

*Araştırma Makalesi–Research Article*

## Sivas İlinde Buğday, Arpa, Şeker Pancarı ve Ayçiçeği Üretimi İçin Su Ayak İzinin Hesaplanması

### Calculation of Water Footprint for Wheat, Barley, Sugar Beet, and Sunflower Production in Sivas Province

Ayben Polat Bulut<sup>1\*</sup>, Gamze Topal Canbaz<sup>2</sup>

*Geliş / Received: 15/10/2021*

*Revize / Revised: 18/02/2022*

*Kabul / Accepted: 04/03/2022*

#### ÖZ

Artan nüfus, küresel ısınma ve sanayileşme gibi nedenlerden dolayı mevcut su kaynakları her geçen gün hızla tükenmekte ve su ihtiyacı artmaktadır. Tüm dünyada suyun önemli bir miktarı tarımsal alanlarda kullanılmaktadır. Su kaynaklarının hızla tükenmesi sonucu önemi daha da artan suyun doğru kullanımı için “su ayak izi” (SA) kavramı son yıllarda gündeme gelmiştir. Su ayak izi bir ürünü üretmek için gerekli olan su miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada 2020 yılı için Sivas ilinde üretilen buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeğinin su ayak izleri hesaplanmıştır. SA hesaplamaları ile suyun daha verimli ve doğru kullanımı sağlanabilir ve ürünlerin ne kadar suya ihtiyacı olduğu belirlenerek mevcut su durumuna göre ekim-dikim yapılarak su daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilir. Yapılan çalışma sonucunda en büyük toplam SA değerine 4147 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> ile ayçiçeği, en küçük toplam SA değerine ise 113 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> ile şeker pancarı sahiptir. Buğday ve arpanın toplam SA büyüklükleri şeker pancarının toplam SA değerinden büyük olmasına rağmen mavi SA değerleri 0 olarak hesaplanmıştır. Bu da buğday ve arpa üretimi için yağış sularının yeterli olduğu anlamına gelmektedir.

*Anahtar Kelimeler- Arpa, Ayçiçeği, Buğday, Su Ayak İzi, Şeker Pancarı*

#### ABSTRACT

Due to reasons such as increasing population, global warming and industrialization, existing water resources are rapidly depleting and the need for water is increasing. All over the world, a significant amount of water is used in agricultural areas. The concept of “water footprint” (WF) has come to the fore in recent years for the correct use of water, which has become more important as a result of the rapid depletion of water resources. Water footprint is defined as the amount of water required to produce a product. In this study, water footprints of wheat, barley, sugar beet, and sunflower produced in Sivas province for 2020 were calculated. With WF calculations, more efficient and correct use of water can be achieved, and the water can be used more sustainably by determining how much water the products need and planting according to the current water situation. As a result of the study, sunflower has the highest total WF value of 4147 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> and sugar beet has the smallest total WF value with 113 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>. Although the total WF values of wheat and barley were greater than the total WF values of sugar beet, the blue WF values were calculated as 0. This means that rainfall waters are sufficient for wheat and barley production.

*Keywords- Barley, Sugar Beet, Sunflower, Water Footprint, Wheat*

<sup>1\*</sup>Sorumlu yazar iletişimi: [aybenpolat@cumhuriyet.edu.tr](mailto:aybenpolat@cumhuriyet.edu.tr) (<https://orcid.org/0000-0003-0151-8680>)

*Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye*

<sup>2</sup>İletişim: [gtopal@cumhuriyet.edu.tr](mailto:gtopal@cumhuriyet.edu.tr) (<https://orcid.org/0000-0001-7615-7627>)

*Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye*

## I. GİRİŞ

Su insanların hayatta kalması, ekolojinin korunması ve toplumun gelişimi için gerekli olan bir elementtir [1]. Suya olan talep artan dünya nüfusu ve ekonomik kalkınma ile birlikte sürekli olarak artmaktadır [2]. Hem sosyoekonomik gelişme hem de iklim değişikliğinin etkisi ile su krizi tüm dünyada bir soruna dönüşmektedir [3]. Tatlı su kaynakları aşırı su tüketimi ve kirlilikten dolayı risk altındadır [4]. Tarımsal üretimin devam etmesi için su önemli temel bir kaynaktır [5].

