



Evaluation of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission in Irrigation of Seydişehir Irrigation Association

Mehmet Akif Kalender^{1,a,*}, Ramazan Topak^{1,b}

¹Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Konya, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 28-07-2023 Accepted : 16-09-2023</p> <p>Keywords: Energy use Greenhouse gas emission Seydişehir Irrigation Association Irrigation water use efficiency Relative Irrigation Supply</p>	<p>In this study, the Seydişehir Irrigation Association irrigation operation located in the Seydişehir district of Konya was evaluated in terms of its environmental effects. In this context, the efficiency of the association's irrigation water use, energy consumption originating from irrigation and greenhouse gas emissions related to it were tried to be evaluated. The evaluation was made for the years 2010, 2015 and 2020. According to the results obtained from the study; The relative water supply in the irrigation association was 0.30, 0.97 and 1.81 for the years 2010, 2015, and 2020, respectively. The average relative water supply for the three years was determined as 1.03. Total energy consumption in Seydişehir Irrigation Association was calculated as 11.616.348.9 MJ/year in 2010, 29.006.792.6 MJ/year in 2015 and 106.083.920.9 MJ/year in 2020. The amount of energy per unit area (E_A) was calculated as 2.172.1 MJ/ha/year in 2010, 8.028.5 MJ/ha/year in 2015, 11.898.2 MJ/ha/year in 2020, and the amount of energy per unit of irrigation water (E_s) for three years was calculated as 1.14 MJ/m³/year. The total emission amount in Seydişehir Irrigation Association was determined as 788.1299 kgCO₂eq/year in 2010, 1.968.012.5 kgCO₂eq/year in 2015 and 7.197.434.2 kgCO₂eq/year in 2020. The emission amount per unit area (SG_A) was calculated as 147.4 kgCO₂eq/ha/year in 2010, 544.7 kgCO₂eq/ha/year in 2015 and 807.2 kgCO₂eq/ha/year in 2020 and the emission per unit irrigation water (SG_s) have the same value for three years and was calculated as 0.077 kgCO₂eq/m³/year. According to the results of the study, it is seen that there is a continuous increase in energy consumption and greenhouse gas emissions in the irrigation association, and the increase rate is quite high, especially in 2020. Likewise, there has been an increase in relative water supplies over the years.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(9): 1664-1670, 2023

Seydişehir Sulama Birliği Sulamasında Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonunun Değerlendirilmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 28-07-2023 Kabul : 16-09-2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Enerji tüketimi Sera gazı emisyonu Seydişehir Sulama Birliği Sulama suyu kullanım etkinliği Su Temin Oranı</p>	<p>Bu çalışmada, Konya Seydişehir ilçesinde bulunan Seydişehir Sulama Birliği sulama işletmesi çevresel etkileri yönünden değerlendirilmiştir. Bu kapsamda birliğin sulama suyu kullanım etkinliği ile sulama kaynaklı enerji tüketimi ve buna bağlı gerçekleşen sera gazı emisyonları değerlendirilmeye çalışılmıştır. Değerlendirme 2010, 2015 ve 2020 yılları için yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; sulama birliğinde su temin oranı 2010, 2015 ve 2020 yılları için sırasıyla 0,30, 0,97 ve 1,81 olarak gerçekleşmiştir. Üç yıl için ortalama su temin oranı, 1,03 olarak belirlenmiştir. Seydişehir Sulama Birliği'nde toplam enerji tüketimi, 2010 yılında 11.616.348,9 MJ/yıl, 2015 yılında 29.006.792,6 MJ/yıl ve 2020 yılında 106.083.920,9 MJ/yıl olarak hesaplanmıştır. Birim alana karşılık enerji miktarı (E_A), 2010 yılında 2.172,1 MJ/ha/yıl, 2015 yılında 8.028,5 MJ/ha/yıl ve 2020 yılında 11.898,2 MJ/ha/yıl, birim sulama suyuna karşılık enerji miktarı ise (E_s), üç yıl için de 1,139 MJ/m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Seydişehir Sulama Birliği'nde toplam emisyon miktarı, 2010 yılında 788.129,9 kgCO₂eqd/yıl, 2015 yılında 1.968.012,5 kgCO₂eqd/yıl ve 2020 yılında 7.197.434,2 kgCO₂eqd/yıl olarak belirlenmiştir. Birim alana karşılık emisyon miktarı (SG_A), 2010 yılında 147,4 kgCO₂eqd/ha/yıl, 2015 yılında 544,7 kgCO₂eqd/ha/yıl ve 2020 yılında 807,2 kgCO₂eqd/ha/yıl, birim sulama suyuna karşılık emisyon miktarı (SG_s), üç yıl için de aynı değeri sahip olup, 0,077 kgCO₂eqd/m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, sulama birliğinde enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu hususunda sürekli bir artışın olduğu ve özellikle 2020 yılında artış oranının bir hayli yüksek olduğu görülmektedir. Aynı şekilde su temin oranlarında yıllara bağlı olarak artış meydana gelmiştir.</p>

^a makifkalender@selcuk.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0003-3258-7945>

