads/WaterFootprintManual2009.pdf>
- Hoekstra, Y.A., Chapagain, A.K., Aldaya and M.M., Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. *Daugherty Water for Food Global Institute: Faculty Publications*. 77. <https://digitalcommons.unl.edu/wffdocs/77>
- Horlemann, L., & Neubert, S. (2006). Virtueller Wasserhandel- ein Realistisches Konzept zur Lösung der Wasserkrise? (DIE Studies, 22). Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik GmbH. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168ssoar-114658>
- <https://www.dsi.gov.tr/Haber/Detay/1786>

- <https://www.legalindia.com/narmada-bachao-andolan> (Erişim tarihi: 05.04.2023)
- <https://www.open.edu/openlearncreate/mod/oucontent/view.php?id=79936§ion=4>
(Erişim tarihi: 10.03.2023)
- <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB> (Erişim tarihi: 05.02.2022).
- <https://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-teskilati-ve-turkiye.tr.mfa> (Erişim tarihi: 03.04.2023).
- <https://water.usgs.gov/edu/watercycle/turkish.html#global> (Erişim tarihi: 03.04.2021)
- İlgar, R., Khalef, S. (2004). Türkiye'nin Sınırşan Akarsu Anlaşmalarına Coğrafi Açıdan Bir Bakış. *Marmara Coğrafiya Dergisi*, 10, 53–72
- İlhan, A. (2011). *Yeni Bir Su Politikasına Doğru Türkiye'de Su Yönetimi Alternatifler ve Öneriler*. İstanbul: Sosyal Değişim Derneği
- İlhan, A. (2017). *Suya Erişim Hakkından Suyun Akma Hakkına*. A. İlhan, E. Erdoğan, N. Yüce, Ö. Özbay (Ed.), Türkiye'de ve Dünyada Su Krizi ve Su Hakkı Mücadeleleri içinde (13-27). İstanbul: Sivil ve Ekolojik Haklar Derneği
- İlhan A., Yüce, N. (2012). *Bolivya ve Güney Afrika'da Su Hakkı Mücadeleleri*. <https://www.suhakki.org/2012/12/bolivya-ve-guney-afrikada-su-hakki-mucadeleleri> (Erişim tarihi:10.06.2021)
- İraz, E. (2021). *Fırat havzasının su ayak izinin hesaplanması* (Yüksek lisans tezi), Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Batman
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(1), 231-254.
- Johansen, S., Juselius, K. (1990), Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to The Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169-210. doi:10.1111/j.1468-0084.1990.mp52002003.x
- Karapınar, B., Özertan, G., Tanaka, T., An, N. ve Turp, T.M. (2020). İklim Değişikliği Etkisi Altında Tarımsal Ürün Arzının Sürdürülebilirliği (TÜSİAD-T/2020-03/616). İstanbul: TUSİAD

- Kartal, F. (2009). Suyun Metalaşması, Suya Erişim Hakkı ve Sosyal Adalet. *Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü*, 454 (2), 65-69
- Kılıç, S. (2009) Su Yönetiminde Yeni Bir Yaklaşım: Su Hakkı, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(2), 45-59
- Kırkıcı, D.D. (2014). *Sınır Aşan Sular Bağlamında Türkiye, Suriye ve Irak ilişkileri.* (Uzmanlık tezi). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara
- Konar, M., Hussein, Z., Hanasaki, N., Mauzerall, D. L. and Rodriguez-Iturbe, I. (2013). Virtual Water Trade Flows and Savings Under Climate Change. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(8), 3219–3234. doi:10.5194/hess-17-3219-2013
- Konar, M., Marston, L. (2020). The Water Footprint of the United States. *Water*, 12(11), 1-21. doi:10.3390/w12113286
- Lal, A.K., Lowinger, T.C. (2002). Nominal Effective Exchange Rate and Trade Balance Adjustment in South Asia Countries, *Journal of Asian Economics*, 13, 371-383. [https://doi.org/10.1016/S1049-0078\(02\)00120-3](https://doi.org/10.1016/S1049-0078(02)00120-3)
- Maden, E.T. (2013). Sınır aşan Su Havzalarında İş Birliği Sorunu. *Ortadoğu Analiz*, 5(53). 23-31
- McGraw, G. S. (2011). Defining and Defending the Right to Water and its Minimum Core: Legal Construction and the Role of National Jurisprudence. *Loyola University Chicago International Law Review*, 8(2), 101-185
- McIntyre, O. (2010). International Water Law: Concepts, Evolution and Development. In Anton Earle, Anders Jägerskog and Joakim Öjendal (eds). *Transboundary Water Management Principles and Practice* (pp. 62-63). London: Earthscan
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, Y.A. (2010) The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of Water Research Report Series (47), Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE
- Mekonnen, M., Hoekstra, Y.A. (2011). National Water Footprint Accounts: the Green, Blue and Grey Water footprint of Production and Consumption Volume 1-2 (50), Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE
- Mekonnen, M., Gerbens-Leenes, W. (2020). The Water Footprint of Global Food Production. *Water*, 12(10), 2-12. doi:10.3390/w12102696