Tarım alanları yaklaşık 1,87 milyar hektar ile dünyanın toplam buzsuz arazi alanının yaklaşık %14'ünü kaplamaktadır [6]. Tarım sektörü önemli bir su tüketicisidir ve dünyadaki su tüketiminin yaklaşık % 70' i sulama içindir [2,3]. Tarım, mevcut iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir ve hasat potansiyelinin azalması sürdürülebilir verim için daha fazla su gereksinimlerine yol açabilir ve dünya çapında gıda güvenliğinin azalmasına neden olabilir [7].

Su ayak izi (SA), bir kişi, bölge veya ülke tarafından tüketilen mal ve hizmetleri üretmek için kullanılan toplam tatlı su hacmini ölçer [8]. Tarımın insanlığın su ayak izinin %90'ından fazlasından sorumlu olduğu tahmin edildiğinden, ilgi büyük ölçüde bu sektöre odaklanmıştır [9]. Tarımsal ekosistemlerde, mahsul üretiminin SA'sı, mahsulün büyümesi ve mahsulün üretim süreci sırasında kirleticilerin seyreltilmesi için gereken tatlı su hacmi (bir ton mahsul başına metre küp olarak) olarak tanımlanır [10]. SA genellikle 1 birim ürün üretmek için gerekli olan su miktarı ( $m^3/ton$ ) olarak ifade edilir [11]. SA analizi, tarımsal ürünlerin sanal su ihtiyacının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır [2]. Tarımsal kökenli bir ürün üretmek için, topraktan buharlaşan, köklerden emilen ve mahsul tarafından emilen yağış ve hasat edilen mahsulün içerdiği su dikkate alınmalıdır. Bu bileşen "yeşil su"dur ve tarımsal üretim aşamalarında yaygın olarak kullanılan suyun büyük bir bölümünü temsil eder [11]. SA'nın üç bileşeni vardır ve yeşil, mavi ve gri SA' ları içerir [12]. Yeşil su ayak izi, bir ürünün üretim sürecinde tüketilen yağmur suyu hacmini ifade eder [2]. Yeşil SA yağışlar ve toprağın su depolama kapasitesi gibi bölgenin iklim koşullarından etkilenir [13]. Mavi su ayak izi, bir ürünün üretiminde tüketilen (buharlaştırılan ve ilave edilen) yüzey ve yeraltı suyu hacmini ifade eder. Gri su ayak izi, tanımlanmış su kalitesi standartlarına uymak için mevcut ortam suyu kalitesine dayalı olarak kirlenici yükünü asimile etmek için gereken tatlı su hacmini ifade eder [2]. Herhangi bir ürünün mavi su ayak izinin yüksek olması yüzey ve yeraltı suyunun daha fazla kullanıldığını ifade ederken, yeşil su ayak izinin yüksek olması ise yağmur suyundan daha fazla faydalandığı anlamına gelmektedir [14]. Ekin üretimi için SA kriterleri, su tüketimini azaltmayı, su verimliliğini artırmayı ve birim ürün başına kirliliği azaltmayı amaçlayan SA' yı azaltmak için bir temel olabilir [15]. Küresel mavi su tüketiminin yaklaşık % 70' i buğday (% 27), pirinç (% 17), pamuk (% 10), şeker kamışı (% 8) ve yemden (% 7) kaynaklanmaktadır [16].