^b rtopak@selcuk.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0003-3748-2720>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Yağışların yetersiz olduğu bölgelerde bitkilerin su ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla, sulama yapılmaktadır. Türkiye’de kullanılabilir su kaynakları son yıllarda hem iklimsel faktörler, hem de insan faaliyetleri sonucu giderek azalmakta ve bu durumun, özellikle kurak ve yarı kurak bölgeler için gelecek yıllarda büyük problemlere sebep olması muhtemeldir. Su kaynaklarının etkin kullanımı, Konya Kapalı havzası gibi yağışın nispeten düşük olduğu yarı kurak bir bölgede ise daha da büyük önem taşımaktadır. Havzada tarım alanlarının çok büyük bir bölümü (900.000 ha) sulamaya açılmış olup, yeraltı suları (YAS) temel sulama suyu kaynağı durumundadır. Sulama suyunun temininde ve sulama uygulamasında, havzada yoğun şekilde enerji tüketilmekte (dizel, elektrik), özellikle aşırı çekim nedeniyle YAS seviyelerindeki düşmelere bağlı olarak tüketim miktarları da artmaktadır. Bu da yüksek enerji maliyetleri ile birlikte, daha yüksek enerji tüketimi ve daha fazla sera gazı emisyon miktarını beraberinde getirmektedir.

Suyun etkin kullanımı konusunda su temin oranı, en önemli göstergelerinden bir tanesidir. Sulama suyunun sulama şebekesine ihtiyaç duyulduğu kadar saptırılması, yetiştirilen bitkilerin su sıkıntısı yaşamaması ve suyun aşırı kullanılmaması hususunda önemlidir. Bu konuda Beyribey (1997), su temin oranının 1’e eşit olması durumunda ihtiyaç duyulan miktarda suyun kullanıldığını belirtmiştir. Bu oranın 1’den büyük olması, sulamada ihtiyaç duyulandan daha fazla, 1’den küçük olması ise ihtiyaç duyulandan daha az sulama suyunun şebekeye verildiğini işaret etmektedir.

Bitki yetiştiriciliği sürecinde, uygulanan kültürel faaliyetler için çoğunlukla bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda bakıldığında tarımsal sulama işlemi, önemli miktarda enerji tüketici faaliyet olarak görülmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda (Mittal ve Dhawan, 1989; Mrini ve ark., 2002; Topak ve ark., 2005; Halkacı, 2022), sulama uygulamasının diğer kültürel işlemlere kıyasla daha fazla enerji tükettiğine dair sonuçlar elde edilmiştir. Sözgelimi Topak ve ark (2010) şekerpancarı üretim enerjisinin %69’u, Yavuz ve ark (2016) patates üretiminde tüketilen enerjinin %44’ü, Halkacı (2022) yonca üretim enerjisinin %69’u ve Rafiee ve ark. (2022) suluda buğday üretim enerjisinin yaklaşık %23-53’ünün sulamada tüketildiğini bildirmişlerdir.

Bitkisel üretimin çevresel etkileri üzerine yapılmış bazı çalışmalarda (Yousefi ve ark., 2014; Zou ve ark., 2015; Wang ve ark., 2016), kurak alanlarda sulama işleminin büyük miktarlarda enerji tükettiğini ve dolayısıyla da önemli seviyede sera gazı emisyonuna neden olduğu bildirilmiştir. Bu bilgiler paralelinde olmak üzere Topak ve Kalender (2020) tam sulamalı şekerpancarı üretiminde toplam sera gazı emisyonlarının %57’sinin, Topak ve Ceran (2021) farklı seviyelerde sulanan ayçiçeğinde toplam emisyonunun %35 - %63’ünün sulama kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde buğday üretiminde salınan sera gazlarının; Gao ve ark. (2022) yaklaşık %46’sının, He ve ark. (2017) %45-55’inin, Rafiee ve ark. (2022) %52’sinin sulamadan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Yine Nisar ve ark. (2021) sulama kaynaklı emisyonları buğday tarımı için toplam emisyonun %66’sı ve mısır için ise %47’si olarak bildirmişlerdir. Sulama

uygulamalarında tasarruf ya da su kısıtlaması yapılması, daha düşük miktarlarda enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu açığa çıkmasına sebep olmakta ve hem ekonomik hem de su kaynaklarının daha verimli kullanılması adına önem teşkil etmektedir.

Konya Kapalı Havzası, düşük yağış ve sınırlı su kaynaklarına sahip olmasına rağmen, Türkiye’nin tarımsal potansiyeli en yüksek bölgelerinden biridir. Bitki üretimi açısından önemli bir konumda bulunmakta ve bu bitkilerden uygun verim alınabilmesi için sulama uygulaması zorunluluk halini almıştır. Bu noktada, bölgede yer altı sularından önemli ölçüde su çekilmekte ve yer altı su seviyeleri giderek düşmektedir. Aynı şekilde yer üstü su kaynaklarından da sulama amaçlı su temin edilmekte ve yağışlar ile yeterince beslenemediklerinde, bu kaynaklarda azalma yaşanmaktadır. Bölgede yer üstü sulamalarının işletmesini gerçekleştiren en önemli örgütlerden biri sulama birlikleri olup, Konya Kapalı Havzası’ndaki toplam sulama birliği sulama alanı 188.496 ha’dır (DSİ, 2022).