- Mengiler, Ö. (2018). *Su Diplomasisi*. Ankara: İmaj Yayınevi.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2022). 2021 Yılı İklim Değerlendirmesi Raporu, Ankara
- Mishra A.K., Singh V.P (2010). A Review of Drought Concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202–216. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.07.012
- Muratoğlu, A., Iraz, E. and Ercin, E. (2022). Water resources management of large hydrological basins in semi-arid regions: Spatial and temporal variability of water footprint of the Upper Euphrates River basin. *Science of the Total Environment*, 846, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157396>
- Muratoglu, A., Avanoz, Z. (2021). Spatial analysis of blue and green water footprints of agricultural crop patterns: Turkey. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*. <https://dx.doi.org/10.1680/jwama.20.00085>
- Muratoğlu, A. (2020), Assessment of wheat's water footprint and virtual water trade: a case study for Turkey. *Ecological Processes*, 9(13), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13717-020-0217-1>
- Muratoğlu, A. (2019). Üretimin su ayak izinin incelenmesi: Diyarbakır ili için bir vaka çalışması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35 (2) , 845-858. doi: 10.17341/gazimmfd.543933
- Muratoğlu, A. (2018), Dicle Havzasının Su Ayak İzinin Hesaplanması. 1.Uluslararası İçmesuyu ve Atıksu Sempozyumu, Afyonkarahisar.
- Narayan, P.K., Narayan, S. (2005). Estimating Income and Price Elasticities of Imports for Fiji in a Cointegration Framework. *Economic Modelling*, 22(3), 423-438.
- Narayan, P.K. (2005). The Saving and Investment Nexus for China: Evidence from Cointegration Tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979–1990. <https://doi.org/10.1080/00036840500278103>
- Narin, A. (2016). Su Hakkı ve Bir Müdahale Aracı Olarak Suyun Özelleştirilmesi, *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*, (27), 729-756.
- OECD (2012), *OECD Environmental Outlook to 2050*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- Öktem U.A., Aksoy, A. (2014). Türkiye'nin Su Riskleri Raporu. (ISBN: 978-605-86596-7-4). İstanbul. WWF-Türkiye

- Oki, T., Yano, S. and Hanasaki, N. (2017). Economic Aspects of Virtual Water Trade. *Environmental Research Letters*, 12(4), 1-11. doi:10.1088/1748-9326/aa625f
- Orhon, K. (2015). *Sıniraşan Yerüstü Suların Yönetiminde Dünya ve Türkiye Uygulamaları (Uzmanlık tezi)*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Orman, T. (2022). *Döviz Kuru Oynaklığının Türkiye Tarım Ürünleri Dış Ticaretine Etkisi (Yayımlanmamış doktora tezi)*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Özbay, Ö., Yıldız, D. ve Kırmızıtaş, H. (2011). *Görünmez Stratejik Kaynak: Sıniraşan Yeraltı Suları (7. bs.)*. Ankara: ORSAM
- Özbay, Ö. (2017). *Uluslararası Su Hakkı Mücadeleleri*. A. İlhan, E. Erdoğan, N. Yüce, Ö. Özbay (Ed.), *Türkiye’de ve Dünyada Su Krizi ve Su Hakkı Mücadeleleri içinde (13-27)*. İstanbul: Sivil ve Ekolojik Haklar Derneği
- Perçin, M. (2019) *Bir İnsan Hakkı Olarak Su Hakkının Gelişimi ve Türkiye’deki Uygulama (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi)*. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Hukuku Anabilim Dalı, Kocaeli
- Pesaran, M. H., Shin, Y., and Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to The Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. doi:10.1002/jae.616
- Phillips, P.C.B and Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335–346. doi:10.2307/2336182
- Rahaman, M. M. (2009). Principles of international water law: creating effective transboundary water resources management, *International Journal of Sustainable Society*, 1(3). 206-223. doi:10.1504/IJSSOC.2009.027620
- Ramirez-Vallejo, J., Rogers, P. (2004). Virtual Water Flows and Trade Liberalization. *Journal of Water Science and Technology*, 49(7), 25–32. doi:10.2166/wst.2004.0407
- Reimer, J.J. (2012). On the Economics of Virtual Water Trade. *Ecological Economics*, 75, 135-139
- Robert, J. (2003). *Suyun Ekonomi Politikası, (Çev. M. Duran, M. E. Sakıncı)*, Ankara: Ütopya Yayınevi