Son yıllardaki hızlı nüfus artışı, küresel ısınma ve artan kentleşme ve endüstrileşmenin beraberinde getirdiği artan su ihtiyacına karşılık son yıllarda SA kavramı giderek önem kazanan güncel bir konu olmaya başlamıştır. Türkiye ve diğer ülkelerde SA ile ilgili yapılan çalışmalar son derece sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında 2020 yılında Sivas ilinde üretilen buğday, arpa, şeker pancarı ve ay çiçeği için mavi, yeşil ve toplam SA değerleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir

## II. MATERYAL VE METOT.

### A. Çalışma Alanı

Ülkemizde İç Anadolu Bölge' sinde bulunan Sivas, 35° 50' ve 38° 14' doğu boylamıyla 38° 42' ve 40° 16' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır [17]. İlin merkez ilçe dahil 17 ilçesi bulunmaktadır [18]. Türkiye' nin alan itibarıyla ikinci büyük ili olan Sivas, 28.488 km<sup>2</sup> lik yüz ölçümü ile ülke topraklarının %3.67'sini kaplamaktadır [19]. Karasal iklim özelliğine sahiptir. Yazları genellikle kuraktır; kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri ise genellikle yağışlı geçer. Yıllık ortalama yağış miktarı 420 mm'dir. İç Anadolu Bölgesinin en soğuk ilidir. Kış ayları dondurucu soğuk olup, kış ortalama sıcaklığı 0 °C civarındadır. En soğuk ay ortalaması -4 °C olup, zaman zaman -36.4 °C'ye düştüğü görülmüştür. Yaz aylarında sıcaklık genellikle ortalama 19 °C üzerindedir. Ancak sıcaklığın 38 °C'yi aştığı görülür [17].



Şekil 1. Sivas ili haritası

### B. Veri

Çalışmada kullanılan bitkilerin üretim miktarları, verim ve ekim alanları Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TUIK) [20] temin edilmiştir. Ürünlerin ekim-hasat dönemleri ise TAGEM ve DSİ (2016) tarafından çıkarılmış olan "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketim Rehberi"nden [21] alınmıştır. Evapotranspirasyon ve efektif yağış değerleri ise CROPWAT yazılımı ile hesaplanmıştır.

### C. Su Ayak İzi Hesaplaması

Bu çalışmada, buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeğinin Sivas ili için yeşil, mavi ve toplam su ayak izi Hoekstra ve ark. (2011) [22] tarafından geliştirilen metodoloji kullanılarak araştırılmıştır. Buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeği için referans ürün evapotranspirasyon ( $ET_0$ ) tüm iller için CLIMWAT veri tabanından alınmıştır [23]. Bu veri tabanlarındaki  $ET_0$  verileri, Denklem 1' de verilen Penman-Monteith denklemi kullanılarak türetilir [24,25]. Ürün evapotranspirasyon ( $ET_c$ ) (Denklem (3)) ve mevcut etkin yağış ( $P_{eff}$ ) CROPWAT modelini kullanarak hesaplanır. Bitki su tüketimlerinin (BST) hesaplanması için denklem 3 ve 4 kullanılmıştır [14].

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

$$ET_{mavi} = \max(0, ET_c - P_{eff}) \quad (3)$$

$$ET_{yeşil} = \min(ET_c, P_{eff}) \quad (4)$$

$$ET_c \geq P_{eff} \rightarrow ET_{mavi} = (ET_c - P_{eff}) \quad (5)$$

$$ET_c < P_{eff} \rightarrow ET_{mavi} = 0 \quad (6)$$

$$ET_c \geq P_{eff} \rightarrow ET_{yeşil} = P_{eff} \quad (7)$$

$$ET_c < P_{eff} \rightarrow ET_{yeşil} = ET_c \quad (8)$$

Burada,  $ET_0$ ; referans evapotranspirasyon ( $\text{mm/gün}$ ),  $R_n$ ; bitki yüzeyindeki net radyasyon ( $\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ),  $G$ ; zeminin ısı değişim yoğunluğu ( $\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ),  $T$ ; hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $u_2$ ; rüzgâr hızı ( $\text{m s}^{-1}$ ),  $e_s$ ; doymun buhar basıncı ( $\text{kPa}$ ),  $e_a$ ; gerçek buhar basıncı ( $\text{kPa}$ ),  $\Delta$ ; buhar basıncı eğrisinin eğimi ( $\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$ ),  $\gamma$ ; psikometrik sabit ( $\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$ ),  $K_c$ ; bitki katsayıları,  $ET_c$ ; bitkinin yıllık evapotranspirasyon değeri ( $\text{mm/yıl}$ ),  $P_{eff}$ ; etkili yağış ( $\text{mm}$ ), ve son olarak  $ET_{mavi}$  ve  $ET_{yeşil}$  ise sırasıyla mavi ve yeşil evapotranspirasyon değerleri ( $\text{mm/yıl}$ ) olarak tanımlanmaktadır [14].