Sulama birlikleri, Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen sulama tesislerini, amacına uygun olarak kullanmak ve işletmek üzere, 1995 yılından bu yana faaliyetlerini sürdüren kurumlardır. Sulama birlikleri, Türkiye’de sulama işletmeciliğinin büyük bir bölümünü yürütmektedirler (Bostancı, 2023). Seydişehir Sulama Birliği, Konya Kapalı Havzası’nda yer alan 10 sulama birliğinden biridir. 2022 yılı itibariyle, Gevrekli Sulama Birliği, Suğla ve Suğla Pompaj Sulama Birliklerinin sorumluluk alanı Seydişehir Sulama Birliği’ne devredildiğinden dolayı, Seydişehir Sulama Birliği ilçedeki tek sulama birliği konumundadır. Dolayısıyla, Seydişehir bölgesi sulamasında sulama suyu kaynaklarının akılcı ve etkin kullanımı açısından söz konusu sulama birliği hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada, Seydişehir Sulama Birliği su ve enerji kullanımı ile sulama kaynaklı sera gazı salımı yönünden değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Konya ilinin 31 ilçesinden biri olan Seydişehir ilçesi, Konya merkezine yaklaşık 100 km uzaklıktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Seydişehir ilçesinin Konya ilindeki konumu
Figure 1. Location of Seydişehir district in Konya province

Çizelge 1. Seydişehir ilçesi arazi kullanım durumu (Anonim, 2019)

Table 1. Land use status of Seydişehir district (Anonymous, 2019)

Kullanım durumu	Yüzölçümü (ha)	Oranı (%)
Tarım arazisi	40.330	29,5
Orman	62.182	46
Çayır-Mera	4.790	3,5
Diğer	28.950	21
Toplam	136.250	100

Çizelge 2. Seydişehir ilçesi yağış ve buharlaşma verileri (Bostancı, 2023)

Table 2. Seydişehir district precipitation and evaporation data (Bostancı, 2023)

Seydişehir	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YT
Yağış ¹	120,6	103,2	74,6	59,3	45,8	26,4	9,5	11,0	20,1	57,2	89,7	157,7	774,9
Buharlaşma ¹	19,5	28,8	56,0	75,4	95,2	123,3	166,8	158,7	112,9	68,3	28,1	19,1	952,1

YT: Yıllık Toplam; ¹(mm) (1960-2021)

Çizelge 3. Seydişehir Sulama Birliğince işletilen sulama tesisleri (DSİ, 2021)

Table 3. Irrigation facilities operated by Seydişehir Irrigation Association (DSI, 2021)

Tesis adı	Sulama alanı (ha)	İşletmeye açılış yılı
Gevrekli sulama tesisi	4.438	1987
Suğla sulama tesisi	9.530	2018
Seydişehir sulama tesisi	7.202	2014
Oğlakçı Göleti sulama tesisi	336	2018
Toplam	21.506	

İlçenin toplam yüz ölçümü 136.250 hektar olup, denizden yüksekliği 1.123 m'dir. İlçenin doğusunda Akören, batısında Derebucak, güneyinde Yalılıyük, Ahırlı ve Akseki ve kuzeyinde ise Beyşehir ilçeleri bulunmaktadır. Seydişehir, Torosların kuzey eteklerinde, Çarşamba Çayı boyunca uzanan verimli bir vadi olan Suğla Ovası'nda bulunmaktadır. İlçenin kuzeybatısında Beyşehir Gölü ve güneydoğusunda Suğla Gölü bulunmaktadır (Anonim, 2019).

İlçenin arazi varlığı ve kullanım şekli Çizelge 1'de verildiği gibidir. Tablo verilerine göre, ilçe yüzölçümünün yaklaşık %29,5'i tarım arazisi, %46'sı orman alanı, %3,5'i mera ve %21'i ise diğer alanlardan oluşmaktadır (Anonim, 2019). İlçedeki tarım alanlarının çok büyük bir bölümünde tarla tarımı yapılmaktadır. Bu kapsamda buğday, arpa başta olmak üzere şekerpancarı, mısır, patates, yonca, nohut üretimi gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2023a).

Seydişehir ilçesinde, Akdeniz iklimi ve karasal iklimi arasında geçiş tipi bir iklim hakimdir. Yaz ayları sıcak ve kurak iken, kış ayları soğuk ve yağışlı geçmektedir (Nas, 2019). Seydişehir ilçesi, bölgede en çok yağış alan bölgelerden biridir. İlçenin, uzun yıllar (1960-2021) yıllık toplam yağış ortalaması 774,9 mm'dir. Yağışlar, Ekim ayı ile birlikte yükselmeye başlamakta, Aralık ayında 157,7 mm ile en yüksek değerine ulaşmaktadır. Yazlık ürünlerin yetiştiği Haziran – Eylül dönemini kapsayan 4 ayın toplam yağışı 67 mm olup, oldukça düşüktür. Bu da Seydişehir yöresinde sulamanın ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Buharlaşma değerleri kış aylarında düşük iken, yaz aylarında en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Çizelge 2'de Seydişehir ilçesinin uzun dönem yağış ve buharlaşma verileri verilmektedir

