



## Planning the use of water in Şanlıurfa province, which struggles with drought: Water footprint analysis

Murat Batan\*

Batman University, Engineering-Architecture Faculty, Department of Civil Engineering, 72100, Batman, Turkey

### Highlights:

- Water footprint analysis for water resources planning
- Agriculture, livestock, domestic and industrial water footprint analysis for Şanlıurfa province
- Virtual water contents and unit prices of agricultural products growing in the region

### Keywords:

- Water footprint,
- Şanlıurfa province,
- Virtual water content,
- Evapotranspiration
- Agricultural water use

### Article Info:

Research Article  
Received: 05.09.2020  
Accepted: 08.04.2021

### DOI:

10.17341/gazimmfd.790928

### Correspondence:

Author: Murat Batan  
e-mail:  
murat.batan@batman.edu.tr  
phone: +90 488 217 4012

### Graphical/Tabular Abstract

Drought, rapid urbanization and industrialization increased the water consumption. Therefore, more effective planning and measures should be taken in the water use and management of water resources. Water footprint(WF) is a new method that has been introduced to the scientific literature in recent years. The water footprint of a product or a sector refers to the total volume of water used or contaminated directly or indirectly in production processes. This study is one of the first studies calculating and discussing the agricultural, livestock, domestic and industrial water footprint of Şanlıurfa province.

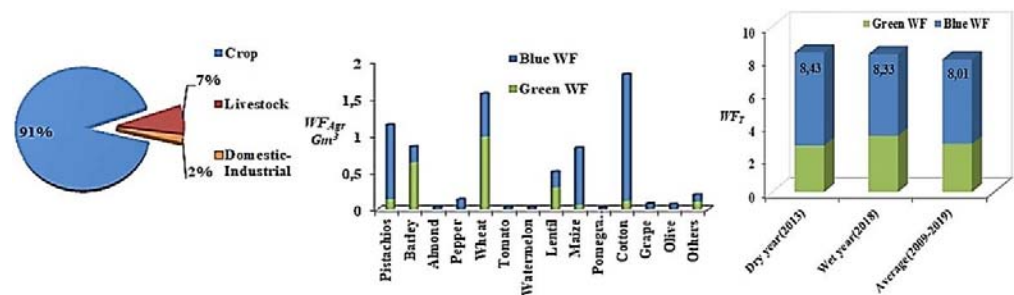


Figure A. Water footprint analysis results in Şanlıurfa province for 2009-2019

**Purpose:** The main purposes of this study are analyzing blue and green water footprints of agricultural, livestock water footprint, industrial and domestic water footprint in Şanlıurfa province for 2009-2019, comparison unit ton prices with the virtual water contents of crops producing in the province, determining the effect of dry and wet years on the water footprint.

### Theory and Methods:

Water footprint methodology including Penman-Monteith, CWR ve USDA-SCS methods in CROPWAT 8.0 software has been used. Long term meteorological data, rainfall statistics, crop coefficients, crop production amounts, cultivation area, animal statistics, industrial and domestic water consumption data were obtained from CLIMWAT 2.0 software and local organizations.

### Results:

Average total water footprint of Şanlıurfa province for 2009-2019 years was calculated. It is 8.01 Gm<sup>3</sup>. Agricultural production is responsible from 91% of total water footprint. Crops which consume most water in agricultural production of study area are cotton, wheat, pistachio, barley, maize and lentil. Especially, the water consumption for the cotton, wheat and pistachio production corresponds to 62% of total agricultural water footprint. The water footprint rate of livestock within total amount was found as 7% and the water footprint rate of domestic and industrial consumption was found as 2%. It has been determined to be 64% the rate meeting from blue water resources of existing freshwater. It has been observed that this rate reaches up to 66% in the dry season. Analyses on agricultural production for dry and wet season were made in order to see the impact of drought. Agricultural water footprint in dry season according to analysis results was found higher from wet season and average. Likewise, agricultural blue water footprint in the dry season was found higher from wet season and average.

### Conclusion:

The study area is one of Turkey's most important agricultural areas. However, the effective drought and limited water resources restrict agricultural activities. In this study, the water footprint of the sectors using water in the region was calculated. In this way, it is believed to contribute for the sustainability of fresh water resources. It is also expected to contribute to the authorities in the management of regional water resources.



## Kuraklıkla mücadele eden Şanlıurfa ilinde su kullanımının planlanması: Su ayak izi analizleri

Murat Batan\*<sup>ID</sup>

Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 72100, Batman, Türkiye

### Ö N E Ç İ K A N L A R

- Su kaynakları planlamasında su ayak izi analizleri
- Şanlıurfa ili tarım, hayvancılık, evsel ve endüstriyel su ayak izi analizleri
- Bölgede yetiştirilen tarım ürünlerinin sanal su muhtevaları ve birim ton fiyatları

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 05.09.2020

Kabul: 08.04.2021

### DOI:

10.17341/gazimmfd.790928

### Anahtar Kelimeler:

Su ayak izi,  
Şanlıurfa ili,  
sanal su muhtevası,  
evapotranspirasyon,  
tarımsal su kullanımı

### ÖZ

Son yıllarda küresel ısınmayla, dünyanın birçok bölgesinde ciddi kuraklıklar yaşanmaktadır. Bu kuraklıklar da su kaynaklarını etkilemektedir. Bu nedenle su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Su ayak izi (SA) analizleri de literatüre kazandırılmış yeni bir parametredir. Bir bölge ya da herhangi bir ürün için su ayak izi kavramı; üretim aşamaları sırasında direkt veya dolaylı olarak kullanılan veya kirletilen su miktarı demektir. Bu çalışma, kuraklığın etkili olduğu ve Türkiye’de en önemli tarım merkezlerinden biri olan Şanlıurfa ilinde detaylı SA analizleri yaparak su kullanımının planlanmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla 2009-2019 yılları arasında 11 yılın alansal yağış ortalamaları kullanılarak, bölgede yetiştirilen 45 tarım ürününün her birinin yeşil ve mavi su ayak izi analizleri yapılmıştır. Buna ek olarak bölgede hayvancılık, evsel ve endüstriyel tüketim SA analizleri de yapılarak ilin toplam ortalama SA değeri 8,01 milyar m<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur. İlerdeki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının %91’lik kısmının tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde kullanıldığı belirlenmiştir. Mevcut temiz suyun %64’lük kısmı mavi su kaynaklarından karşılandığı, kurak sezonda bu oranın %66’ya kadar çıktığı belirlenmiştir. Daha rasyonel planlama yapabilmek için önemli tarım ürünlerinin sanal su muhtevaları hesaplanmış ve ürünlerin ekonomik değeri ile karşılaştırılıp, tartışılmıştır. Türkiye’deki ilk SA analizleri arasında olan bu çalışma, su kaynaklarının planlanması ve iklim değişikliğine uyum kapsamında, önem arz etmektedir.

## Planning the use of water in Şanlıurfa province, which struggles with drought: Water footprint analysis

### H I G H L I G H T S

- Water footprint analysis for water resources planning
- Agriculture, livestock, domestic and industrial water footprint analysis for Şanlıurfa province
- Virtual water contents and unit ton prices of agricultural products growing in the region

### Article Info

Research Article

Received: 05.09.2020

Accepted: 08.04.2021

### DOI:

10.17341/gazimmfd.790928

### Keywords:

Water footprint,  
Sanliurfa province,  
virtual water content,  
evapotranspiration,  
agricultural water use

### ABSTRACT

In recent years, severe droughts caused by global warming have been experienced in many places of the world. These droughts also affect the water resources. Because, many studies have been done for the sustainability of water use in the literature. Water footprint (WF) analysis is also a new concept that has been added to the literature. Water footprint concept for a region or any product, indicates the amount of water used or contaminated in the production stages. The aim of this article is to plan the water use by making detailed WF analysis in Şanlıurfa where is effective drought and which is an important agricultural centers in Turkey. For this purpose, green and blue water footprints for 45 agricultural products growing in the work area were analyzed by using the areal rainfall averages of 11 years between 2009 and 2019. In addition, the average total WF value of the region was found as 8.01 billion m<sup>3</sup>/year by making WF analysis for livestock, industrial and domestic water use in the work area. It was understood that, 91% of underground and surface water resources in the province are used in the cultivation of agricultural products. It was determined that, 64% of the available freshwater is met from blue water resources, and this rate reaches up to 66% in the dry season. For more rational planning, the virtual water contents of important agricultural products were also calculated and compared with the economic value of these products. This study which is among the first WF analysis in Turkey is necessary for planning water resources and adaptation to climate change.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

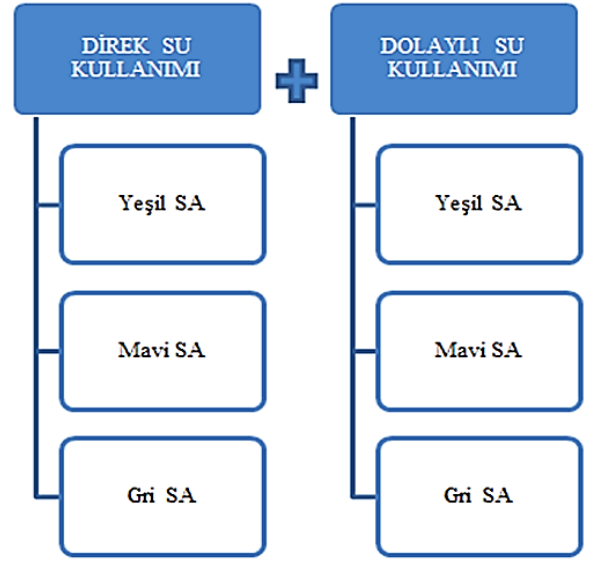
Su, doğada hayati görevler üstlendiğinden canlılar ve sürdürülebilir bir çevre için gereklidir. Su ayrıca doğrudan tüketilebildiğinden insanlığın gıda ihtiyacının temininde de büyük rol almaktadır. Bu görevinin yanında üretim süreçlerinde de yer alarak ekonomik kalkınmaya etki etmektedir. Su sağlıklı ve kaliteli bir yaşamın vazgeçilmez bir unsurudur [1]. Bu kadar değerli olmasına karşın Dünya’da var olan toplam suyun sadece %2,5’i yeryüzündeki rezervuarlarda tatlı su olarak bulunur. Suyun %97,5’i okyanus ve denizlerde bulunduğu tuzludur [2]. Günümüzde aşırı nüfus artışı, bilinçsiz ve aşırı su tüketimi, hızlı ve plansız kentleşme ve sanayileşme gibi nedenler su kaynaklarını tüketmekte ve kirletmektedir [3, 4]. Su kaynaklarının azalmasında en büyük rolü oynayan etkenlerden biri de kuraklıktır [5, 6]. Kuraklığı tetikleyen de kuraklığın yanında birçok doğal afete de neden olan iklim değişikliğidir [7, 8].

Dünyadaki tatlı su kaynaklarının çoğunluğu buzullardan oluştuğundan tatlı suyun sadece %0,3’ü kullanılabilir durumdadır [2]. Bu tatlı su kaynakları ise gün geçtikçe azalma eğilimi göstermekte olup [9, 10] çeşitli nedenlerle kirlenmektedir [11]. Bu durum da su kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli bir şekilde kullanılmasını, su kaynakları yönetimi ve planlamalarının yapılmasını zorunlu kılmaktadır [12, 13]. Bu planlamalar ise entegre bir su yönetimi yaklaşımı ile yapılmalıdır. Türkiye 20-25 yıl önce bol su kaynakları olan ülke sınıfında iken, günümüzde su sıkıntısı çekmektedir. Bu nedenle Türkiye’de son yıllarda Avrupa Birliği tarafından imzalanan Su Çerçeve Direktifine (ŞÇD) uyarlanmaların yapılması gibi çalışmalar yürütülmektedir [14].

