



## Determination of Energy Use and Greenhouse Gas Emission in Individual Deep Well Irrigation Enterprise

Abdurrahman Yusuf Halkacı<sup>1,a,\*</sup>, Ramazan Topak<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Technology, Selçuk University, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Faculty Member of Selçuk University, Konya, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 13/10/2022 Accepted : 23/11/2022</p> <p><i>Keywords:</i> Deep well Groundwater irrigation Energy use Greenhouse gas emission Konya</p>	<p>This study was conducted to determine the annual energy use and related greenhouse gas (GHG) emissions of individual deep well irrigation enterprise. That study was conducted at deep well farm belonging to one farmer with volunteer performing farming activities in Konya-Meram-Çarıklar location for the growing season of 2021. In that regard, the activities using alfalfa and dry bean production, and total production inputs with their amounts as well as crop yields were determined separately. By considering unit energy equivalent values and GHG emission factors of each input, annual energy consumption and GHG emission values were calculated. Similarly, by examining energy content and crop yield in accordance of crop production unit (kg), annual produced energy amount was calculated. The evaluation was made using energy used and energy produced as well as GHG emission values indicators at individual deep well irrigation farm. According to the results obtained, annual energy use and energy production were calculated 253035 mega-joule (MJ), and 487960 MJ, respectively for individual well irrigation farm. The electricity used during the irrigation processes resulted around 71% of annual energy consumption. The annual GHG emission amount as an equivalent to the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>eqv) for research farm with GWI was determined as 18575 kg (18575 kgCO<sub>2</sub>eqv year<sup>-1</sup>). Almost 52% of annual GHG emission was resulted from electricity used in irrigation.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(11): 2243-2251, 2022

## Bireysel Derin Kuyu Sulama İşletmesinde Enerji Kullanımı ve Sera Gazı Emisyonunun Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 13/10/2022 Kabul : 23/11/2022</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Derin kuyu Sulama Enerji kullanımı Sera gazı emisyonu Konya</p>	<p>Bu çalışmada, bireysel yeraltısuyu (YAS) sulama kuyu işletmesinde yıllık enerji kullanımı ve sera gazı (SG) salımının belirlenmesi ve mevcut durumun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma, 2021 yetiştirme yılında Konya Meram Çarıklar mevkiinde YAS sulama kuyusu bulunan bir çiftçinin işletmesinde yürütülmüştür. Bu kapsamda işletme de yetiştirilen yonca ve kuru fasulye için gerçekleştirilen faaliyetler ve faaliyetlerde kullanılan üretim girdileri ve miktarları ile ürün verimleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Girdilerin her birinin birim enerji eş değerleri ve SG emisyon faktörleri dikkate alınarak; işletmenin yıllık enerji kullanımı ve SG emisyon değerleri hesaplanmıştır. Benzer şekilde üretilen ürünlerin birimine (kg) ilişkin enerji içeriği ve ürün verimi dikkate alınarak, yıllık üretilen enerji miktarı hesaplanmıştır. Bireysel kuyu sulama işletmesi için enerjinin kullanılan ve üretilen miktarları ile SG emisyonu değerleri ilgili göstergeler yardımıyla değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bireysel kuyu sulama işletmesinin yıllık enerji tüketimi 253035 megajul (MJ) ve enerji üretimi ise 487960 MJ olarak belirlenmiştir. Yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %71'i sulama işleminde tüketilen elektrikten oluşmuştur. Araştırmanın yürütüldüğü YAS kuyu işletmesinin yıllık SG emisyon miktarı, karbondioksit eşdeğeri (CO<sub>2</sub>eşd) cinsinden 18575 kg (18575 kgCO<sub>2</sub>eşd yıl<sup>-1</sup>) olarak belirlenmiştir. Yıllık SG emisyonunun yaklaşık %52'sinin sulamada tüketilen elektrik kaynaklı olduğu belirlenmiştir.</p>

<sup>a</sup> [yusuf.halkaci.yh@gmail.com](mailto:yusuf.halkaci.yh@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8341-5708> | [rtopak@selcuk.edu.tr](mailto:rtopak@selcuk.edu.tr)