Seydişehir Sulama Birliği, Konya ili Seydişehir ilçesinde yer almaktadır. Sulama birliği, 2021 yılı itibarıyla toplam 21.506 ha sulama alanına sahiptir (DSİ, 2021). Seydişehir Sulama Birliği'nin işletmesinden sorumlu olduğu sulamalar Gevrekli, Suğla, Seydişehir ve Oğlakçı

sulamalarıdır (Çizelge 3). Gevrekli, Suğla ve Seydişehir sulamalarının kaynağı Beyşehir Gölü, Oğlakçı sulamasının kaynağı Oğlakçı Göleti'dir. Sulama sahasında toplam 3.047 su kullanıcısı ve 815 üye bulunmaktadır. Birlik görev sahasında 16.732 ha klasik sulama şebekesi, 5.084 ha kanaletli ve 370 ha borulu sulama şebekesi bulunmaktadır. Seydişehir Sulama Birliği'nde 2021 yılı itibarıyla 1 Birlik Müdürü, 1 tahsildar, 5 su dağıtım teknisyeni ve 1 iş makinesi operatörü olmak üzere toplam 8 personel görev yapmaktadır (Bostancı, 2023).

Çalışmada, Seydişehir Sulama Birliği sulamasında sulama suyu kullanım etkinliği ile birlikte, sulamadan kaynaklanan enerji tüketimi ve buna bağlı oluşan sera gazı emisyonlarının 2010, 2015 ve 2020 yılları için değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda sulama suyu kullanım etkinliği; sulama oranı (SO), su temin oranı (STO) ve sulanan birim alan başına sulama suyu miktarı (SBABS) göstergeleri ile değerlendirilmiştir. SO, birlik sahasında fiilen sulanan alanın birliğin toplam sulama alanına oranıdır. STO, sulama şebekesine saptırılan sulama suyunun, toplam sulama suyu ihtiyacına olan oranıdır. SBABS (m³/ha) ise, şebekeye alınan yıllık su miktarının, fiilen sulanan alana bölümüyle elde edilir. Seydişehir Sulama Birliği'nin 2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait, net sulanan alan, şebekeye saptırılan sulama suyu miktarı (m³) ile brüt sulama suyu ihtiyaçları (m³), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, belirtilen yıllar için su kullanım etkinliği göstergeleri belirlenmiştir.

Sulama birliği işletmesinde sulama suyu, sulama kanalından pompa vasıtasıyla temin edilmekte ve basınçlı sulama sistemine verilmektedir. TÜİK (2023b) 2022 yılı verilerine göre Konya ilinde 52.484'ü yağmurlama ve 30.242'si damla sulama sistemi olmak üzere toplam 82.726 adet, Seydişehir ilçesinde ise 2.100 adedi yağmurlama ve 1.200 adedi damla sulama sistemi olmak üzere toplam 3.300 adet basınçlı sulama sistemi bulunmaktadır.

Seydişehir Sulama Birliği sulamasında kullanılan basınçlı sulama sistemlerinde tüketilen dizel yakıt miktarlarına ilişkin hiçbir veri bulunmamaktadır. Bu nedenle, sulama suyunun (1 m³) uygulanması için tüketilen dizel yakıt (L) miktarını belirleyebilmek amacıyla çiftçi koşullarında ölçümler yapılmıştır.

Yağmurlama sulama sistemlerinde, yağmurlama başlıklarının ortalama başlık basınç ölçümü pitot tüplü manometre ile yapılmış ve başlıkların marka ve teknik özellikleri bilgisinden yararlanarak, firma katalog değerlerinden başlıkların debisi tespit (m³/h) edilmiştir. Yağmurlama sisteminde çalıştırılan başlık sayısı ile başlık debisi çarpılarak, yağmurlama sisteminin kapasitesi (Q = m³/h) belirlenmiştir. Damla sulama sisteminde ise, sistem üzerindeki damlatıcıların debileri kap yöntemiyle toplanarak, ortalama damlatıcı debisi hesaplanmıştır. Ortalama damlatıcı debisi ile toplam damlatıcı sayısı çarpılarak, damla sulama sisteminin saatlik kapasitesi (Q = m³/h) belirlenmiştir.

Debisi belirlenen basınçlı sulama sistemlerinde, motopompların bir saatte tükettiği dizel yakıt miktarları (L/h) tespit edilmiş ve sistem debisine (m³/h) bölünerek, birim sulama suyu (m³) başına düşen yakıt miktarları (L/m³) hesaplanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, 0,028 L/m³ değeri belirlenmiştir.