Su kaynaklarının azalmasıyla beraber, su kaynaklarının planlanması ve doğru yönetimi ihtiyacı doğmuş ve buna çözüm olarak da su ayak izi kavramı ortaya atılmıştır. Su ayak izi (SA) kavramı, karbon ve ekolojik ayak izi kavramları gibi son 10 yılda literatüre kazandırılan bir kavramdır. SA kavramı su kaynaklarının paylaşımını konu edinir [15]. SA analizleri, ürünlerin veya eşyaların üretim süreçlerinde kullanılan temiz su miktarını belirler [16]. SA kavramı 3 farklı bileşenden oluşur. Bunlar; yeşil su, mavi su ve gri sudur. Yeşil su ayak izi tüketilmiş yağış miktarını, mavi su ayak izi yüzey(göller, akarsular, baraj rezervuarları gibi) ve yeraltı su kaynaklarını gösterir [17], [18]. Gri su ayak izi de kirlenmiş su miktarını gösterir [19]. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde sınırlı su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması ve su yönetimi çalışmalarının yapılması gerekmektedir [20, 21] Bunun için de yenilikçi yöntemler arasında olan SA analizleri kullanılmaktadır [22]. SA hesapları, belirli bir ürün, iyi tanımlanmış bir tüketici grubu için(aile, köy, şehir, eyalet veya ülke) veya üreticiler için hesaplanabilir [23]. Bir üretim döngüsünde su ayak izi, dikkate alınan ürünün üretim aşamalarında kullanılan, işleme alınan veya kirlenilen, hacimsel bazda toplam su miktarı olarak tanımlanır [24].

Temin zincirleri boyunca su kullanımı fikri Hoekstra tarafından SA kavramının ortaya atılmasıyla ilgi kazanmış ve bu konu ile ilgili ilk çalışmalar; Hoekstra vd. [18], Hoekstra ve Hung [25] Chapagain ve Hoekstra [26, 27], Mekonnen ve Hoekstra [28] tarafından yapılmıştır.

Toplam su ayak izi hesaplanırken üretici ve tüketicilerin doğrudan su kullanımının yanında, dolaylı su kullanımı da dikkate alınır (Şekil 1). Burada sanal su ya da sanal su ticareti kavramı ortaya çıkmaktadır. Sanal su farklı eşya ya da ürünlerin üretimi ve hizmetler için arka planda kullanılan su miktarıdır. Su kıtlığı çeken bir ülke, üretiminde fazla su harcanan bir ürünü üretme yerine, ithal ederse su tasarrufu yapmış olur. Bu nedenle ürün ve eşyaların sanal su muhtevası (SSM)’nin bilinmesi önem arz etmektedir [29].



Şekil 1. Bir tüketici veya üreticinin su ayak izi (Water footprint of a consumer or producer) [18]

Geleneksel su istatistikleri sadece; belediye, endüstriyel faaliyetlerde kullanılan ve tarımsal sulama suyu tüketimini baz alır [23]. SA metodu konuya bütüncül bir bakış açısı ile yaklaşır, toplam su hacminin yanında, kullanılan suyun türünü ve kapsamını da belirtir. Bu yönleriyle su ayak izi yöntemi, geleneksel su kullanım hesaplamalarından ayrılır [19]. Kullanılan suyu türlerine göre ayırmanın da bir takım yararları olmaktadır. Örneğin, genelde kurak ve yarı kurak alanlarda yüzey ve yeraltı suyunu temsil eden mavi su ayak izinin yüksek olması o bölgede su stresi yaşanacağı anlamına gelir [22]. Bir bölgede yağmur suyunu temsil eden yeşil su ayak izinin yüksek olması, o bölgenin ekolojik açıdan daha sürdürülebilir bir bölge olduğu anlamına gelir [12, 17]. Gri su ayak izinin düşük çıktığı bölgelerde sanayinin gelişmemiş olduğu sonucu çıkarılabilir [16]. Ya da sanayisi çok sınırlı olan bir bölgede yeşil ve mavi su ayak izi hesaplanarak, o bölgenin toplam su ayak izi yüksek doğrulukla belirlenebilir [20, 26]. SA çalışmalarında hesaplamaların zahmetli olması ve SA analizlerinin göreceli olarak yeni bir hesaplama

yöntemi olmasından dolayı bu konudaki çalışmalar sınırlıdır [30]. SA hesaplamalarında tarımsal ürünlerin yetiştirilmesinde kullanılan su miktarı, dünya ortalamasına göre %70'lik bir oranla en büyük paya sahiptir [12, 31]. Bu nedenle tarımsal SA çalışmalarının sayısı daha fazladır. Tarım ürünleri de bölgenin meteorolojik koşullarıyla birebir ilişkili olduğundan, bölgesel çalışmalar ağırlıklı kazanmıştır [15, 32]. Nüfus yoğunluğu su kaynaklarının kullanımına ya da sera gazları salınımına doğrudan etki eden en önemli parametre olduğundan şehir odaklı SA analizleri önem arz etmektedir [33, 34]. Dünya nüfusunun yaklaşık %50'sinin %2'lik bir alan olan şehirlerde yaşaması da şehir SA analizlerinin önemini artırmaktadır [35]. Kurak ve yarı kurak bölgelerde de su kaynaklarının sınırlı olmasından dolayı, su kaynaklarının yönetimi açısından SA hesaplamalarının yapılması çok önemlidir [5]. Bu makalenin çalışma alanı olan Şanlıurfa ilinin nüfusu, son 20 yılda ciddi artış göstermiştir [36]. Kuraklık açısından bakıldığında Şanlıurfa ilinin, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin en kurak ili olduğu, hatta Türkiye'nin en kurak bölgelerinden biri olduğu bilimsel çalışmalarla gösterilmiştir [37]. Bölgenin bu özelliğinden dolayı, özellikle tarımsal sulamada su kıtlığı problemini çözmek ve enerji üretmek için GAP projesi hayata geçirilmiştir [38]. Ayrıca, yağış eksikliği (yeşil su) ve tarımsal kapasitenin artmasından dolayı birçok kuyu da açılmakta ve su ihtiyacının çoğu yeraltı suyu ve yüzey sularından(mavi su) karşılanmaktadır [39]. Dolayısıyla il bazında su tüketen sektörlerin kullandığı su miktarının hesaplanıp, karşılaştırılması su kaynaklarının planlanması açısından önemlidir. Bu çalışmanın ana amacı, Şanlıurfa ilinin toplam su ayak izinin sektörel bazda analiz edilmesidir. Bu kapsamda tarımsal, hayvancılık, evsel-endüstriyel su kullanımlarının yeşil ve mavi su ayak izleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca, yağışlı sezon ve kurak sezon için de bu hesaplamalar yapılmıştır. İldeki önemli tarım ürünlerinin sanal su muhtevası değerleri ürün fiyatları ile karşılaştırılmış ve Şanlıurfa ili için tarımsal üretimde su kaynaklarının daha etkin planlanması adına önerilerde bulunulmuştur. Bölgedeki sanayi hacminin çok kısıtlı olması ve ildeki su kirliliği verilerinin yetersiz olmasından dolayı bu çalışmada gri su ayak izi incelenmemiştir [40]. Sanayinin çok sınırlı olduğu bölgelerde gri su ayak izi çok düşük çıkmakta olup, toplam su ayak izini önemli derecede etkilememektedir [26, 20].Mevcut çalışma 2009-2019 yılları arasında kapsayan 11 yıllık periyotta Şanlıurfa ilinin ortalama toplam su ayak izini hesaplamak için yapılmıştır. Literatürde bu alanda Türkiye için az sayıda çalışma vardır. Bu makalede literatürdeki çalışmalara göre daha güncel veriler kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Şanlıurfa ili, ilçeleri ile beraber değerlendirmeye alınmıştır. Bu çalışma, literatürde Türkiye için il bazında yapılan birkaç çalışmadan biridir. Mekonnen ve Hoekstra 1996-2005 yılları arasında küresel su ayak izi haritaları üretmiştir [41, 42]. Pegram vd., Türkiye için üretim ve tüketimin su ayak izini tahmin etmiştir [42, 43]. Chapagain ve Hoekstra ise 1997-2001 arası periyottaki ortalama veriler ile su ayak izini modellemişlerdir [26]. Bu çalışmada özgün bir bölge üzerinde çalışılmış ve geniş bir zaman periyodu (11 yıl) alınmıştır. Ayrıca analizlerde kullanılan alansal ortalama yağış verileri, bitki katsayıları, bitkisel üretim, hayvancılık,

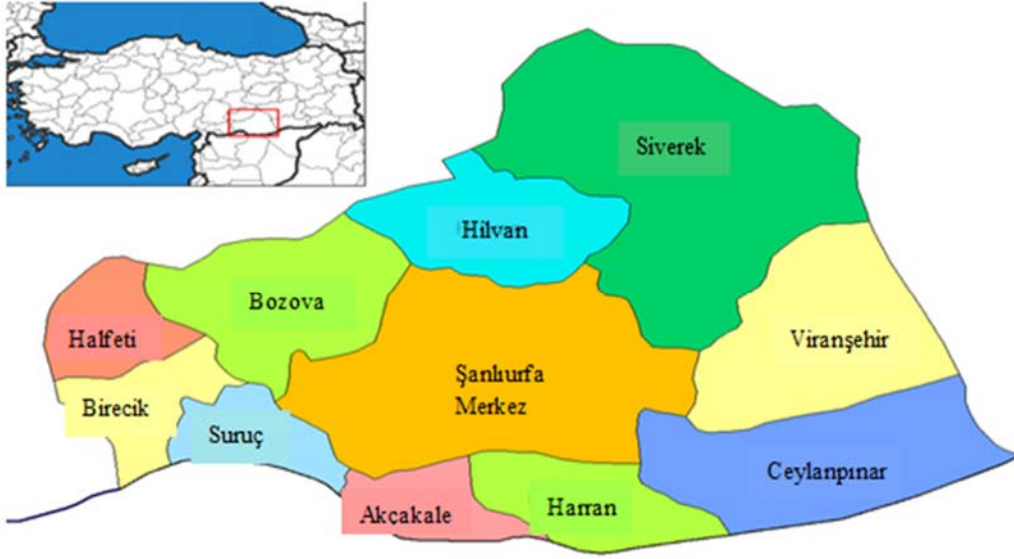
su kullanım ve nüfus istatistikleri gibi yerel otoriteler tarafından üretilen verilerin kullanılmasına büyük önem verilmiştir.