- Sartori, M., Schiavo, S., Fracasso, A., Riccaboni, M. (2017). Modeling The Future Evolution of the Virtual Water Trade Network: A Combination of Network and Gravity Models. *Advances in Water Resources*, 538-548. doi:10.1016/j.advwatres.2017.05.005
- Savaş, B. (2021). *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Suyun Ekonomik Önemi ve Sektörel Paylaşımı* (Yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekirdağ
- Selek, B., Aksu, H. (2020). Water Resources Potential of Turkey. Harmancioglu & Altinbilek (Ed.), *Water Resources of Turkey içinde* (241-256). Switzerland: Springer Nature Switzerland AG
- Sennet, R. (2014). *Otorite* (Çev. K. Durand). İstanbul: Ayrıntı Yayınları
- Seyidoğlu, H. (2015). *Uluslararası İktisat Teori Politika ve Uygulama* (20. bs.). İstanbul: Güzem Can Yayınları
- Shiklomanov, I. (1993). *World Freshwater Resources*. P.H Gleick (Ed.), *Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources içinde* (13-24). New York: Oxford University Press
- SSKY (2004). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, Tarih: 13.02.2008, No: 26786. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim Tarihi: 06.05.2022)
- Swyngedouw, E. (2005). Dispossessing H2O: Contested Terrain of Water Privatization. *Capitalism Nature Socialism*, 16(1), 81-98.
- Şahin, B. (2016). *Küresel Bir Sorun: Su Kıtlığı ve Sanal Su Ticareti* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum
- Şahin, Ü., Kurnaz, L. (2014). İklim Değişikliği ve Kuraklık (İstanbul Politikalar Merkezi). <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200326-02030608.pdf>
- Tamea, S., Carr, J.A., Laio, F. and Ridolfi, L. (2014). Drivers of The Virtual Water Trade. *Water Resources Research*, 50(1), 17–28. doi:10.1002/2013WR014707
- T.C. Dışişleri Bakanlığı, Türkiye'nin Su Politikası https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-su-politikasi.tr.mfa (Erişim tarihi: 01.05.2021)

- T.C. Kalkınma Bakanlığı (2018). Onbirinci Kalkınma Planı (2019-2023) Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/SuKaynaklariYonetimi_ve_GuvenligiOzeIhtisasKomisyonuRaporu.pdf (Erişim tarihi: 20.08.2022)
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (2014). Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 (Yayın No: 2886). Ankara, Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2022). 2019-2023 Stratejik Plan. <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/stratejikplan.pdf> (Erişim Tarihi: 17.04.2023)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2021). İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu, Bölgeler Göre Tarım Sektöründe İklim Değişikliğine Uyum ve Azaltım Konusunda Mevcut Durum ve Çözüm Önerileri. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/IKLIM%20DEGISIKLIGI%20VE%20TARIM%20DEGERLENDIRME%20RAPORU.pdf> (Erişim tarihi: 21.09.2022)
- Temesgen, B., Eching, S., Davidoff, B., Frame, K. (2005). Comparison of Some Reference Evapotranspiration Equations for California. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131(1), 73–84. doi:10.1061/(ASCE)0733-9437(2005)131:1(73)
- Tomanbay, M. (2008). *Dünyada Su ve Küresel Isınma Sorunu*. Ankara: Phoenix Yayınevi
- Topçu, E. (2008). Bir İnsan Hakkı Olarak Su Hakkı. *İnsan Hakları Yıllığı*, 26, 15-40 . <https://dergipark.org.tr/pub/ihy/issue/61998/928126>
- Turan, S. E. (2018). Türkiye'nin Su Ayak İzi Değerlendirmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(1), 55-62.
- Turhan, M. S., and Arı, Y. (2021). Örgütsel Ekoloji ve Kooperatif Örgütlenmeleri: Türkiye'de Tarım, Ormanlık ve Balıkçılık Sektörü Üzerine Bir Analiz, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 56(3), 1436-1454. doi: 10.15659/3. sektor-sosyal-ekonomi.21.08.1609
- UNESCO (2009). The United Nations World Water Development Report 2009: Water in a Changing World. United Nations. <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2009> (Erişim Tarihi: 02.04.2022)