Sulama birliğinde enerji tüketiminin hesaplanması için, dizel yakıtı enerji eş değeri 40,68 MJ/L (Boustead, 2003) olarak dikkate alınmıştır. Yıllık tüketilen dizel yakıt miktarı (L) ile enerji katsayısı (MJ/L) çarpılarak, yıllık enerji tüketimi (MJ/yıl) hesaplanmıştır. Hesaplanan yıllık enerji tüketimleri, alansal (1 hektar) ve spesifik (1 m³ sulama suyu) olarak iki gösterge bağlamında değerlendirmeye alınmıştır. Alansal gösterge (E_A) sulamada tüketilen enerji miktarının sulanan alana bölünmesiyle (MJ/ha), spesifik enerji göstergesi (E_S) sulamada tüketilen enerji miktarının kullanılan sulama suyu miktarına bölünmesiyle hesaplanmaktadır (MJ/m³).

Sulama birliğinde sera gazı emisyonunun tespit edilmesi için, sulama işleminde tüketilen dizel yakıt miktarları dikkate alınmıştır. 1 litre dizel yakıt için 2,76 kg CO₂eşd/L (Moghimi ve ark., 2014) emisyon faktörü değeri baz alınmıştır. Dizel yakıtı emisyon faktörü değeri ile

sulamada tüketilen yıllık dizel miktarı çarpılarak, sulama birliğinde yıllık açığa çıkan sera gazı miktarı (kgCO₂eşd/yıl) hesaplanmıştır. Sera gazı emisyonlarının çevresel etki yönüyle değerlendirilmesi amacıyla, alansal gösterge (SG_A) ve sulama suyu göstergeleri (SG_S) belirlenmiştir. Alansal gösterge, sera gazı emisyon miktarının sulanan alana (ha) bölünmesiyle (kgCO₂eşd/ha), sulama suyu göstergesi ise emisyon miktarının sulama suyu miktarına (m³) bölünmesiyle hesaplanmaktadır (kgCO₂eşd/m³).

Bulgular ve Tartışma

Seydişehir Sulama Birliği'nin sulamasına ait veriler yıllara göre Çizelge 4'te verilmiştir. Tabloya göre, sulama birliği verileri 2020 yılında en yüksek değerlerine ulaşmıştır.

Seydişehir Sulama Birliği'nde 2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait su kullanım etkinliği göstergeleri Çizelge 5'te verilmiştir. Sulama birliğinde sulama oranı, 2010 yılında % 70,5, 2015 yılında % 81,4 ve 2020 yılında % 42,1 olarak belirlenmiştir. Birim alan başına düşen sulama suyu miktarlarında ise zamanla artış gözlemlenmiştir. Sulanan birim alan başına düşen sulama suyu miktarı; 2010 yılında 2.243 m³/ha, 2015 yılında 8.292 m³/ha ve 2020 yılında ise 12.289 m³/ha olarak gerçekleşmiştir.

Sulama birliğinde su temin oranı, 2010 yılında 0,30 ile oldukça düşük değerde kalmış, 2015 yılında ise 1'e oldukça yaklaşmıştır. 2020 yılında su temin oranı, 1,81 ile yüksek bir değere ulaşmış ve brüt sulama ihtiyacının oldukça üzerine çıkmıştır. Belirtilen üç yılın ortalaması 1,03 olarak hesaplanmış ve istenen değere oldukça yakın olmuştur. Yine de 2010 ve 2020 yıllarına ait su temin oranı değerleri, ideal olmamakla birlikte, üç yılın değerleri arasında büyük farklar görülmektedir. Yapılan çalışmalara göz atıldığında, Kaya ve Çiftçi (2016), Çumra Sulama Birliği'nde su temin oranını 2,35 - 4,32 olarak hesaplamışlardır. Eliçabuk ve Topak (2017), Gevrekli Sulama Birliği'nde sulama suyu temin oranının dönemsel ortalamasını 0,69 olarak belirlemişlerdir. Yürekli (2018), Ereğli İvriz Sağ Sahil Sulama Birliği için bu değeri 1,06 - 1,30 olarak belirlemiştir.

Çizelge 4. Seydişehir Sulama Birliği sulamasına ilişkin veriler (DSİ, 2022)

Table 4. Data on irrigation of Seydişehir Irrigation Association (DSİ, 2022)

Sulama Tesisleri	Gevrekli	Suğla	Seydişehir	Birlik Geneli
Yıllar	Planlanan sulama suyu ihtiyacı (m ³)			
2010	32.282.496	8.048.568	-	40.331.064
2015	31.002.114	-	-	31.002.114
2020	15.780.000	28.362.000	16.436.667	60.578.667
Yıllar	Kaynaktan alınan su miktarı (m ³)			
2010	10.160.640	1.837.440	-	11.998.080
2015	29.960.000	-	-	29.960.000
2020	16.370.000	55.920.000	37.280.000	109.570.000
Yıllar	Sulama alanı (ha)			
2010	4.438	3.150	-	7.588
2015	4.438	-	-	4.438
2020	4.438	9.530	7.202	21.170
Yıllar	Fıilen sulanan alan (ha)			
2010	3.456	1.892	-	5.348
2015	3.613	-	-	3.613
2020	1.257	4.955	2.704	8.916

Çizelge 5. Seydişehir Sulama Birliği su kullanım etkinliği göstergeleri
Table 5. Seydişehir Irrigation Association water use efficiency indicators