Literatürde ülke ölçeğinde yapılan ve henüz yeni yayınlanan bir çalışmada Türkiye'de tarımsal üretimin su ayak izi hesaplanmıştır [44]. Ülke bazında havza ölçekli, şehir ölçekli, ürün bazlı ve kişi bazlı çalışmalar da mevcuttur. Zhuo vd., Yellow nehir havzasında mahsüllerin su ayak izleri üzerine parametrelerin etkisini araştırmıştır [45]. Dumont vd. İspanya'da Guadalquivir havzasında yeraltı suyu çalışarak, havzanın yeşil ve mavi su ayak izini hesaplamıştır [15]. Hoff vd. tarafından, Berlin, Delhi ve Lagos şehirlerinde sanal su ticareti ve ithalatı araştırılmıştır [46]. Vanham ve Bidoglio; Milan şehrinin tarımsal, endüstriyel ve evsel üretim ile tüketiminde kullanılan su miktarlarını hesaplayıp, Milan şehrinin dışa bağımlı olduğunu tespit etmişlerdir [47]. Bir çalışmada, İtalya'da Vicenza şehrinde doğrudan su kullanımının su ayak izi hesaplanmıştır [48]. Literatürdeki diğer bir çalışmada ise Türkiye'de Diyarbakır şehri için üretimin toplam su ayak izi incelenmiştir [24]. Kolombiya'da bir bölgede yeraltı su ayak izi tespit edilerek, su kıtlığı değerlendirilmiştir [49]. Çin'in farklı şehirleri için; endüstriyel su ayak izi [50], kentsel dönüşümün su ayak izine etkisi [51], tarımsal üretimdeki SA'nın hesaplanması [52] ve evsel SA analizleri yapılmıştır [53]. Literatürde yer alan başka bir çalışmada ise Türkiye'deki bir resmi kurumda personellerin su ayak izi tahmin edilmiştir [54].

## 2. MATERYALLER VE METOT (MATERIALS AND METHOD)

### 2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güney bölümünde bulunmakta olan Şanlıurfa ili, 37°49' – 40°10' doğu boylamları ile 36°41' – 37°57' kuzey enlemleri arasındadır [55]. Şanlıurfa ilinin, merkez ve ilçeleriyle toplam karasal alanı 18.765 km<sup>2</sup> dir. Bu yüzölçümüyle Türkiye'nin 7. büyük şehridir [56]. Çalışma alanı olan Şanlıurfa'da (Şekil 2) karasal iklim hâkim olup, yazları çok sıcak ve kurak olup, kışlar soğuktur [57]. Gece ile gündüz arasında sıcaklık farkı çoktur. Deniz etkisinden uzak bir bölgede olduğundan nem oranı azdır. Türkiye'de en sıcak illerin başında gelir [55]. Yıllık ortalama sıcaklık 18,4°C, ortalama yağış yüksekliği 463,6 mm'dir. 1929-2019 döneminde en yüksek yıllık sıcaklık ortalaması da 46,8°C 'dir [58]. Şanlıurfa ilinin tarımsal potansiyeli büyüktür. İldeki toplam tarım alanı 12.200.014 dekadır. Bu miktar Türkiye toplam tarım alanının %4,9'una karşılık gelmektedir. GAP bölgesindeki tarım alanlarının da %36,2'sini oluşturmaktadır [59]. Tarım alanları sıralamasında Konya ve Ankara illerinden sonra 3.sırada bulunmaktadır. Şanlıurfa ilindeki toplam arazinin %59,3'ü tarım alanı, %12,6'sı mera ve otlak, %0,7'si fundalık ve ormanlık alandır. Geri kalanı da kullanılmayan taşlık alanlardır [60]. Şanlıurfa, bilimsel kuraklık analizi çalışmalarında, Türkiye'nin en kurak bölgelerinden biri olarak belirlenmiştir [37]. Yağış azlığı ve yüksek sıcaklıklar



Şekil.2. Çalışma alanı (The study area) [57]

nedeniyle artan buharlaşmadan dolayı artan su talebi yeraltı sularından ve Fırat nehri üzerine kurulan Atatürk barajından, yani mavi su ile karşılanmaktadır [39, 56]. Şanlıurfa ilinin nüfusu son yıllarda ciddi artış göstererek 2019 yılında 2.073.614 kişi olmuştur [36]. Bu da su talebini artırmıştır.

## 2.2. Veri (Data)

Su ayak izi çalışmalarında birçok veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Su ayak izi analizlerinin doğruluğu veri kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada veriler; uluslararası kurum ve veri tabanlarının yanında, ulusal veri tabanları ve ulusal kurumların raporlarından elde edilmiştir. Çalışma bölgesine özgü hususlarda (bitki özellikleri, yağış miktarları gibi) yerel otoritelerden temin edilen değerler kullanılmıştır. Referans evapotranspirasyon tahmininde kullanılan veriler olan; aylık maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar, rüzgar hızı, nispi nem, güneş radyasyonu, güneşlenme saati ve ortalama yağış değerleri CLIMWAT 2.0 programından elde edilmiştir [61]. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 2009-2019 arası yılları kapsayan 11 yıllık aylık alansal ortalama yağış verileri, etkili yağış ( $P_{eff}$ ) elde edilmesi için CROPWAT 8.0'de kullanılmıştır. Çalışma alanı ile ilgili ulusal raporlardan bitki katsayıları ( $K_c$ ), ekim ve hasat tarihleri, bitkilerin başlangıç, gelişme, orta ve son dönem uzunlukları gibi değerler elde edilmiştir [62]. Şanlıurfa il sınırları dâhilinde ekimi yapılan tarım ürünlerinin toplam üretim miktarları (ton), ekimi yapılan alan ölçümleri (ha) ve verimleri, ilde yetiştirilen büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı sayıları, ilin toplam nüfusu, belediyeler tarafından evsel kullanıma ve endüstriye tahsis edilen su hacmi değerleri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'ten elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında literatürdeki benzer çalışmalara göre daha fazla sayıda ürün analiz edilmiştir. İlde

yetiştirilen 45 tarımsal ürün ile çayır ve meranın su ayak izi analizleri yapılmıştır. Bu ürünler ve verilerin detayları Tablo 1.'de verilmiştir.

## 2.3. Metot (Method)

Bu çalışmada su ayak izi hesabında Hoekstra vd. tarafından geliştirilen model kullanılmıştır. Bu modele göre, bölgesel su ayak izi hesabında 3 bileşen vardır. Bu bileşenler; en büyük paya sahip olan tarımsal su ayak izi [20, 31] hayvancılığın su ayak izi ve evsel-endüstriyel su ayak izidir (Eş. 1). Tarımsal aktiviteler dünya çapında doğrudan su kullanımının %70'i, dolaylı su kullanımının da %90'ından sorumlu olup en büyük tüketici konumundadır [20, 31]. Tarımsal su ayak izi, bölgede ekimi yapılan bitkilerin toplam yeşil ve mavi su ihtiyaçları hesaplanarak bulunur. Çayır ve mera alanlarının yeşil su ayak izi hayvancılığın su ayak izi hesabının içine (yem bitkilerinin su tüketiminde) gömülüdür. Hayvancılığın su ayak izi hesaplanırken bölgede yetiştirilen hayvanlar tarafından tüketilen toplam su hacmi hesaplanmıştır [63]. Hayvancılık SA'da yem bitkilerinin su tüketimi %98 olup, %2'lik kısım ise doğrudan su içme, bakım hizmetleri ve yem karıştırma kaynaklıdır [42].

Üçüncü bileşen olan evsel ve endüstriyel kullanım, toplam kullanımın en küçük paya sahip bileşenidir [69]. Evsel ve endüstriyel su ihtiyacı toplam küresel su kullanımının sadece %10'una karşılık gelmektedir [20, 70].

$$SA_T = SA_{Tar} + SA_{Hay} + SA_{EE} \quad (1)$$

Burada  $SA_T$ , toplam su ayak izi,  $SA_{Tar}$  tarımsal su ayak izi,  $SA_{Hay}$  hayvancılık su ayak izi ve  $SA_{EE}$  evsel ve endüstriyel su ayak izini ifade etmektedir. Burada, hayvansal üretimin su ayak izi ( $SA_{Hay}$ ) çayır ve mera alanlarının su ayak izini de

**Tablo 1.** Mevcut çalışmada kullanılan veriler (Employed data within this study) [24]

Verinin Türü	Verinin Detayı	Dönemi
Meteorolojik veri	Aylık maksimum sıcaklık, aylık minimum sıcaklık, rüzgar hızı, nispi nem güneşlenme radyasyonu, güneşlenme saati, aylık ortalama yağış değerleri [61, 64]	1970-2000
Yağış verisi	Aylık ortalama yağış değerleri [58]	2009-2019
Bitki karakteristikler	Bitki katsayıları( $K_c$ )*ekim tarihi, hasat tarihi, başlangıç, gelişme, orta ve son dönem uzunlukları [62, 65]	-
Bitkisel üretim istatistikleri	Ekim alanı, hasat miktarları ve verim* [36]	2009-2019
Birim hayvan SA Değerleri	Literatürde Türkiye şartlarındaki canlı hayvan başına düşen yeşil ve mavi su ayak izi değerleri [42, 66]	1996-2005
Hayvancılık istatistikleri	İlde yetiştirilen büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları [36]	2009-2019
Su tüketim istatistikleri	Kişi başı evsel ve endüstriyel su tüketim hacimleri [36]	2009-2019
Nüfus istatistikleri	İl merkezi ve ilçelerin toplam ortalama nüfusu [36]	2009-2019
Ürün Fiyatları	Bazı tarım ürünlerinin ton başına ekonomik değerleri [67, 68]	2019

\*Değerlendirmeye alınan bitki türleri: A.Fıstığı, Arpa, Armut, Aspir, Ayçiçeği, Badem, Bamya, Bezelye, Biber, Buğday, Burçak, Ceviz, Çeltik, Domates, Dut, Elma, Erik, Fasulye, Fıg, Hıyar, Kabak, Karpuz, Kavun, Kayısı, Marul, Maydanoz, Mercimek, Mısır, Silajlık mısır, Nane, Nar, Nohut, Pamuk, Patates, Patlıcan, Sarımsak, Sorgum, Susam, Soya Fasulyesi, Soğan, Şeftali, Şeker pancarı, Üzüm, Yonca, Yulaf, Zeytin.

kapsamaktadır. İlerdeki orman ve fundalık alanların toplam bitki örtüsü içinde %0,6'lık bir orana sahip olması nedeniyle toplam su ayak izine etkisi ihmal edilmiştir [55].

Tarımsal su ayak izinin ( $SA_{Tar}$ ) hesaplanması için öncelikle her bitki için ayrı yarı evapotranspirasyon ( $ET$ ) değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.  $ET$  değerleri, yüzey ve yeraltı suyundan olan  $ET_m$  ve yağmur suyundan olan  $ET_y$  değerleri olarak ayrı hesaplanır.  $ET$  değerleri hesaplanırken CLIMWAT 2.0 programından elde edilen uzun yıllar meteorolojik verileri, çalışma periyodu alansal yağış ortalamaları ve bitkilerin karakteristik değerleri CROPWAT 8.0 programına girdi olarak girilmiştir. Bu program Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü(FAO) tarafından geliştirilmiştir [71]. Program, bitkilerin su ihtiyacını belirlemede kullanılır. Referans evapotranspirasyon ya da standart koşullar altında belirli bir dönemdeki çim bitkisinin evapotranspirasyon değeri [68] ( $ET_0$ )'ı hesaplamak için iklim verilerine programda gömülü olan Penman-Monteith yöntemi (Eş. 2) uygulanmıştır [72] Her bir ürün için farklı olan bitkisel evapotranspirasyon değerleri ise ( $ET_c$ ), her bir bitkiye özgü katsayı olan ( $K_c$ ) değerleri, hesaplanan  $ET_0$  değerleri ve bitki gelişim dönemi uzunlukları değerleri CROPWAT 8.0 programına girilerek hesaplanmıştır.  $ET_m$  ve  $ET_y$  değerleri hesaplanırken programda CWR(bitki su ihtiyacı) seçeneği seçilmiştir. Bitkisel su tüketimlerinin ( $BST$ ) hesaplanması için  $ET_m$  ve  $ET_y$  değerleri Eş. 4 ve Eş. 5 yöntemleri [26] ile belirlenmiştir. Bitkinin kullanabildiği yağış miktarı, yani etkili yağışın ( $P_{eff}$ ) hesaplanması için ise, programda bulunan yöntemlerden USDA-SCS yöntemi kullanılmıştır [73].