Denklem (9) ve (10)' da verilen bitki su tüketimleri hesaplandıktan sonra Denklem (11) ve (12)' de verilen sanal su muhtevası değerleri hesaplanmıştır. Coğrafi olarak belirlenmiş bir alandaki herhangi bir ürünün toplam su ayak izi, sanal su içeriğinin üretim kütlesi ile çarpılmasıyla hesaplanabilir. Sanal su içeriği ( $SSM$ ,  $\text{m}^3 \text{ton}^{-1}$ ), bir ürünün birim kütlesi başına kullanılan su hacmi olarak tanımlanır. Bitki su tüketimi ( $BST$ ) ise ekili bir alandan herhangi bir mahsulün tükettiği su miktarı olarak tanımlanır [26].

$$BST_{mavi} (\text{m}^3 \text{ha}^{-1}) = 10 \sum ET_{mavi} \quad (9)$$

$$BST_{yeşil} (\text{m}^3 \text{ha}^{-1}) = 10 \sum ET_{yeşil} \quad (10)$$

$$SSM_{mavi} (\text{m}^3 \text{ton}^{-1}) = \frac{BST_{mavi}}{V} \quad (11)$$

$$SSM_{yeşil} (\text{m}^3 \text{ton}^{-1}) = \frac{BST_{yeşil}}{V} \quad (12)$$

$$SSM (\text{m}^3 \text{ton}^{-1}) = SSM_{mavi} + SSM_{yeşil} \quad (13)$$

$$SA (\text{m}^3) = \sum SSM_i (\text{m}^3 \text{ton}^{-1}) \times C_i \quad (14)$$

Burada,  $SA$  üretimin toplam su ayak izi ( $\text{m}^3 \text{yıl}^{-1}$ ),  $C$ , ürün miktarı ( $\text{ton}$ ),  $V$ , ürün verimi ( $\text{ton ha}^{-1}$ ),  $BST$ , bitki su tüketimi ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ),  $SSM$ ,  $SSM_{yeşil}$  ve  $SSM_{mavi}$  ( $\text{m}^3 \text{ton}^{-1}$ ) sırasıyla toplam, yeşil ve mavi su muhtevaları olarak tanımlanmaktadır [14,26].