Sulama Tesisleri	Gevrekli	Suğla	Seydişehir	Birlik Geneli
Yıllar	Sulama oranları (SO) (%)			
2010	77,9	60,1	-	70,5
2015	81,4	-	-	81,4
2020	28,3	52,0	37,5	42,1
Yıllar	Su temin oranı (STO)			
2010	0,31	0,23	-	0,30
2015	0,97	-	-	0,97
2020	1,04	1,97	2,27	1,81
Yıllar	Sulanan birim alan başına su miktarı (SBABS) (m ³ /ha)			
2010	2.940	971	-	2.243
2015	8.292	-	-	8.292
2020	13.023	11.286	13.787	12.289

Çizelge 6. Seydişehir Sulama Birliği sulama şebekesine verilen yıllık toplam sulama suyu ve dizel yakıt kullanım miktarları
Table 6. Annual total irrigation water and diesel fuel usage amounts given to Seydişehir Irrigation Association irrigation network

Sulama Tesisleri	Gevrekli	Suğla	Seydişehir	Birlik Geneli
Yıllar	Sulama şebekesine verilen yıllık sulama suyu miktarı (m ³)*			
2010	8.636.544	1.561.824	-	10.198.368
2015	25.466.000	-	-	25.466.000
2020	13.914.500	47.532.000	31.688.000	93.134.500
Yıllar	Toplam dizel yakıt kullanımı (L/yıl)			
2010	241.823,2	43.731,1	-	285.554,3
2015	713.048,0	-	-	713.048,0
2020	389.606,0	1.330.896,0	887.264,0	2.607.766,0

* %15 iletim kaybı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7. Seydişehir Sulama Birliği sulamasında tüketilen enerji miktarları
Table 7. The amount of energy consumed in the irrigation of the Seydişehir Irrigation Association

Sulama Birliği	Toplam Enerji Tüketimi (MJ/yıl)		
	2010	2015	2020
Seydişehir Sulama Birliği	11.616.348,9	29.006.792,6	106.083.920,9
Enerji Göstergeleri			
E _A (MJ/ha/yıl)	2.172,1	8.028,5	11.898,2
E _S (MJ/m ³ /yıl)	1,139	1,139	1,139

Çizelge 8. Seydişehir Sulama Birliği'nde sulama kaynaklı sera gazı emisyonu değerleri
Table 8. Greenhouse gas emission values from irrigation in Seydişehir Irrigation Association

Sulama Birliği	Toplam Emisyon (kgCO ₂ eşd/yıl)		
	2010	2015	2020
Seydişehir Sulama Birliği	788.129,9	1.968.012,5	7.197.434,2
Emisyon Göstergeleri			
SG _A (kgCO ₂ eşd/ha/yıl)	147,4	544,7	807,2
SG _S (kgCO ₂ eşd/m ³ /yıl)	0,077	0,077	0,077

Seydişehir Sulama Birliği'nde 2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait şebekeye verilen yıllık sulama suyu ve dizel yakıt kullanımına ilişkin veriler Çizelge 6'da verilmiştir. Sulama suyu kaynaktan alınıp bitki kök bölgesine iletilinceye kadar, toplam %15 iletim kaybına uğramaktadır. Dolayısıyla, sulama birliğinde kullanılan toplam sulama suyu miktarları, şebekeye verilen yıllık sulama suyu değerlerinin % 85'i alınarak belirlenmiş ve toplam dizel yakıt kullanımı hesaplanırken, bu değerler dikkate alınmıştır. Tablodan görüleceği üzere, sulama birliğinde şebekeye verilen sulama suyu miktarlarında giderek artış yaşanmış ve buna bağlı olarak, sulamada kullanılan dizel yakıt miktarları da artmıştır.

Seydişehir Sulama Birliği'nde enerji tüketimi ve değerlendirmesine ilişkin veriler Çizelge 7'de verilmiştir. Enerji tüketimi 2010 yılında toplam 11.616.348,9 MJ/yıl, 2015 yılında 29.006.792,6 MJ/yıl ve 2020 yılında 106.083.920,9 MJ/yıl olarak hesaplanmıştır. 2020 yılında enerji tüketimi, 2015 yılına oranla %265,7, 2010 yılına oranla ise %813,2 artış göstermiştir. Enerji tüketiminde bu denli bir artışın yaşanması, şebekeye verilen sulama suyu miktarlarının giderek artmasından kaynaklanmıştır.