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

2140

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (3)$$

$$ET_m = \max(0, ET_c - P_{eff}) \quad (4)$$

$$ET_y = \min(ET_c, P_{eff}) \quad (5)$$

Yukarıdaki denklemlerde,  $ET_0$ ; referans evapotranspirasyon (mm/gün),  $R_n$ ; bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>gün),  $G$ ; zeminin ısı değişim yoğunluğu (MJ/m<sup>2</sup>gün),  $T$ ; hava sıcaklığı °C (ortalama sıcaklık değeri),  $U_2$ ; rüzgar hızı(m/s) (2m yükseklikteki ortalama rüzgar hızı),  $e_s$  doymuş buhar basıncı (kPa),  $e_a$  gerçek buhar basıncı (kPa),  $\Delta$ ; buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C),  $\gamma$ ; psikometrik sabit (kPa/°C),  $K_c$ ; bitki katsayıları,  $ET_c$ ; bitkinin yıllık evapotranspirasyon değeri (mm/yıl),  $P_{eff}$ ; etkili yağış(mm),  $ET_m$  ve  $ET_y$ ; mavi ve yeşil evapotranspirasyon değerleri(mm/yıl)'dir.

Bitkisel su tüketim ( $BST$ ) değerleri, yeşil ( $BST_y$ ) ve mavi ( $BST_m$ ) su için sırasıyla Eş. 6 ve Eş. 7 ile hesaplandıktan sonra, bitkilerin çalışma alanındaki verim ( $\eta$ ) değerleri kullanılarak Eş. 8 ve Eş. 9 ile yeşil ve mavi su için sanal su muhtevaları ( $SSM$ ) belirlenmiştir. Her bir bitki için bulunan  $SSM_y$  ve  $SSM_m$  değerleri toplanarak Eş. 10 ile toplam sanal su muhtevaları ( $SSM_T$ ) bulunmuştur.  $SSM_T$  değerleri çalışma alanında üretilen her bir bitkinin üretim tonajları ile çarpılarak Eş. 11 ile her bitkiye ait SA değerleri bulunmuştur [26]. Bütün bitkilerin SA değerleri toplanarak da Şanlıurfa ilinin toplam tarımsal su ayak izi ( $SA_{Tar}$ ) hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan SA analizlerine ait akış diyagramı Şekil 3'te verilmiştir.

$$BST_y (m^3/ha) = 10 \times \sum ET_y \quad (6)$$

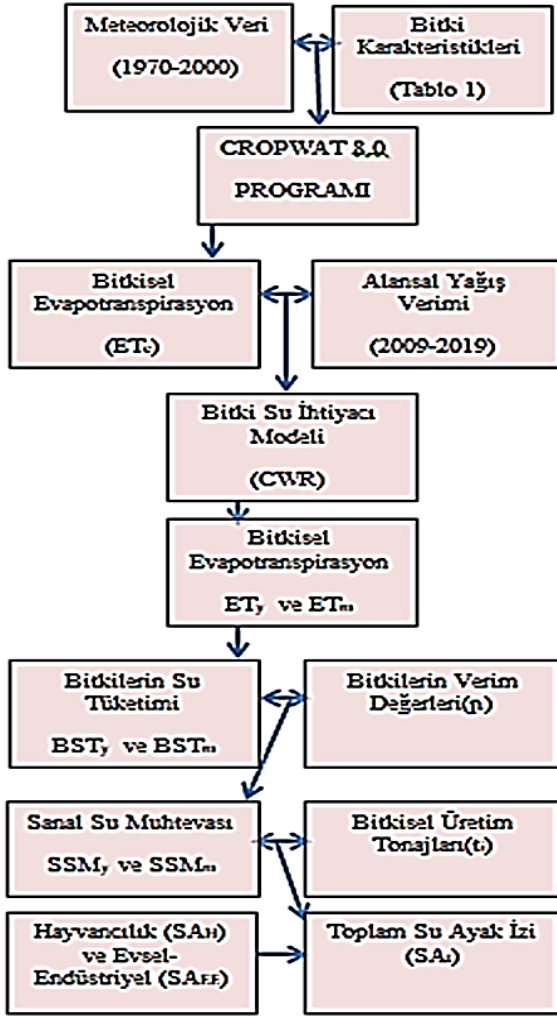
$$BST_m (m^3/ha) = 10 \times \sum ET_m \quad (7)$$

$$SSM_y (m^3/ton) = \frac{BST_y}{\eta} \quad (8)$$

$$SSM_m (m^3/ton) = \frac{BST_m}{\eta} \quad (9)$$

$$SSM_T = SSM_y + SSM_m + SSM_g \quad (10)$$

$$SA_{Tar} (m^3) = \sum SSM_i (m^3/ton) \times t_i (ton) \quad (11)$$



Şekil 3. Çalışma bölgesi için tanımlanan SA analizi akış şeması (Flow chart of WF analysis within the study area) [24].

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1. Bölgesel Bazda Su Ayak İzi Bileşenlerinin Karşılaştırılması

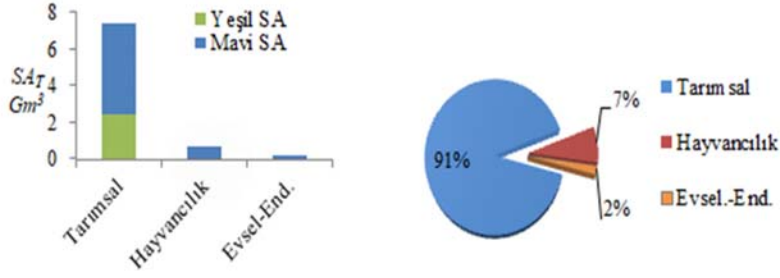
(Comparison of Water Footprint Components on a Regional Basis)

Çalışma bölgesi olan Şanlıurfa İli merkez ve ilçeleri tarımsal üretim, hayvancılık, evsel ve endüstriyel su ayak izi toplamı 2009-2019 yılları arası dönemi kapsayan 11 yıllık periyotta

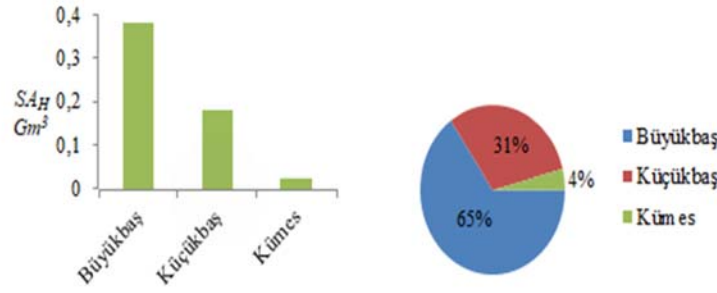
detaylı analizler sonucu ortalama 8,01 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Su ayak izinin 3 bileşeni Şekil 4'te grafiksel olarak verilmiştir. Analizlere göre Şanlıurfa ilinde tarımsal üretimde kullanılan su 7,28 milyar m<sup>3</sup>'tür. Bu miktar toplam SA'nın %91'ine karşılık gelmektedir (Şekil 4). Literatürdeki benzer çalışmalara göre de tarımsal üretim SA bileşenleri içinde en büyük paya sahiptir. Dünya ortalamasına göre tarımsal üretim doğrudan su kullanımında %70'lik paya, dolaylı su kullanımında %90'lık paya sahiptir [12, 31]. Türkiye ortalamasına göre doğrudan su kullanımında %74'lük paya sahiptir [31]. Dünyada benzer çalışmalarda tarımsal üretimin daha yüksek paya sahip olduğu ve hatta ülkemizde karasal iklime sahip, kurak bölgelerde yapılan bilimsel çalışmalarda bu oranın %86'ya kadar çıktığı belirlenmiştir [26, 29]. Bölgenin tarımsal SA analizi sonuçları Bölüm 3.2.'de daha detaylı sunulmuş ve tartışılmıştır.

Hayvancılığın su ayak izi ise, bölgede yetiştirilen büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarını kapsamaktadır. Bu hayvanlardan elde edilen et, süt ve diğer ürünlerin üretiminde doğrudan veya dolaylı yollardan işleme alınan (Şekil 1) toplam su miktarı SA olarak tanımlanmıştır [74]. Hayvancılık su ayak izinde yem bitkilerinin oranı %98'dir. Geriye kalan %2'lik kısım ise doğrudan su içme, hayvan bakımı ve yem karıştırmada kullanılır [42]. Bu çalışmada hayvancılığın su ayak izi 0,58 milyar m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu miktar toplam su ayak izinin %7'sine karşılık gelmektedir (Şekil 4). Hayvancılık su ayak izi hesabında büyükbaş (sığır, manda, dana), küçükbaş (koyun, keçi) ve kümes hayvanları (tavuk, hindi, kaz, ördek) değerlendirmeye alınmıştır. Bölgede sınırlı sayıda da olsa at, katır, eşek de bulunmaktadır. Ancak, bu hayvanların eti ve sütü ülkemizde tüketilmediği için, et ve süt üretiminde su kullanılmamaktadır. Bu nedenle at, katır ve eşek analizde değerlendirmeye alınmamıştır. Bölgede deve sayısı da yok denecek kadar az olduğundan, yine değerlendirmeye alınmamıştır [36]. Hayvancılıkta en büyük pay %65 ile büyükbaş hayvancılığa aittir (Şekil 5). Büyükbaş hayvancılıkta en büyük pay %52 ile sığır, küçükbaş hayvancılıkta en büyük pay %95 ile koyun, kümes hayvancılığında en büyük pay %79 ile tavuk yetiştiriciliğine aittir. %7'lik kısım içerisinde yem bitkileri ve çayır-mera üretimi ile doğrudan kullanım ve hizmetler için kullanılan su bulunmaktadır. Çalışma bölgesi için, her ne kadar hayvancılığın içine gömülü olsa da çayır-mera su ayak izi ayrı olarak da hesaplanmış ve 0,25 milyar m<sup>3</sup> bulunmuştur. Şanlıurfa ilinde yetiştirilen hayvanlar için yem bitkileri il dışından da geldiğinden hayvancılığın su ayak izi hesabında ayrı bir yol izlenmiş ve ilde yetiştirilen canlı hayvan sayılarının, Mekonnen ve Hoekstra tarafından yapılan çalışmadan elde edilen Türkiye şartlarındaki hayvansal üretimin birim su ayak izi değerleri ile çarpılarak sonuçlar bulunmuştur[42]. Çalışma bölgesinde yetiştirilen hayvanların su ayak izleri değerleri ve oranları yukarıda Şekil 5'te verilmiştir.

Bu çalışmada, evsel ve endüstriyel su kullanımı için, il genelinde (ilçeler dâhil), evsel kullanıma ve endüstriye tahsis



**Şekil 4.** Şanlıurfa çalışma bölgesinde 2009-2019 yılları arasında yıllık ortalama SA bileşeni değerleri  
(Annual average WF component values in Sanlıurfa for 2009-2019)



**Şekil 5.** Şanlıurfa ili için 2009-2019 yılları arası hayvancılığın yıllık ortalama su ayak izi  
(Annual average livestock WF values in Sanlıurfa for 2009-2019)

edilen toplam su miktarları kullanılmıştır. Şanlıurfa ili için, belirlenen çalışma döneminde ortalama evsel ve endüstriyel su ayak izi 0,15 milyar m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu oran toplam su ayak izi içerisinde %2'ye karşılık gelmektedir (Şekil 4). Evsel ve endüstriyel su ayak izi tarımsal üretimde kullanılan suya göre çok düşük kalmaktadır. Bu durum, Şanlıurfa ilinde sanayi üretiminin tarımsal üretime göre çok sınırlı olmasından [59, 60] kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada 2009-2019 dönemi yıllık ortalama su kullanımının %36'sı yeşil sudan, %64'ü mavi sudan karşılanmaktadır. Yeşil su kullanımının düşük olması, Şanlıurfa bölgesi için, yağışların az oluşunu ve su kullanımında çok daha hassas planlamanın yapılması gerektiğini göstermektedir. Kurak ve yağışlı sezonlar için analizler de yapılmış olup, ileriki bölümlerde sonuçlar değerlendirilip tartışılmıştır.