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3748-2720>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Konya bölgesi yarı kurak bir iklime sahip olup, yıllık yağışın alansal dağılımı 280 ile 600 mm arasında değişmektedir. Ancak, Konya ovası'nın yer aldığı çok büyük bir bölümde yıllık yağış miktarı 300-350 mm civarında olup, Türkiye'de en az yağış düşen alanı oluşturmaktadır. Dolayısıyla bölgede çok büyük bir alanda yağışa dayalı olarak buğday, arpa, yulaf, çavdar, nohut gibi az sayıda bitkinin üretimi yapılabilmekte ve bunların da verimi düşük seviyede gerçekleşmektedir. DSİ (2021) verilerine göre, Konya 2,94 milyar m<sup>3</sup>'ü yerüstü, 1,5 milyar m<sup>3</sup>'ü yeraltı olmak üzere toplam 4,45 milyar m<sup>3</sup> su potansiyeline sahiptir. Ancak toplam su potansiyelin kullanılabilir miktarı 2,5 milyar m<sup>3</sup> civarında olup, yeraltı suları (YAS) temel sulama suyu kaynağını oluşturmaktadır. Konya'nın toplam tarım alanının 1,86 milyon ha olduğu ve tamamına yakınının sulamaya uygun olduğu dikkate alındığında, su kaynakları varlığının çok kısıtlı olduğu görülmektedir. Konya ilinde günümüze kadar 135 bin hektarı YAS sulama kooperatifleri ve 169 bin hektarı da yerüstü su (YÜS) kaynaklarından olmak üzere devletçe planlı şekilde yaklaşık 304 bin ha tarım alanı sulamaya açılmış durumdadır (DSİ, 2020a). Bunun dışında Konya bölgesinde YAS kaynakları ile ruhsatlı çiftçi kuyularından 143 bin ha ve ruhsatsız çiftçi kuyuları ile 205 bin ha olmak üzere toplam 348 bin ha civarında tarım alanının sulamaya açılmış olduğu da tahmin edilmektedir. DSİ (2020b) göre Konya bölgesinde ruhsatlı 22006 ve ruhsatsız 41071 olmak üzere toplam 63077 adet bireysel YAS sulama kuyusu bulunmaktadır. Bu veriler birlikte değerlendirildiğinde, Konya ilinde günümüzde 652 bin hektar alan sulanmakta olup, bunun yaklaşık 483 bin hektarı YAS kaynaklarından sulanmaktadır. Görüldüğü üzere, il düzeyindeki sulama alanının yaklaşık %74'ünün sulama suyu ihtiyacı YAS kaynaklarından kuyularla karşılanmaktadır. Bölgede sulama kuyuları önemli bir enerji tüketicisidir. Özellikle plansız şekilde açılan ruhsatsız kuyularla emniyetli rezervin dışında aşırı çekim yapıldığı için havzada YAS seviyesi her yıl daha aşağıya düşmektedir. Bu durum, tarımda enerji tüketimini arttırmakta ve dolayısıyla sulama masraflarını ve seragazı (SG) salımını arttırmaktadır. Kısacası Konya Ovasında sulama önemli bir enerji kullanıcısı ve önemli bir seragazı emisyon unsurdur. Bazı araştırmacılara göre (Mirini ve ark., 2002; Singh ve ark., 2003; Topak ve ark., 2005; Mantineo ve ark., 2009; Topak ve ark., 2010), çeşitli bitkilerin üretimine ilişkin enerji analizleri, sulamanın diğer işlemlere kıyasla önemli miktarda enerji tükettiğini ve sulama ile tüketilen enerjinin büyük bir kısmının yenilenemeyen fosil enerjiden sağlandığını ortaya koymuştur.

Tarımsal üretim hem bir enerji kullanıcısı hem de enerji üretici bir sistemdir. Bitkiler, biyokütle üretmek için güneş enerjisini kullanırken, ana karbon kaynağı olarak atmosferik karbondioksiti (CO<sub>2</sub>) kullanmaktadır. Tarım, güneş enerjisini biyokütleye dönüştüren ürünler yetiştirerek enerji üretir ve bu da insanlara ve hayvanlara enerji sağlar. Ancak tarım; tohum, motorin, elektrik, gübre, bitki koruma kimyasalları, makine ve insan emeği gibi büyük miktarda enerji girdisi kullanır. Son yirmi yılda, enerji tüketiminin yanı sıra sera gazı emisyonu ve küresel ısınma potansiyeli (GWP) konuları da tarımsal üretim

sistemlerinde kritik öneme sahip hale gelmiştir (Khoshnevisan et al., 2013). Çünkü bitkisel üretimde yapılan üretim faaliyetleri sonucunda karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve CO<sub>2</sub> olmayan gazlar (N<sub>2</sub>O: nitroz oksit; CH<sub>4</sub>: metan) gibi sera gazları üretildiğinden, doğal sera etkisini artırır. Bununla birlikte, tarımsal bitkiler, fotosentez süreci yoluyla havadaki CO<sub>2</sub>'yi kullanarak azaltırken, kendisinin üretimi de bir sera gazı emisyonu kaynağıdır.

İklim değişikliği ile mücadele, uyum ve azaltım başlıkları altında değerlendirilmektedir (Black ve ark., 2011). Yeşil alanların artırılması iklim değişikliği ile mücadelede azaltım başlığı altında değerlendirilmektedir (Spittlehouse ve Stewart, 2003). Bu da göstermektedir ki tarımsal amaçlı bitkisel üretim de doğrudan azaltıma katkı sağlamaktadır. Ancak bitkisel üretim faaliyetleri neticesi açığa çıkan ve iklim değişikliğine katkı sunan sera gazlarının minimal seviyede olması büyük önem arz etmektedir.