Sulama birliği için sulanan birim alan başına tüketilen enerji miktarı (E_A), 2010 yılında 2.172,1 MJ/ha/yıl, 2015 yılında 8.028,5 MJ/ha/yıl ve 11.898,2 MJ/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu veriler, birim alan sulamasında tüketilen enerjinin giderek arttığını göstermektedir. Birim

sulama suyu için tüketilen enerji miktarı ise (E_s), her üç yıl için de aynı değere sahip olup, 1,139 MJ/m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Seydişehir Sulama Birliği'nde sera gazı emisyonu ve değerlendirme göstergelerine ilişkin veriler Çizelge 8'de verilmiştir. Toplam emisyon miktarları 2010 yılında 788.129,9 kgCO₂eşd/yıl, 2015 yılında 1.968.012,5 kgCO₂eşd/yıl ve 2020 yılında 7.197.434,2 kgCO₂eşd/yıl olarak hesaplanmıştır. Alansal gösterge değerleri (SG_A), 2010 yılında 147,4 kgCO₂eşd/ha/yıl, 2015 yılında 544,7 kgCO₂eşd/ha/yıl ve 2020 yılında 807,2 kgCO₂eşd/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Sulama suyu göstergesi (SG_s), üç yıl için de aynı değeri sahip olup, 0,077 kgCO₂eşd/m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Sulama işletmelerinde enerji tüketimine ilişkin olarak daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında; Topak ve ark. (2010), Konya koşullarında damla sulama sistemi uygulanan ve açık kanaldan sulamanın yapıldığı şeker pancarı bitkisinde, alansal gösterge değerini 23.594,5 MJ/ha, sulama suyu göstergesini ise 2,415 MJ/m³ olarak hesaplamışlardır. Yavuz ve ark. (2014), Konya-Çumra koşullarında yüzey su kaynağı vasıtasıyla sulama kanalından motopomp ile sulanan ve yağmurlama sulama sisteminin uygulandığı şeker pancarında ise alansal gösterge değerini 16.545 MJ/ha, sulama suyu göstergesi de 1,69 MJ/m³ olarak bulmuşlardır.

Sonuç

Seydişehir Sulama Birliği'nde su temin oranları, 2010 yılında 0,30, 2015 yılında 0,97 ve 2020 yılında 1,81 olarak hesaplanmıştır. Bu üç yılın ortalaması ise 1,03 olarak belirlenmiştir. 2010 yılına bakıldığında, şebekeye ihtiyaç duyulandan çok daha az su saptırıldığı, 2020 yılında ise tam tersi ihtiyacın oldukça üzerinde su saptırıldığı görülmüştür. 2015 yılında ideale oldukça yakın bir değer ortaya çıksa da, su temin oranı değerinde beş yıllık süreçlerde büyük değişimler gözlemlenmiştir.

Seydişehir Sulama Birliği'nde yapılan hesaplamalar sonucunda, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının yıllara bağlı olarak büyük oranda artış gösterdiği görülmüştür. 2020 yılında, Seydişehir Sulama Birliği'nin sorumluluk alanının genişletilmesi ve ilçedeki tek sulama birliği konumunda bulunması, haliyle yüksek enerji tüketim ve emisyon miktarını beraberinde getirir de, birim alan başına düşen su miktarı (m³/ha) değeri de bir hayli yükselmiştir. Bu durum alansal gösterge değerlerinin (E_A ve SG_A) artmasına sebep olmuş ve 2020 yılında 11. 898,2 MJ/ha/yıl ve 807,2 kgCO₂eşd/ha/yıl gösterge değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, 2010 yılındaki değerlere oranla %447,7, 2015 yılındaki değerlere oranla ise %48,2'lik bir artış göstermiştir. Sulama suyu göstergelerinde (E_s ve SG_s) ise, yıllara bağlı olarak bir değişim gerçekleşmemiştir.

Seydişehir ilçesi bölgedeki en yoğun yağış alan ilçelerden biri olsa da, sulama birliğinde kullanılan su miktarlarının giderek arttığı görülmektedir. Sulama birliğinin büyük oranda beslendiği Beyşehir Gölü'nden tarımsal sulama amaçlı çekilen su miktarlarının giderek artması, yüzey su kaynaklarının azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum, sulama birliğinde su temini açısından ilerleyen yıllarda problem teşkil edebilecektir.

Sulama birliği sahasında yetiştirilen bitkilerin sulama suyu ihtiyaçları doğrultusunda, sulama programları uygulanması ve bunun neticesinde sulama şebekesine su saptırılması gerekmektedir. Su temin oranının yıllara bağlı olarak artması söz konusu olduğu için, ihtiyacın üzerinde su saptırılıyor olması, sulamada daha yüksek enerji tüketimi ve sera gazı emisyonunu beraberinde getirecektir. Ayrıca, üreticilerin enerji maliyetleri de artacaktır.

Bilgi

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Rektörlüğü Ziraat Fakültesi Dekanlığı'nın E-29529695-050.99-108926 sayılı ve 02.08.2021 tarihli Etik kurul kararı ile yürütülmüştür.