### 3.2. En Önemli Bileşen Olan Tarımsal Üretim Detaylı Analizi

(Detailed Analysis of The Most Important Component Agricultural Production)

#### 3.2.1. Su tüketimi yüksek olan tarım ürünleri (Agricultural products with high water consumption)

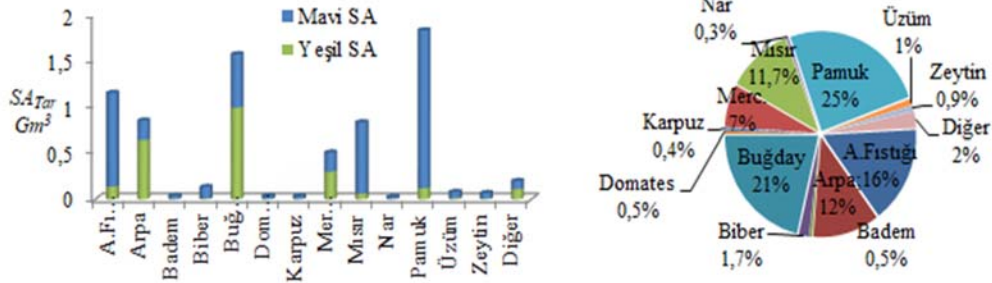
Bu çalışmada ve literatürde yer alan birçok çalışmada olduğu gibi, bir bölgedeki tarımsal su ayak izinin toplam su ayak izi içerisinde en büyük paya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu

nedenle Şanlıurfa ilinin tarımsal su ayak izi analizlerinin detayları bu bölümde ayrıntılı açıklanmıştır. Şanlıurfa ilinin tarımsal su ayak izi, 2009-2019 dönemi yıllık ortalamasına göre 2,32 milyar m<sup>3</sup> yeşil su ayak izi, 4,96 milyar m<sup>3</sup> ise mavi su ayak izi olarak hesaplanmıştır. Yani il genelinde tarımsal üretimde mavi su kullanım oranı %68'dir. Bu oran ilde yüzey ve yeraltı su kaynaklarının çok fazla kullanıldığını göstermektedir. Zaten karasal iklimin ve kuraklığın hâkim olduğu bölgelerde mavi su kullanımının fazla olması beklenir. Yapılan bilimsel çalışmalarda da, çalışma alanıyla benzer iklim özelliklerine sahip ve çalışma alanına çok yakın konumda olan Dicle havzasının mavi su kullanım oranının %57 olduğu belirlenmiştir [30]. Şanlıurfa ilinin, mavi su kullanım oranının, Dicle havzasına göre biraz daha yüksek çıkması, Şanlıurfa ilinin, havza ortalamasına göre daha kurak bir iklime sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca mavi su kullanım oranının bu kadar yüksek çıkması, su kaynakları kullanımının daha planlı yönetilmesi açısından, Şanlıurfa ili için bu çalışmayı daha önemli kılmaktadır. Çalışma alanında yetiştirilen 45 farklı ürünün her biri için 2009-2019 dönemi yıllık ortalama su ayak izi hesaplanmış ve Şanlıurfa ili için önemli ürünlerin tarımsal su ayak izi içerisindeki yüzdeleri Şekil 6'da verilmiştir. İldeki tarımsal üretimde en fazla su kullanan ürünler; pamuk, buğday, antep fıstığı, arpa, mısır ve mercimektir. Bu ürünler kadar olmasa da, biber, üzüm, zeytin, domates, badem, karpuz, nar gibi ürünlerin üretiminde de su kullanımı diğer

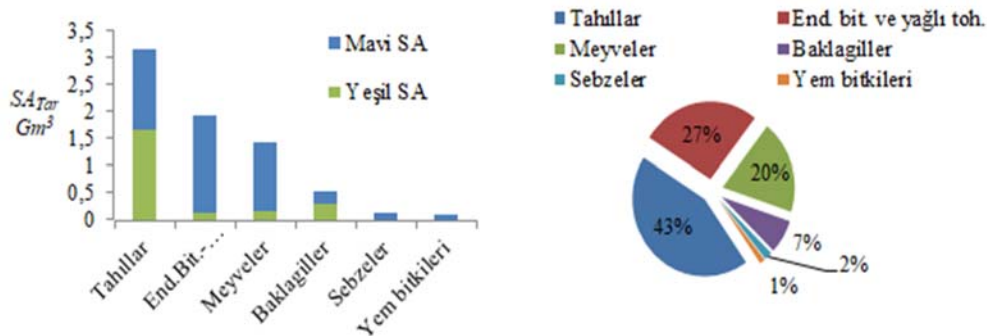


ürünlere göre daha yüksektir. İlde özellikle pamuk, buğday ve antep fıstığı üretiminde kullanılan su, toplam tarımsal su ayak izinin %62'sine denk gelmektedir. Bu nedenle, ildeki sürdürülebilir su kaynakları planlamalarında bu üç ürüne özel önem verilmesi gerekmektedir. Özellikle bu ürünler için, verimli sulama yöntemleri seçme, su kayıplarını en aza indirme, birim alan başına ürün verimini artırma gibi tedbirler alınmalıdır. Şanlıurfa'da, tarımsal üretimde önemli paya sahip olan arpa, buğday ve mercimeğin yeşil su ayak izinin mavi suya göre daha yüksek olması bu ürünlerin çoğunlukla yağmur suyuyla beslendiği anlamına gelmekte ve tarımsal üretimde sulama suyunu azaltması yönünden olumlu etki yapmaktadır. Bu nedenle bu ürünlerin üretiminin artırılması, kurak bölge olan çalışma alanında su tasarrufu sağlayabilecektir. Ancak, bu planlamaların daha rasyonel yapılabilmesi için, ürünlerin ekonomik değerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Ürünlerin sanal su muhtevası ve ekonomik değerleri Bölüm 3.2.2.'de karşılaştırılmış ve tartışılmıştır. Tarımsal üretim için yapılan analizlerde önemli paya sahip olan pamuk, mısır ve antep fıstığı için mavi su ayak izinin yeşil su ayak izinden daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Bu üç ürünün tarımsal üretimde tüketilen toplam sulama suyunun %70'inden sorumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu üç ürünün yetiştirilmesinde ve su kullanımında daha akılcı planlamaların yapılıp, gerekli tedbirlerin alınması önem arz etmektedir. Ayrıca, bu ürünlerin ekim planlamaları yapılırken ekonomik değerleri

de göz önünde bulundurularak planlamaların yapılması gerekmektedir (Tablo 2). Bu ürünlerin dışında Şekil 6'da diğer ürünler diye ifade edilen il genelinde yetiştirilen ürünlerin su ayak izi, yukarıda verilen ürünlere göre önemli miktarlarda olmayıp, toplam tarımsal su ayak izi içinde %2'ye karşılık gelmektedir. Tarımsal üretimin toplam su ayak izini ürün gruplarına göre paylaştığımızda ise; tahılların %43, endüstri bitkileri ve yağlı tohumların %27 meyvelerin %20, baklagillerin %7, sebzelerin %2 yem bitkilerinin %1 olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). Tahılların su tüketiminin %53'ü ve baklagillerin su tüketiminin %60'ının yeşil sudan karşılandığı; endüstri bitkileri ve yağlı tohumların, sebzelerin, meyvelerin, yem bitkilerinin su tüketimlerinin sırasıyla %93, %92, %87 ve %89'unun mavi sudan karşılandığı belirlenmiştir. Tarımsal ürünlerin su ayak izi analizleri yapılırken; sarımsak, soğan, yonca, burçak, sorgum, fiğ, yulaf gibi ürünler kuru ve yeşil olarak yetiştirildikleri için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Soya fasulyesi, ayçiçeği gibi ürünlerde 2. üretim yapıldığından, ekim zamanları, K<sub>c</sub> değerleri gibi bitki karakteristikleri ve bunun sonucunda su ayak izi değerleri değiştiğinden yine bu ürünler de her üretim dönemi için ayrı analiz edilmiştir. Aynı şekilde mısır bitkisi için dane ve silajlık, üzüm için sofralık ve şaraplık, biber için kapy (salçalık) ve sivri biber olmak üzere ayrı analizler yapıp, toplam değer bulunmuştur. Ayrıca, bitkilerin üretim miktarlarına örtü altı üretimler (sera) de dâhil edilmiştir.



Şekil 6. Çalışma alanı için 2009-2019 döneminde su tüketimi yüksek olan ürünlerin su ayak izi değerleri ve oranları (Water footprint values and rates of products with high water consumption in the 2009-2019 period for the study area)



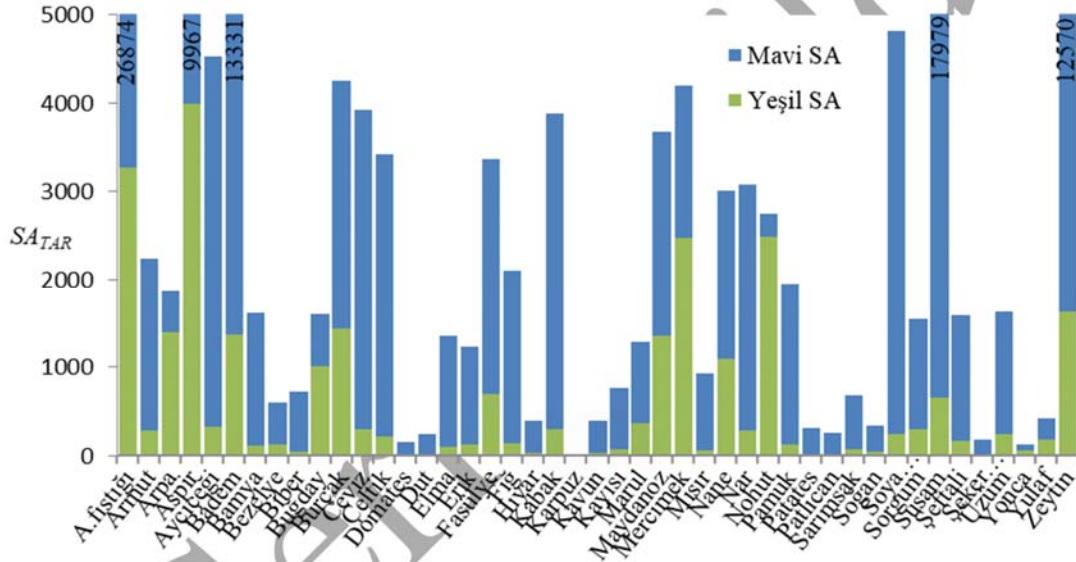
Şekil 7. Çalışma alanı için 2009-2019 döneminde tarımsal ürün gruplarının su ayak izi değerleri ve oranları (Water footprint values and rates of agricultural product groups in the period 2009-2019 for the study area).