### III.DENEYSSEL BULGULAR

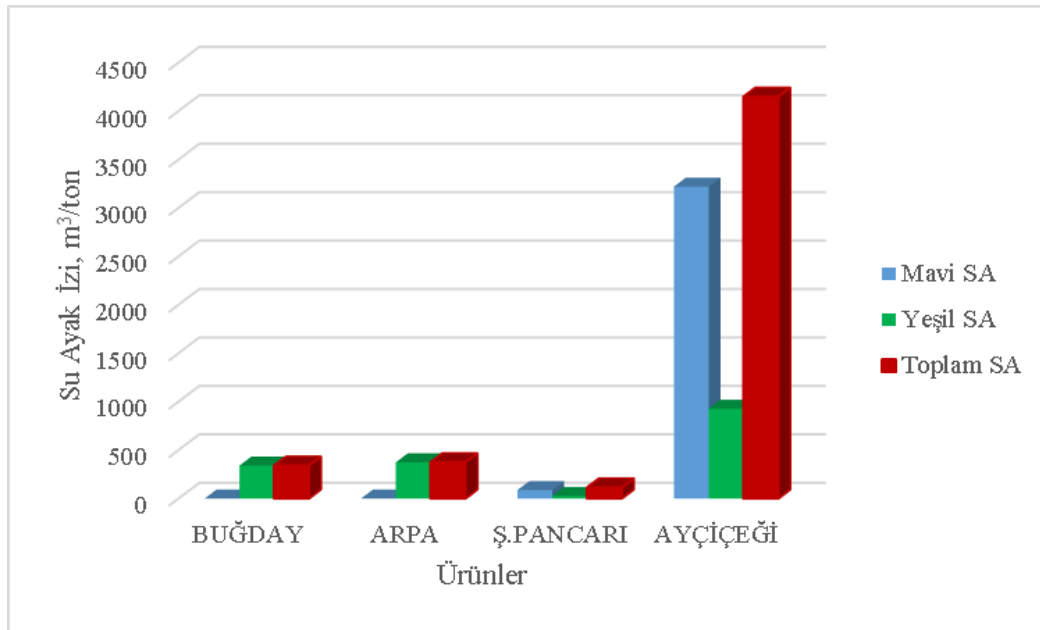
Yapılan çalışmada Sivas ilinde üretilen buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeği için hesaplanan mavi, yeşil ve toplam su ayak izi değerleri Tablo 1 ve Şekil 2' de sunulmuştur. Şekil 2' de dört ürün arasında en büyük toplam su ayak izine yaklaşık  $4147 \text{ m}^3 \text{ton}^{-1}$  ile ayçiçeği sahip iken en küçük su ayak izine ise  $113 \text{ m}^3 \text{ton}^{-1}$  ile şeker pancarının sahip olduğu görülmektedir. Buğday ve arpanın mavi su ayak izleri 0 olarak hesaplanmıştır ve mavi  $SA$ 'nın 0 olması ise buğday ve arpa için yağış sularının yeterli olduğu anlamına gelmektedir. Bunun nedeni ise "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketim Rehberi"nden alınan veriler doğrultusunda buğday ve arpanın ekim-hasat döneminin yağışlı döneme gelmesi ve yağışlardan daha fazla yararlanması olarak düşünülmektedir. Şeker pancarı ve ayçiçeği için ise aynı şekilde mavi su ayak izlerinin yüksek olmasının sebebi ise ekim-hasat dönemlerinin kurak döneme denk geliyor olmasıdır.

**Tablo 1.** 2020 yılında Sivas ilinde yetiştirilen buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeğine ait SA değerleri

| Ürün         | Mavi SA<br>(m <sup>3</sup> ton <sup>-1</sup> ) | Yeşil SA<br>(m <sup>3</sup> ton <sup>-1</sup> ) | Toplam SA<br>(m <sup>3</sup> ton <sup>-1</sup> ) | Üretim Miktarı<br>(ton) |
|--------------|--|---|--|-------------------------|
| Buğday       | 0  | 340   | 340  | 560413                  |
| Arpa         | 0  | 374   | 374  | 326682                  |
| Şekerpancarı | 87   | 26  | 113  | 975782                  |
| Ayçiçeği     | 3220   | 927   | 4147   | 1955                    |

**Tablo 2.** Buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeğine ait küresel ortalama SA değerleri [27].

| Ürün         | Mavi SA<br>(m <sup>3</sup> ton <sup>-1</sup> ) | Yeşil SA<br>(m <sup>3</sup> ton <sup>-1</sup> ) | Toplam SA<br>(m <sup>3</sup> ton <sup>-1</sup> ) |
|--------------|--|---|--|
| Buğday       | 342  | 1277  | 1619   |
| Arpa         | 79   | 1213  | 1292   |
| Şekerpancarı | 26   | 82  | 108  |
| Ayçiçeği     | 148  | 3017  | 30165  |



**Şekil 2.** 2020 yılında Sivas ilinde yetiştirilen buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeğine ait mavi, yeşil ve toplam SA değerleri