Teşekkür

Bu makale Mehmet Akif Kalender'in Doktora tezinden yararlanarak üretilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan bazı verilerin temin edildiği Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve sulama birliği çiftçilerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim 2019. Seydişehir ilçe raporu. <https://www.mevka.org.tr/assets/upload/dosyalar/seydisehir-ilce-raporu.pdf> [Erişim 16.06.2023].
- Beyribey M. 1997, Devlet Sulama Şebekelerinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1480, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler. 813, Ankara.
- Bostancı İ. 2023. Konya Kapalı Havzası Sulama Birliklerinin Sulama Yönetimindeki Etkinlikleri ve İşletme Sorunları. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı.
- Boustead I. 2003. Eco-profiles of the European plastics industry Olefins. Brussels: Association of Plastics Manufacturers (APME).
- DSİ 2021. DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan sulama ve bataklık ıslahı tesisleri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı.
- DSİ 2022. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı verileri.
- Eliçabuk C, Topak R. 2017. Grevrekli Sulama Birliğinde Sulama Suyu İhtiyacı ve Karşılama Oranının Değerlendirilmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 31 (3): 17-23. doi: 10.15316/SJAFS.2017.30
- Gao Z, Wang C, Zhao J, Wang K, Shang M, Qin Y, Bo X, Chen F, Chu Q. 2022. Adopting different irrigation and nitrogen management based on precipitation year types balances winter wheat yields and greenhouse gas emissions. Field Crops Research. 280: 108484. doi:10.1016/j.fcr.2022.108484
- Halkacı AY. 2022. Bireysel sulama kuyu işletmeciliğinin enerji kullanımı ve buna bağlı sera gazı (SG) emisyonunun belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı. Konya.
- He G, Cui Z, Ying H, Zheng H, Wang Z, Zhang F. 2017. Managing the trade-offs among yield increase, water resources inputs and greenhouse gas emissions in irrigated wheat production systems. Journal of Cleaner Production. 164: 567-574. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.06.085
- Kaya N, Çiftçi N. 2016. Sulama Birliklerinin Tarımsal Sulama İşletmeciliğindeki Rolü, Konya Çumra Sulama Birliği Örneği. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi. 5(2): 45-57.
- Mittal JP, Dhawan KC. 1989. Energy parameters for raising crops under various irrigation treatments in Indian agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment. 25 (1989) 11-25. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(89\)90060-1](https://doi.org/10.1016/0167-8809(89)90060-1).

- Moghimi MR, Pooya M, Mohammadi A. 2014. Study on energy balance, energy forms and greenhouse gas emissions for wheat production in Gorve City. Kordestan Province of Iran Pelagia Research Library 4. 234-239.
- Mrini M, Senhaji F, Pimentel D. 2002. Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impacts on sustainable agriculture in Morocco. *Journal of Sustainable Agricultural*. 20(4):5-28. doi:10.1300/J064v20n04_03.
- Nas M. 2019. Açık ve Yeşil Alanların Konya ili Seydişehir İlçesi Örneğinde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı.
- Nisar S, Benbi DK, Toor AS. 2021. Energy budgeting and carbon footprints of three tillage systems in maize-wheat sequence of north-western Indo-Gangetic Plains. *Energy*. 229: 120661. DOI:10.1016/j.energy.2021.120661.
- Rafiee H, Aminizadeh M, Hosseini EM, Aghasafari H, Mohammadi A. 2022. A Cluster Analysis on the Energy Use Indicators and Carbon Footprint of Irrigated Wheat Cropping Systems. *Sustainability*. 14: 4014. <https://doi.org/10.3390/su14074014>.
- Topak R, Süheri S, Kara M, Çalışır S. 2005. Investigation of the energy efficiency for raising crops under sprinkler irrigation in a semi-arid area. *Applied Engineering in Agriculture*. 21 (5): 761-768. doi:10.13031/2013.19701
- Topak R, Süheri S, Acar B. 2010. Comparison of energy of irrigation regimes in sugar beet production in a semi-arid region. *Energy*. 35: 5464-5471. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.06.018>.
- Topak R, Kalender MA. 2020. Environmental Mitigation Through Irrigation Management in Sugar Beet Production. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. 34 (3): 207-213. doi: 10.24925/turjaf.v10i11.2243-2251.5581.
- Topak R, Ceran R. 2021. Energy use and related greenhouse gas emissions of groundwater-irrigated oil sunflower production. *Lucrări Științifice-Seria Agronomie*. 64(2):285-294.
- TÜİK 2023a. Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu web sayfası. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> [Erişim 18.06.2023].
- TÜİK 2023b. Tarımsal alet ve makine istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu web sayfası. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=134&locale=tr> [Erişim 18.06.2023].
- Wang Z, Zhang H, Lu X, Wang M, Chu Q, Wen X, Chen F. 2016. Lowering carbon footprint of winter wheat by improving management practices in North China Plain. *Journal of Cleaner Production*. 112(1): 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.084>.
- Yavuz D, Topak R, Yavuz N. 2014. Determining energy consumption of sprinkler irrigation for different crops in Konya Plain. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 1(3): 312-321.
- Yavuz D, Süheri S, Yavuz N. 2016. Energy and Water Use for Drip-Irrigated Potato in the Middle Anatolian Region of Turkey. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 35 (1):212-220. doi:10.1002/ep.12216
- Yousefi M, Khoramivafa M, Mondani F. 2014. Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for sugar beet (Beta vulgaris) agroecosystems in Iran. *Atmospheric Environment*. 92: 501-505. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.04.050>.
- Yürekli H. 2018. Ereğli İvriz Sağ Sahil Sulama Birliğinde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı.
- Zou X, Li Y, Li K, Cremades R, Gao Q, Wan Y, Qin X. 2015. Greenhouse gas emissions from agricultural irrigation in China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 20:295-315. doi:10.1007/s11027-013-9492-9