3.2.2. Tarımsal ürünlerin sanal su muhtevaları ve ekonomik değerlerinin karşılaştırılması

(Comparison of virtual water contents and economic values of agricultural products)

Sanal su muhtevaları, ürünlerin üretim süreçlerinde arka planda kullanılan su miktarı olarak tanımlanmaktadır [29]. Bu çalışmada 45 tarımsal ürün için üretimde ton başına kullanılan su miktarı (m<sup>3</sup>), yani sanal su muhtevaları belirlenip Şekil 8’de gösterilmiştir. Böylece her bir ürünün birim üretim miktarı başına tükettiği su miktarı belirlenip karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bazı tarımsal ürünlerin birim tonajının küresel pazardaki ekonomik değerleri [67], bu ürünlerin sanal su muhtevaları ile karşılaştırılmış ve her bir ürün için R (m<sup>3</sup>/USD) değerleri elde edilmiştir. R değerleri, incelenen ürünlerden 1 \$ gelir elde etmek için ne kadar m<sup>3</sup> su kullanıldığını ifade etmektedir. Bu sayede su kaynakları tüketiminin daha rasyonel bir şekilde planlanmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada sanal su muhtevaları

en yüksek olan ürünler susam, aspir, badem, antep fıstığı ve zeytindir. Bu ürünler kadar yüksek olmasa da, çeltik, nohut, mercimek, burçak, ayçiçeği, fasulye, soya fasulyesi, maydanoz, nane, kabak ve cevizin sanal su muhtevaları da göreceli olarak yüksek sayılabilir. Bu ürünler dışındaki diğer ürünlerin sanal su muhtevaları daha düşüktür. Bir ürünün sanal su muhtevaları üzerinden elde edilen verim ile doğrudan ilişkilidir [74]. Bu nedenle sanal su muhtevaları yüksek olan ürünlerin verimlerinin artırılması için, iyi tohum kullanma, etkili sulama yöntemleri gibi stratejiler izlenip, planlamalar yapılmalıdır. Bu planlamalar yapılırken ürünün ithal veya ihraç edilen bir ürün olması, ürünlerin ekonomik değerleri gibi hususların tümünün göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çalışma alanı için üretim kapasitesi yüksek olan bitkilerin, 2009-2019 çalışma periyodu için sanal su muhtevaları Türkiye ve Dünya ortalamalarıyla ve yakın konumlu ülke ve şehirlerin ortalamalarıyla Tablo 2’de karşılaştırılmıştır [75, 76]. Bu sonuçlara göre Bölüm 3.3.’te Şanlıurfa ili için önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 8. Çalışma alanı için 2009-2019 döneminde tarımsal ürünlerin sanal su muhtevaları değerleri\*  
(Virtual water content values of agricultural products in the period 2009-2019 for the study area)

\*Grafikte dikey eksen daha iyi okunabilirlik açısından sınırlandırılıp, sınır değeri geçen sütunlarda değerler sütun içine yazılmıştır.

Tablo 2. Sanal su muhtevaları (m<sup>3</sup>/ton) yüksek önemli ürünlerin sanal su muhtevalarının diğer bölgelerle karşılaştırılması ve ürünlerin küresel pazarda ekonomik değerleri (USD/ton)\* (Comparing of the virtual water content of the important products(m<sup>3</sup>/ton)with the other regions and economic values of these products in the global market)

Ürün	Türkiye	Suriye	Irak	Dünya ort.	Diyarbakır	Şanlıurfa	Eko.Değ.(USD/ton)	R(m <sup>3</sup> /USD)
A.Fıstığı	7159	8730	-	10864	-	26874	16.013\$	1,68
Pamuk	2320	4766	6900	3644	2303	1947	4.537\$	0,43
Buğday	1531	2214	8326	1334	1269	1601	629\$	2,55
Arpa	1360	6728	9581	1388	1261	1866	681\$	2,74
Mercimek	7234	14448	18245	6166	1854	4194	1.674\$	2,50
Mısır	1531	2902	7321	909	990	928	516\$	1,80
Üzüm	944	1804	2201	655	1773	1631	2.260\$	0,72
Karpuz	170	404	689	160	-	003	230\$	0,01
Domates	170	147	486	184	-	153	2.621\$	0,06

\*Dünya ortalaması, Türkiye ve diğer ülkeler sanal su muhtevaları ve ürünlerin ekonomik değerleri [67], Diyarbakır için sanal su muhtevaları[24], Şanlıurfa sanal su muhtevaları için bu çalışmanın sonuçları kullanılmıştır. Karpuzun 2019 yılı fiyatı yararlanılan referansta[67] bulunmadığından güncel piyasa değeri kullanılmıştır[68].

### 3.2.3. Kurak ve yağışlı dönemler için su ayak izi analizleri (Analysis of water footprint for dry and wet periods)

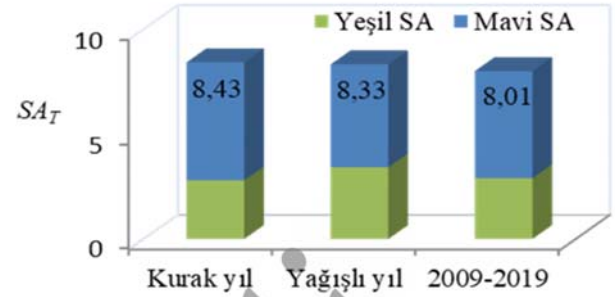
Uzun yıllar (1981-2010 periyodunda) ülkemizde alansal yağış ortalama yüksekliği 574 mm olarak ölçülmüştür [77]. Çalışma bölgesi olan Şanlıurfa ilinde, çalışma periyodu 2009-2019 yılları arası ortalama alansal yağış yüksekliği 375 mm olarak belirlenmiştir. Bilimsel çalışmalarda Şanlıurfa ilinin Türkiye'nin en kurak bölgelerinden biri olduğu kuraklık analizleri ile belirlenmiştir [37]. 2009-2019 yılları arası 11 yıllık çalışma dönemi için Şanlıurfa ilinin en kurak yılının 2013 yılı olduğu, en yağışlı yılının da 2018 yılı olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı alansal ortalama yağış yüksekliği 304 mm ve 2018 yılı alansal yağış yüksekliği ise 613 mm olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada yağışın su kaynakları üzerine etkisini daha net görebilmek için kurak dönem (2013 yılı), yağışlı dönem (2018 yılı) ve 2009-2019 dönemi için tarımsal ürünlerin toplam su ayak izleri Şekil 9'da ve önemli tarım ürünlerinin mavi su ayak izleri Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 9 incelendiğinde kurak dönemde, ekim alanlarının azalmasına rağmen toplam su ayak izi artmıştır. Kurak dönemde bitki su ihtiyacı ve buharlaşma arttığı için bu beklenen bir durumdur. Ancak yağışlı dönemdeki toplam su ayak izi 2009-2019 dönemine göre daha yüksek çıkmıştır. Yağışlı dönemde, kurak dönem ve ortalamaya göre daha belirgin bir düşüşün olması beklenirdi. Şekil 10'da verilen ürünler değerlendirildiğinde kurak yılda buğday, mısır, mercimek, üzüm ve karpuzun mavi su ayak izleri diğer sezonlara göre daha yüksek çıkmıştır. Grafikte verilen pamuk, antep fıstığı, badem ve zeytinde de aynı durumun söz konusu olması beklenirken, bu ürünlerin mavi su ayak izi değerleri diğer sezonlardan daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni, bu ürünlerin yağışlı sezonda ekim alanlarının önemli ölçüde artmasıdır. Örneğin, kurak sezonda pamuk ekim alanı 203319 ha iken, yağışlı sezonda 231430 ha olmuştur. Aynı şekilde antep fıstığının ekim alanı 88766 ha iken 139216 ha'a, badem ekim alanı 2381 ha iken 3964 ha'a ve zeytin ekim alanı 5997 ha iken 6580 ha'a çıkmıştır. Bu durumun oluşmasında bu ürünlerin ekonomik getirisinin yüksek olmasının da etkili olduğu düşünülmektedir. Bu ürünlerin üretim alanları aynı kalsaydı, kurak sezonda mavi su tüketimleri belirgin bir şekilde artardı. Kurak sezonda mavi su tüketimi arttığından, su ihtiyacının önemli kısmı izinsiz açılan kuyulardan karşılanmaktadır. Birçok bilimsel çalışmada da Şanlıurfa'da yeraltı su kaynaklarında önemli düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir [39]. Bu nedenle özellikle kurak sezonlarda su tüketimi düşük olan ürünler tercih edilmelidir.

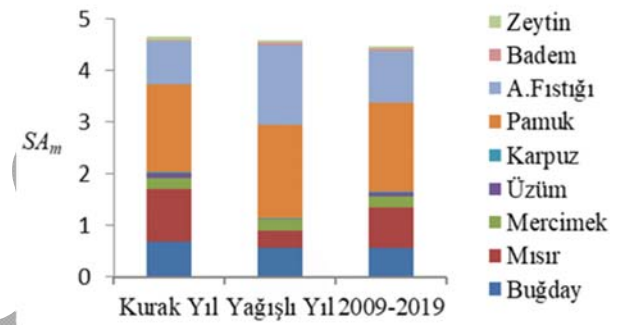
### 3.3. Analiz Sonuçlarına Göre Şanlıurfa İli için Su Kaynaklarının Daha Etkin Kullanımı Üzerine Öneriler (Suggestions on More Effective Use of Water Resources for Şanlıurfa Province According to Analysis Results)

Şanlıurfa ili için su ayak izi bileşenlerinden mavi su ayak izi (yerüstü rezervuarları ve yeraltı suyu) bileşeni %64 gibi yüksek bir oran çıktığından il ölçeğinde su stresi yaşandığı anlaşılmaktadır. Kurak sezonda bu oran daha da

yükselmekte ve su stresi artmaktadır. Bunun için su tüketimini azaltan tedbirler ivedilikle alınmalı ve izinsiz açılan kuyular engellenmelidir. Çiftçilerin damlama, yağmurlama sulama sistemleri gibi su tasarrufu sağlayan yöntemlere geçişi hızlandırılmalıdır.



Şekil 9. Çalışma alanında farklı sezonlar için toplam su ayak izinin karşılaştırılması (Comparison of the total water footprint for different seasons in the study area).



Şekil 10. Çalışma alanında önemli tarımsal ürünlerinin mavi su ayak izleri (Blue water footprint values of important agricultural products in the study area).