SA konusu yeni ve güncel bir konu olduğundan dolayı ülkemizde ve dünyada yapılmış çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Yerli ve ark. [28], Van ilinde şeker pancarının su ayak izini hesaplamışlardır ve şeker pancarının toplam SA' sını 120 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>olarak belirlemişlerdir. Toplam SA' nın da yaklaşık 82,5 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> u mavi SA' nın, yaklaşık 37,7 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> u ise yeşil SA' nın oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Muratoğlu ve ark. [29], Türkiye' de buğdayın SA büyüklüğünü araştırdıkları çalışmalarında buğdayın SA büyüklüğünü 47.4 milyar m<sup>3</sup> olduğunu belirtmişlerdir. El-Marsafawy ve Mohamed [30], ise Mısır' da ayçiçeğinin mavi SA büyüklüğünün 2389 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> olduğunu ifade etmişlerdir. Thaler ve ark. [31], Avusturya' da buğday, şeker pancarı, arpa ve ayçiçeğinin toplam su ayak izlerini sırasıyla 780 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>, 360 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>, 470 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> ve 1290 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> olduğunu ve bizim çalışmamızla paralel olarak en büyük su ayak izine ayçiçeğinin, en küçük su ayak izine ise şeker pancarının sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmaların sonuçların farklılıkları bölgelerin farklı iklimsel özelliklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

#### IV.SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda şeker pancarı ve ayçiçeğinin SA' ları küresel ortalamanın altında çıkmıştır. Bu durumda ayçiçeği ve şeker pancarı üretiminin daha fazla yağış alan bölgelerde üretilmesi gibi yeşil su kullanımının artırılmasına yönelik çeşitli stratejiler geliştirilebilir. Ürünler uygun iklim koşullarına göre yetiştirilerek su tasarrufu sağlanabilir. Sivas ili için buğday ve arpanın mavi SA değerleri 0 olarak hesaplanmıştır ve bu sonuç Sivas ilinin buğday ve arpa üretimi için elverişli bir iklime sahip olduğunu göstermektedir ve yağış sularının arpa ve buğday üretimi için yeterli olduğu anlamına gelmektedir.

Tarım, dünyadaki en büyük su tüketiminin gerçekleştiği sektörlerden biridir. Tarımsal ürünlerin su ayak izlerinin belirlenmesi ile su kıtlığı yaşanan bölgelerde yeşil SA büyük olan ürünlerin yetiştirilmesine öncelik verilerek su tasarrufu sağlanabilir. Benzer şekilde mavi SA büyük olan ürünlerin üretimi fazla yağış alan bölgelerde yapılarak hem mavi SA büyüklüğü düşürülebilir hem de suyun daha sürdürülebilir kullanımı sağlanabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Cao, X., Huang, X., Huang, H., Liu, J., Guo, X., Wang, W. & She, D. (2018). Changes and driving mechanism of water footprint scarcity in crop production: A study of Jiangsu Province, China. *Ecological Indicators*, 95, 444-454.
- [2] Gheewala, S. H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S. R. & Chaiyawannakarn, N. (2014). Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. *Water*, 6(6), 1698-1718.
- [3] Ewaid, S. H., Abed, S. A. & Al-Ansari, N. (2019). Water footprint of wheat in Iraq. *Water*, 11(3), 535.
- [4] Zhai, Y., Tan, X., Ma, X., An, M., Zhao, Q., Shen, X. & Hong, J. (2019). Water footprint analysis of wheat production. *Ecological indicators*, 102, 95-102.
- [5] Li, X., Chen, D., Cao, X., Luo, Z. & Webber, M. (2020). Assessing the components of, and factors influencing, paddy rice water footprint in China. *Agricultural Water Management*, 229, 105939.
- [6] Ridoutt, B & Garcia, J.N. (2020). Cropland footprints from the perspective of productive land scarcity, malnutrition-related health impacts and biodiversity loss. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121150.
- [7] Nana, E., Corbari, C., Bocchiola & D. (2014). A model for crop yield and water footprint assessment: Study of maize in the Po valley. *Agricultural Systems*, 127, 139-149.
- [8] Paterson, W., Rushforth, R., Ruddell, B. L., Konar, M., Ahams, I. C., Gironás, J., Mijic, A. & Mejia, A. (2015). Water footprint of cities: A review and suggestions for future research. *Sustainability*, 7(7), 8461-8490.
- [9] Van der Laan, M., Jarman, C., Bastidas-Obando, E., Annandale, J.G., Fessehazion, M. & Haarhoff, D. (2019). Are water footprints accurate enough to be useful? A case study for maize (*Zea mays* L.). *Agricultural Water Management*, 213, 512-520.
- [10] Govere, S., Nyamangara, J. & Nyakatawa, E. Z. (2020). Climate change signals in the historical water footprint of wheat production in Zimbabwe. *Science of the Total Environment*, 742, 140473.
- [11] Lovarelli, D., Bacenetti, J. & Fiala, M. (2016). Water footprint of crop productions: A review. *Science of the Total Environment*, 548, 236-251.
- [12] Arunrat, N., Pumijumnong, N., Sereenonchai, S., Chareonwong, U. & Wang, C. (2020). Assessment of climate change impact on rice yield and water footprint of large-scale and individual farming in Thailand. *Science of the Total Environment*, 726, 137864.
- [13] Pardo, J. J., Martínez-Romero, A., Léllis, B. C., Tarjuelo, J. M. & Domínguez, A. (2020). Effect of the optimized regulated deficit irrigation methodology on water use in barley under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*, 228, 105925.
- [14] Muratoğlu, A. (2020). Üretimin su ayak izinin incelenmesi: Diyarbakır ili için bir vaka çalışması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 845-858.