- UNESCO (2021). The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. United Nations. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724> (Erişim Tarihi: 20.03.2021)
- UNESCO (2022). The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater Making the Invisible Visible. United Nations (Erişim Tarihi: 14.04.2023)
- Usal, O. Z. (2008). Dünya Bankası Ve IMF Kapsamında Uluslararası Finans Kuruluşları ve İnsan Hakları. *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi*, 39, 231-246.
- USİAD (2007). Su raporu (ISBN: 978-9944-89-682-5). İstanbul: Ada Strateji
- Ünver, A. (2016). *Su Kaynaklarının Yönetimi ve Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Sulama Kooperatifleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Velázquez, E. (2007). Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use. *Ecological Economics*, 63(1), 201–208. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.10.023
- Wang, Q., Ge, S. (2020). Carbon footprint and water footprint in China: Similarities and differences. *Science of The Total Environment*, 739, 1-66. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140070
- Wilhite A. D., Glantz H. M. (1985). Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, *Water International*, 10(3), 111-120
- Wichelns, D. (2004). The Policy Relevance of Virtual Water Can Be Enhanced By Considering Comparative Advantages. *Agricultural Water Management*, 66(1), 49–63
- WWAP (2012). The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris. UNESCO
- WWF (2014). Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi. http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf (Erişim Tarihi: 20/09/2020)
- Yang, H., Zehnder, A. (2007). Virtual water: An unfolding concept in integrated water resources management. *Water Resources Research*, 43(12), 1-10. doi:10.1029/2007wr006048

Yerli, C., Şahin, Ü., Kızıoğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş. and Örs, S. (2019). Van İlinde Silajlık Mısır, Patates, Şeker Pancarı ve Yoncanın Su Ayak İzi . *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences* , 29 (2) , 195-203 . doi: 10.29133/yyutbd.541890

Yıldız, Ç.N., Yıldız, D. ve Yıldız, D. (2016). Suyun Ekonomi Politığı ve Fiyatlandırma Politikaları <https://supolitikalaridernegiblog.files.wordpress.com/2016/12/rapor-suyun-ekonomi-politic49fi-ve-fiyatlandirma-politikalaril-3.pdf>

Yılmaz, G. (2013), *Suyun Metalaşması: Kıtılığın Nedeni Kıtılığa Çare Olabilir mi?*. İstanbul: Evrensel Basım Yayın

Zaag, D.V. P., Savenje, G. H. H. (2006). Water as an Economic Good: The Value of Pricing and the Failure of Markets. Value of Water Research Report Series (19). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE

Zhuo, L., Mekonnen, M., Hoekstra, Y.A. (2016). The Effect of İnter-Annual Variability of Consumption, Production, Trade and Climate on Crop-Related Green And Blue Water Footprints and İnter-Regional Virtual Water Trade: A Study for China (1978–2008). *Water Research*, 94, 73–85. doi:10.1016/j.watres.2016.02.037

Zimmer, D., Renault, D. (2003). Virtual Water in Food Production and Global Trade: Review of Methodological Issues and Preliminary Results. A. Y. Hoekstra (Eds.), *Virtual Water Trade: Proceedings of The İnternational Expert Meeting on Virtual Water Trade* (12) (Pp. 93-109). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Sultan SAT

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

• 2000-2004, Mersin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü Lisans Programı

• 01.07.2003- 13.08.2003, Stajer, DHB Bank (Nederland) N.V Düsseldorf

• 2004-2011, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

• 01.08.2006-01.10.2007, Satış Temsilcisi, PTT Minex GmbH Essen, Satış

• 2008-....., Kobi Miy, Türkiye Halkbankası A.Ş., Pazarlama

• 2014-.....,Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi- Lisansüstü Eğitim Enstitüsü- Uluslararası Ticaret Anabilim Dalı Doktora Programı

• 2018-....., İç Eğitimci, Türkiye Halkbankası A.Ş.

Yayımları ve Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

• Sat, S., Ay, Ü. (2010). Banka Çalışanlarının İş Doyumu ve Tükenmişlik Düzeylerinin İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(2), 47-66

• Uysal, Ö., Sat S. (2015). The Causal Relationship Between Economic Growth And Export: The Case Of Russia. International Conference On Eurasian Economies, Kazan, Rusya Federasyonu

• Uysal, Ö., Sat, S. (2019). The Causal Relationship Between Economic Growth And Export: The Case Of Russia. *Istanbul Journal of Economics*, 69(1), 43-65. <https://doi.org/10.26650/ISTJECON2019-0011>

Yabancı Dil Bilgisi:

Almanca (İyi)

İngilizce (Orta)