Bu çalışmanın sonuçlarına göre; il ölçeğinde üretimi önemli yer tutan antep fıstığı, pamuk, buğday, arpa, mercimek, mısır, üzüm, karpuz, domates gibi tarımsal ürünlerin sanal su muhtevası değerleri ile ürün fiyatlarının birlikte değerlendirilmesi sonucu belirlenen R(m<sup>3</sup>/\$) değerlerine göre planlamalar yapılması önerilmektedir. Toplam su ayak izinin en önemli bileşeni olan tarımsal üretimde tüketilecek su miktarı ve elde edilecek ekonomik gelir birlikte düşünülerek ekim alanlarının gelecek projeksiyonlarının belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Hatta ürünlerin temininde dışa bağımlılık olup olmadığı gözönünde bulundurularak, ürünlerin besin değerlerine göre analizler de yapılarak, besin değeri yüksek çıkan ürünlere öncelik verilmesini sağlayacak düzenlemeler yapılabilir. Ayrıca il için kuraklık analizleri yapılarak, analiz sonuçlarının eğilimleri de planlamalara dahil edilebilir. Şekil 8 ve Tablo 2 birlikte incelendiğinde; antep fıstığı ve üzümün toplam sanal su muhtevası diğer bölgelere göre yüksek olup, mavi su kullanım oranının yüksek olmasından dolayı bu ürünlerin ekim planlaması yapılırken daha dikkatli davranılmalıdır. Buğday, arpa ve mercimeğin toplam sanal su muhtevası

diğer bölgelere göre makul, yeşil sanal su kullanımları yüksek olduğundan, bu ürünler teşvik edilmelidir. Mısır ve pamuğun sanal su muhtevası diğer bölgelere göre düşük olması nedeniyle teşvik edilebilir. Ancak bu iki ürünün mavi su kullanım oranının yüksek olması nedeniyle, Türkiye'deki diğer illerde, bu ürünler için mavi su kullanım oranlarının incelenerek sonuçların analiz edilmesi, bu sonuçlara göre planlamaların yapılması, gerekirse verimi artırıcı tedbirlerin alınması yerinde olacaktır. Karpuzun toplam sanal su muhtevası diğer bölgelere göre düşük olduğundan ve domatesin toplam sanal su muhtevası diğer bölgelere göre makul olduğundan bu iki ürün de teşvik edilebilir. Ürünlerin sadece sanal su muhtevaları dikkate alındığında bu değerlendirmeleri yapmak mümkündür. Ancak, yukarıda da belirtildiği üzere daha rasyonel bir planlamanın yapılabilmesi için, ürünlerin sanal su muhtevalarının yanında ekonomik değeri de dikkate alınmıştır. Tablo 2 incelendiğinde söz konusu ürünlerin  $R(m^3/\$)$  değerlerine göre; özellikle antep fıstığı, buğday, arpa, mercimek ve mısırın  $R$  değerinin diğer ürünlere göre yüksek olduğu ve bu nedenle bu ürünlerde su tasarrufu sağlayacak tedbirlerin alınması ya da verim artışı üzerine çalışmalar yapılması gerektiği görülmektedir. Tablodaki diğer ürünlere bakıldığında pamuk, üzüm, karpuz, domates gibi ürünlerin  $R$  değerlerinin daha düşük olduğu ve bu ürünlerin özellikle kurak dönemlerde teşvik edilebileceği anlaşılmaktadır. Pamuk ve domatesin ilin tarımsal üretimindeki büyük payı da bu ürünler özelinde su kaynaklarının planlamasının doğru yapıldığını göstermektedir. Antep fıstığının  $R$  değerinin yüksek çıkmasına rağmen ildeki üretimdeki payının yüksek olması, ekonomik getirisinin yanında besin değerinin yüksek olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca  $R$  değeri yüksek çıksa da böyle bir ürünün ülkemizde üretilmesi, dışa bağımlılık açısından önemli olabilir.

### 3.4. Kısıtlamalar (Limitations)

Bu çalışmada gri su ayak izinin veri eksikliğinden dolayı hesaplanamaması en önemli kısıtlamalardan biridir. Şanlıurfa gibi endüstriyel faaliyetlerin çok sınırlı olduğu bölgelerde gri su ayak izinin çok daha düşük çıkması beklenmektedir. Ayrıca çeşitli raporlarda bir bölgenin toplam su ayak izi hesaplanırken yeşil ve mavi su ayak izlerinin hesaplanmasının yeterli olduğu belirtilmiştir [18]. Çalışmadaki bir diğer kısıtlama, çalışma alanındaki sanal su transferlerinin hesaplanmamış olmasıdır. Ancak, yapılan bilimsel çalışmalarda Türkiye için ihraç edilen ve ithal edilen ürünlerin sanal su miktarlarının birbirine çok yakın olması nedeniyle, bu durumun ildeki toplam su ayak izinde önemli bir etki yapmayacağı değerlendirilmektedir [43]. Bu çalışma kapsamında daha ayrıntılı değerlendirme yapabilmek için çok fazla ürün çeşidi analiz edilmiştir. Bu ürünler içinde nispeten su ayak izi düşük olan az sayıdaki ürünün bitki karakteristiği değerlerinin ulusal çalışmalarda olmadığı görülmüştür [62]. Bu ürünler için gerekli değerler ya uluslararası organizasyonlardan temin edilmiştir ya da söz konusu bitkiye en yakın su tüketimine sahip bitkinin değerleri kullanılmıştır [65]. Bu ürünlerin çalışma alanındaki su ayak izi miktarları, toplam tarımsal su ayak izi içerisinde

çok düşük kaldığından yanıltıcı sonuçlara sebebiyet vermeyeceği düşünülmektedir. Çalışma alanında orman ve fundalık alanların ulusal raporlarda bitki karakteristiği değerleri olmadığı için su ayak izi hesaplanmamıştır. Çalışma bölgesinde orman ve fundalık alanların çok az olması nedeniyle, toplam su ayak izine etkisinin çok düşük seviyede kalacağı tahmin edilmektedir [55].

## 4. SİMGELER (SYMBOLS)

BSİ	: Bitki su ihtiyacı
BST	: Bitkisel su tüketimi
$e_a$	: Gerçek buhar basıncı
$e_s$	: Doygun buhar basıncı
ET	: Evapotranspirasyon
$ET_0$	: Referans evapotranspirasyon
ETc	: Bitkisel evapotranspirasyon
$Et_m$	: Yüzey ve yeraltı suyundan buharlaşma
$Et_y$	: Yağmur suyundan buharlaşma
G	: Zeminin ısı değişim yoğunluğu
$K_c$	: Bitki katsayıları
$P_{eff}$	: Etkili yağış
R	: Birim fiyat başına kullanılan su
$R_n$	: Net radyasyon
SA	: Su ayak izi
$SA_T$	: Toplam su ayak izi
$SA_{EE}$	: Evsel ve endüstriyel su ayak izi
$SA_{Hay}$	: Hayvancılığın su ayak izi
$SA_{Tar}$	: Tarımsal su ayak izi
$SA_m$	: Mavi su ayak izi
SSM	: Sanal su muhtevası
$SSM_m$	: Mavi sanal su muhtevası
$SSM_y$	: Yeşil sanal su muhtevası
T	: Hava sıcaklığı
$U_2$	: Rüzgar hızı
$\eta$	: Verim
$\gamma$	: Psikometrik sabit

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada; kuraklıkla mücadele eden Şanlıurfa ilinde tarımsal ve hayvansal üretim ile evsel-endüstriyel tüketimde kullanılan toplam su ayak izi hesaplanmıştır. Tarımsal su ayak izini hesaplamak için; CLIMWAT 2.0 programından uzun yıllar verileri ve Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen 2009-2019 periyodu yağış verileri, bitki karakteristiği verileri ile birlikte CROPWAT 8.0 programına girilmiştir. Veriler CROPWAT 8.0 bünyesinde bulunan Penman-Monteith, CWR ve USDA-SCS metodları ile işlenip, tarımsal üretimin toplam su ayak izini belirlemede yeterli görülen [20, 26] yeşil ve mavi su kullanımları hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarına göre ildeki toplam su ayak izi 2009-2019 periyodu için yıllık ortalama 8,01 milyarm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Toplam su ayak izi içerisinde tarımsal üretimin su ayak izi oranı %91, hayvancılığın %7, evsel ve endüstriyel su ayak izi ise %2 bulunmuştur. Çalışma alanında tarımsal üretim için incelenen 45 farklı tarım ürünü içerisinde su ayak izi en yüksek olan ürünler; pamuk, buğday, antep fıstığı, arpa, mısır, mercimek olduğu

belirlenmiştir. Sadece pamuk, buğday ve antep fıstığının su ayak izi miktarı toplam tarımsal üretimin su ayak izi içinde %62'lik paya sahip olduğu görülmüştür. Çalışma bölgesinde, aşırı sıcaklıkların ve yağış kıtlığının görüldüğü kurak sezonda ürünlerin ekim alanlarının düşmesine rağmen tarımsal üretimin toplam su ayak izi daha yüksek çıkmıştır. Yine kurak sezonda mavi su ayak izi de yağışlı dönem ve 2009-2019 ortalamasına göre daha yüksek çıkmıştır.

Bu çalışmada önemli ürünlerin su tüketimleri (sanal su muhtevaları), ürünlerin ekonomik değerleri ile de karşılaştırılmıştır. Şanlıurfa ilinde tarımsal üretimde önemli paya sahip olan ürünlerin R(m<sup>3</sup>/\$) değerlerine bakıldığında; antep fıstığı, buğday, arpa, mercimek ve mısırın R değerinin diğer ürünlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu ürünlerde su tasarrufu sağlayacak tedbirlerin alınması ve verim artışı üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir. Tablodaki diğer ürünlere bakıldığında pamuk, üzüm, karpuz, domates gibi ürünlerin R değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Bu ürünler özellikle kurak dönemlerde teşvik edilebilir. Pamuk ve domatesin ilin tarımsal üretimindeki büyük payı da bu ürünler özelinde su kaynaklarının planlamasının doğru yapıldığını göstermektedir.

Yapılan bu çalışmanın Türkiye genelinde tüm tarım alanlarında uygulanarak, su tasarrufu sağlayacak öncelikli ürünlerin ve sistemlerin, tedbir alınması gereken öncelikli bölgelerin belirlenmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir[76]. Su stresine neden olan mavi su kullanımını azaltmak için; sulama sistemlerindeki kayıp ve kaçaklar azaltılarak su tasarrufu sağlayan damlama ve yağmurlama sulama sistemlerine geçilmelidir. Evsel-endüstriyel tüketimde yağmur suyunun kullanımına yönelik tasarruf tedbirlerinin alınması da yararlı olacaktır.

Tarımsal üretimde daha rasyonel planlama yapılabilmesi için ürünlerin besin değerleri, ithalat-ihracat durumları da gözönünde bulundurulmalıdır. Türkiye geneli tüm tarım alanlarında akademisyenlerce, hatta devlet politikası haline getirilip devlet kurumlarınca daha kapsamlı planlamaların yapılarak, gerekli tedbirlerin ivedilikle alınması gerekmektedir. Su tasarrufu konusunda insanların bilinçlendirilmesi de büyük önem arz etmektedir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Albostan A., Önöz B., Wavelet application approach on the chaotic analysis of dialy river discharge, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (1), 39-48, 2015.
2. Tunç Dede Ö., Sezer M., The application of Canadian water quality index (CWQI) model for the assessment of water quality of Aksu creek, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (3), 909-917, 2017.
3. Tunc Dede O., Telci İ.T., Aral M.M., The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey, Water Quality Exposure and Health, 5,41-56, 2013.
4. Güvel Ş.P., Yurtal Recep, Investigation of sedimentation effects on Seyhan Dam reservoir, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (2), 1015-1025, 2020.
5. Batan M., Global climate change and inevitable conclusions, PhD Thesis, Dicle University, Institute of Natural and Applied Sciences, Diyarbakır, 2014.
6. Gümüş V., Başak A., Oruç N., Drought Analysis of Şanlıurfa Station with Standard Precipitation Index (SPI), Harran University Journal of Engineering, 1 (1), 36-44, 2016.
7. Batan M., Toprak Z.F., Financial Comparison of the Kyoto Protocol Obligations and the Natural Disaster Losses, Batman University Journal of Life Sciences, 7 (2/2),180-189, 2017.
8. Toprak Z.F., Hamidi N., Toprak Ş., Şen, Z., Climatic identity assessment of the climate change.Int. J. Global Warming, 5(1),30-45,2013.
9. Dönmez S., Assessing Akşehir Lake's recession using meteorological and Earth observation data, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33 (1), 177-188, 2018.
10. Sener E., Davraz A., Sener S., Investigation of Akşehir and Eber Lakes (SW Turkey) coastline change with multitemporal satellite images. Water Resour. Manage. 24, 727-745. 2010.
11. Dişli M., Akkurt F., Alıcılar A., Evaluation on water quality of Şanlıurfa Fish Lake concerning with physical parameters, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 19 (3), 287-294, 2013.
12. Novoa V., Ahumada-Rudolph R., Rojas O., Munizaga J., Sáez K., Arumi J.L., Sustainability assessment of the agricultural water footprint in the Cachapoal River basin, Chile, Ecological Indicators, 98, 19-28,2019.
13. Russo, T., Alfredo, K., Fisher, J., Sustainable water management in urban, agricultural, and natural systems. Water 6 (12), 3934-3956,2014.
14. Aküzüm T., Çakmak B., Gökalp Z., Evaluation of Water Resources Management in Turkey, International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 3 (1),67-74,2010.
15. Dumont A., Salmoral G., Llamas M.R., The water footprint of a river basin with a special focus on groundwater: The case of Guadalquivir basin (Spain), Water Resources and Industry, 1 (2), 60-76, 2013.
16. Johnson M.B., Mehrvar M., An assessment of the grey water footprint of winery wastewater in the Niagara Region of Ontario, Canada, Journal of Cleaner Production, 214, 623-632, 2019.
17. Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M., The Water Footprint Assessment Manual, Water Footprint Network. 2011.
18. Ercin A.E., Hoekstra A.Y., Water footprint scenarios for 2050: A global analysis, Environment International, 64, 71-82, 2014.
19. Quinteiro P., Rafael S., Villanueva-Rey P., Ridoutt B., Lopes M., Arroja L., et al., A characterisation model to address the environmental impact of green water flows