- [15] Perea, R.G., Poyato, E.C., Montesinos, P., Morillo, J.G. & Díaz, J.A.R. (2016). Influence of spatio temporal scales in crop water footprinting and water use management: Evidences from sugar beet production in Northern Spain. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1485-1495.
- [16] Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2020). Sustainability of the blue water footprint of crops. *Advances in Water Resources*, 143, 103679.
- [17] Pürlü K. (2013). Sivas' ta kültür ve turizmi geliştirme strateji planı. Sivas Valiliği, II Kültür ve Turizm Müdürlüğü; 49.
- [18] Bulut, A. P. & Canbaz, G. T. (2019). Hayvan atıklarından Sivas ili biyogaz potansiyelinin araştırılması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1), 1-10.
- [19] Doğan, A. (2007). Sivas ili ekonomisinin makro-ekonomik göstergeler açısından Türkiye ve İç Anadolu Bölgesi' ndeki yeri. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2007(3), 40-52.
- [20] TÜİK. Bitki Üretim İstatistikleri. Retrieved from Türkiye İstatistik Kurumu website: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=trParashar>, (Erişim tarihi: 10.06.2020).
- [21] TAGEM, (2017). Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi. Ankara 2017, 590.
- [22] Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M. & Mekonnen M.M. (2011). The water footprint assessment manual, Water Footprint Network.
- [23] FAO, CLIMWAT 2.0, Food and agricultural organization of the United Nations, <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/limwat-for-cropwat/en/>. [Erişim tarihi: 01 Temmuz 2021].
- [24] Chapagain, A. K. & Hoekstra, A. Y. (2011). The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. *Ecological Economics*, 70(4), 749-758.
- [25] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. *In Irrigation and Drainage*, 300.
- [26] Muratoglu, A. (2020). Assessment of wheats water footprint and virtual water trade: A case study for Turkey. *Ecological Processes*, 9(1), 1-16.
- [27] Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577-1600.
- [28] Yerli, C., Şahin, Ü., Kızıloğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş. & Örs S. (2019). Van ilinde silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın su ayak izi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 195-203.
- [29] Muratoğlu, A., Yüce, M. İ. & AYTEK, A. (2019). Türkiye' nin uluslararası sanal su transferinin incelenmesi: Buğday için bir vaka analizi. 10. Ulusal Hidroloji Kongresi, 1-8, 9-12 Ekim 2019, Muğla.
- [30] El-Marsafawy, S. M. & Mohamed, A. I. (2021). Water footprint of Egyptian crops and its economics. *Alexandria Engineering Journal*, 60(5), 4711-4721.
- [31] Thaler, S., Gobin, A. & Eitzinger, J. (2017). Water footprint of main crops in Austria. *Journal of Land Management, Food and Environment*, 68, 1-15.