- for water scarcity footprints, *Science of The Total Environment*, 626, 1210-1218, 2018.
20. Muratoglu A., Water footprint assessment within a catchment: A case study for Upper Tigris River Basin, *Ecological Indicators*, 106, 105467, 2019.
  21. Bakanoğulları F., Analysis of Drought Intensity Using SPEI and SPI Indices in Damlıca Watershed-İstanbul, Turkey, *Soil Water Journal*, 9 (1), 1-10, 2020.
  22. Veettil A.V., Mishra A.K., Potential influence of climate and anthropogenic variables on water security using blue and green water scarcity, Falkenmark index, and freshwater provision indicator, *Journal of Environmental Management*, 228, 346-362, 2018.
  23. Vanham D., A holistic water balance of Austria - How does the quantitative proportion of urban water requirements relate to other users?, *Water Science and Technology*, 66 (3), 549-555, 2012.
  24. Muratoğlu A., Assessment of water footprint of production: A case study for Diyarbakır province, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (2), 845-858, 2020.
  25. Hoekstra A.Y., Hung P.Q., A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, *Water Research*, 49 (11), 203-209, 2002.
  26. Chapagain A.K., Hoekstra A.Y., Water footprint of nations. Volume 1: Main report, *Value of Water Research Report Series*, 1 (16), 1-80, 2004.
  27. Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, *Water Resources Management*, 21 (1), 35-48, 2006.
  28. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat, *Hydrology and Earth System Sciences*, 14 (7), 1259-1276, 2010.
  29. Aldaya M.M., Llamas M.R., Water footprint analysis of the Guadiana river basin, *Unesco-IHE* 2008.
  30. Muratoglu A., Water Footprint Analysis of Tigris River Basin, 1st International Potable Water and Waste Water Symposium, Afyon-Turkey, 475-487 6-7 December, 2018.
  31. Ekinçi B., Sample Country Practices for Efficient Use of Water Resources and Applicability of These Studies in Our Country, Master Thesis, Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Ankara, 2015.
  32. Hu T., Huang K., Yu Y., Zhang X., Xu Y., Wang X., Measuring Water Footprint on a Lake Basin Scale: A Case Study of Lake Dianchi, China, *Clean - Soil, Air, Water*, 44 (10), 1296-1305, 2016.
  33. Kinouchi T., Nakajima T., Mendoza J., Fuchs P., Asaoka Y., Water security in high mountain cities of the Andes under a growing population and climate change: A case study of La Paz and El Alto, Bolivia, *Water Security*, 6, 100025, 2019.
  34. Batan M. ve Toprak Z.F., Positive effects of global climate change and the assessment in adaptation to climate change, Dicle University, *Journal of Engineering*, 6 (2), 93-102, 2015.
  35. Önen F., Aslan B., Hamidi N., Diyarbakır drinking water needs modeling with gene expression programming, *Dicle University, Journal of Engineering*, 9 (2), 859-870, 2018.
  36. TÜİK, Turkish Statistical Institute, <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>. Erişim tarihi Haziran 25, 2020.
  37. Oruç N., Drought Analysis of The Southeast Anatolia Region, Master Thesis, Pamukkale University, Institute of Science, Denizli, 2017.
  38. Keskiner A. D., Çetin M., Akın S., Şimşek M., Analysis of Climate Type Tendencies by Using Erinç Drought Index Method: An Application to Southeastern Anatolia Project (GAP) Area, 10th National Hydrology Congress, Muğla-Turkey, 403-415, 9-12 October 2019.
  39. Benek S., Şahinalp M.S., Elmastaş N., Challenges arisen by irrigation facilities in terms of land use in Şanlıurfa province, V. National Geography Symposium, Ankara, 61-71, 16-17 October, 2008.
  40. Municipality of Sanliurfa, Economic structure, <https://www.sanliurfa.bel.tr/icerik/14/2/ekonomik-yapi>, Date of access, June 18, 2020.
  41. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15 (5), 1577-1600, 2011.
  42. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption, Volume 1: Main report, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delfth, The Netherlands, 2011.
  43. Pegram G., Conyngham S., Aksoy A., Divrak B.B., Öztok D., The Water Footprint Report on Turkey: Water, Production, International Trade Relationship, WWF 2014.
  44. Avanoz Z., Assessment of Water Footprint of Crop Production in Turkey, Master Thesis, Batman University, The Graduate School of Natural and Applied Science of Batman University Batman, 2020.
  45. Zhuo L., Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., Sensitivity and uncertainty in crop water footprint accounting: A case study for the Yellow River basin, *Hydrology and Earth System Sciences*, 18 (6), 2219-2234, 2014.
  46. Hoff H., Döll P., Fader M., Gerten D., Hauser S., Siebert S., Water footprints of cities indicators for sustainable consumption and production, *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 213-226, 2014.
  47. Vanham D., Bidoglio G., The water footprint of Milan, *Water Science and Technology*, 69 (4), 789-795, 2014.
  48. Manzardo A., Loss A., Fialkiewicz W., Rauch W., Scipioni A., Methodological proposal to assess the water footprint accounting of direct water use at an urban level: A case study of the Municipality of Vicenza, *Ecological Indicators*, 69, 165-175, 2016.
  49. A.J. Péreza, J. Hurtado-Patiñoa, H.M. Herrerab, A.F. Carvajala, M.L. Pérezc, E. Gonzalez-Rojasa, J. Pérez-García, Assessing sub-regional water scarcity using the groundwater footprint, *Ecological Indicators*, 96, 32-39, 2019.

50. Xu M., Li C., Wang X., Cai Y., Yue W., Optimal water utilization and allocation in industrial sectors based on water footprint accounting in Dalian City, China, *Journal of Cleaner Production*, 176, 1283-1291, 2018.
51. Zhang F., Zhan J., Li Z., Jia S., Chen S., Impacts of urban transformation on water footprint and sustainable energy in Shanghai, China, *Journal of Cleaner Production*, 190, 847–853, 2018.
52. Zhao X., Tillotson M.R., Liu Y.W., Guo W., Yang A.H., Li Y.F., Index decomposition analysis of urban crop water footprint, *Ecological Modelling*, 348, 25–32, 2017.
53. Cai B., Liu B., Zhang B., Evolution of Chinese urban household's water footprint, *Journal of Cleaner Production*, 208, 1-10, 2019.
54. Dursun, N., Determination of the Water Footprint of the Staff and Students and Yenisey Campus of Ardahan University, Erzincan University, *Journal of Science and Technology*, 12 (3), 1526-1536, 2019.
55. Municipality of Sanliurfa, Climate, <https://www.sanliurfa.bel.tr/icerik/22/2/iklim>, Date of access , June 15, 2020.
56. Governorship of Sanliurfa, General information, <http://www.sanliurfa.gov.tr/genel-bilgiler>, Date of access, June 22, 2020.
57. İnternet..Resource, <https://tr.pinterest.com/pin/303007881186536921/>, Date of access, July 16, 2021.
58. MGM, Turkish State Meteorological Service, Analyses, <https://www.mgm.gov.tr/>. Date of access, June 28, 2020.
59. Benek S., Agricultural Structure, Problems Of Province Of Şanlıurfa And Recommendations, *Turkish Journal Geographical Sciences* , 4 (1), 67-91, 2006.
60. Turkish State, Ministry of Environment and Urbanism, Directorate Environment and Urbanism of Sanliurfa province, Sanliurfa Province Environmental Status Report 2017, 2018.
61. FAO, CLIMWAT 2.0, Food and Agricultural Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/>. Date of access June 10, 2020.
62. TAGEM, DSI, Plant water consumption guide of irrigated plant in Turkey, Turkish General Directorate of Agricultural Research and Policies, Turkish General Directorate of State Hydraulic Works, Ankara, 2017.
63. Ran Y., Lannerstad M., Herrero M., Van Middelaar C.E., De Boer I.J.M., Assessing water resource use in livestock production: A review of methods, *Livestock Science*, 187, 68–79, 2016.
64. FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/home/en/>. Date of access, June 10, 2020.
65. FAO, Crop Water Information, <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>. Date of access, June 16, 2020.
66. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., A global assessment of the water footprint of farm animal products, *Ecosystems*, 15 (3), 401–415, 2012.
67. NASS, National Agricultural Statistics Service Website, [https://www.nass.usda.gov/Charts\\_and\\_Maps/Agricultural\\_Prices](https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Agricultural_Prices), Date of access, December 8, 2020.
68. GTB, Gaziantep Commodity Exchange Website, <https://www.gtb.org.tr/yillik-bulten?tarih=2019>, Date of access, December 9, 2020.
69. Hoekstra A.Y., The water footprint of industry, Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability. Butterworth-Heinemann, 2015.
70. Postel S.L., Daily G.C., Ehrlich P.R., Human Appropriation of Renewable Fresh Water, *Science*, 271 (5250), 785-788, 1996.
71. FAO, CropWat 8.0 Model, Food and Agricultural Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>. Date of Access, June 15, 2020.
72. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements FAO Irrigation and drainage, 56, 174, 1998.
73. USDA-SCS, Chapter:2 Irrigation Water Requirements, Part 623 National Engineering Handbook, 284, 1993.
74. Hoekstra A.Y., The hidden water resource use behind meat and dairy, *Animal Frontiers*, 2 (2), 3–8, 2012.
75. Fu Y., Zhao J., Wang C., Peng W., Wang Q., Zhang C., The virtual Water flow of crops between intraregional and interregional in mainland China, *Agricultural Water Management*, 208, 204-213, 2018.
76. Ercin A.E., Governance of globalized water resources: The application of water footprint to inform corporate strategy and government policy, PhD Dissertation, University of Twente, Institute for Water Education, Netherlands, 2012.
77. MGM, Turkish State Meteorological Service, Hydrometeorology Branch Office, <https://mgm.gov.tr/eng/forecast-cities.aspx>, Date of accesss, June 12, 2020.

Geri Çekildi