Birçok araştırmacı dünyanın farklı yerlerindeki SG emisyonlarını CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak tahmin etmişlerdir. Sözelimi Zao ve ark. (2015) Çin'deki tarımsal sulamadan kaynaklanan SG emisyonlarını 36,72–54,16 Mt CO<sub>2</sub> eş değerine tekabül ettiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Qureshi (2014) Pakistan'da YAS kaynaklarından yapılan sulamanın sonucu olarak atmosfere yaklaşık 3,8 Mt karbon (C) yayıldığını rapor etmiştir. Sulama suyu pompalama ve taşıma, tarım sektöründeki enerji faaliyetlerinden kaynaklanan toplam emisyonların %50-70'ini oluşturmaktadır. YAS kaynaklarından suyu pompalama, toplam emisyonların %61'ini oluşturan en büyük emisyon kaynağıdır (Reddy ve ark., 2015). Bununla birlikte, basınçlı sulama gibi gelişmiş sulama uygulama yöntemlerinin benimsenmesi, uygulama verimliliğini artıracak ve bu da yeraltı suyu çekimlerini azaltacaktır. Bu durum, enerji tüketiminde ve ardından da yeraltı suyu kullanımının karbon emisyonunun da %40'lık bir düşüşe yol açacaktır (Karimi ve ark., 2012).

Konya havzası düşük yağışa ve kısıtlı su kaynaklarına sahiptir; ancak Konya ovası, Türkiye'deki en önemli tarımsal üretim alanlarından biridir ve sulama tarımsal üretim için vazgeçilemez bir zorunluluktur. Sulama suyu ihtiyacının çok büyük bir bölümü YAS kaynaklarından karşılanmakta ve aşırı çekim nedeniyle su tablası sürekli düşüş göstermektedir. Havzada bireysel YAS sulama kuyu işletmeciliğine ilişkin enerji kullanımı ve sera gazı salımına ilişkin herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı; bireysel derin kuyu sulama işletmesinin yıllık enerji tüketimi ve sera gazı emisyonunun belirlenmesidir.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırmanın arazi çalışması Konya–Meram'da Çarıklar mahallesinde derin kuyuya sahip bir çiftçi işletmesinde 2021 yılı üretim döneminde yürütülmüştür. Konya iline ait uzun yıllar (1985-2020) ortalaması değerler olarak bazı iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge verilerine göre; yıllık ortalama sıcaklık 11,8°C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay -0,3°C ile Ocak ayı, en sıcak ay ise 24°C ile Temmuz ayıdır. Yıllık ortalama toplam buharlaşma 1352,5 mm, ortalama yıllık

yağış miktarı ise 329 mm olup, yağışların %33,4'ü kış ve %31,6'sı ilkbahar mevsiminde düşmektedir. Ortalama nispi nem %59,5 olup, nispi nem miktarları %40,1 ile %79,8 arasında değişmektedir. En düşük nispi nem temmuz ve ağustos aylarında, en yüksek nispi nem ise aralık ayında gerçekleşmektedir.

Bu çalışmada, bireysel derin kuyu sulama işletmesinde yıllık enerji kullanımı ve sera gazı emisyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Konya-Merame-Çarıklar yerleşim biriminde bireysel YAS kuyusu bulunan çiftçi işletmesinde yürütülmüştür. Çalışma 2021 yılı üretim sezonunu kapsamıştır. Seçilen işletmede, 2021 yılında 39 dekar yonca ile 7,5 dekar kuru fasulye parseli olmak üzere toplam 46,5 dekar alanda sulu üretim yapılmıştır. İşletmede 2021 yılında bu iki bitkinin üretiminde kullanılan elektrik, akaryakıt ve gübre miktarları ile hasat edilen ürün miktarları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu işletmeye, üretim aşamasında hiçbir şekilde yönlendirme yapılmamıştır. İşletmedeki yoncada 2021 yılı üretim döneminde 5 biçim yapılmış olup, yine 5 kez de balyalama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşletmenin YAS kuyusuna ilişkin bazı teknik bilgiler Çizelge 3'de verilmiştir. Kuyunun elektrik tüketimi, kuyuya ait elektrik sayacında ilk sulama öncesi ve son sulamadan sonra okuma yapılarak belirlenmiştir. YAS kuyusunun ürünler bazında sulama süreleri ve sezonluk uygulanan sulama suyu miktarları

Çizelge 4'de verilmiştir. Üretimde traktör ve makine kullanımı verileri Çizelge 5'de verildiği gibi tespit edilmiştir. Traktör ve makine yapım enerji değerleri, onların saat olarak bilinen toplam faydalı ömürlerine bölünerek, saat (h) başı enerji değerleri MJ h<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Mekanizasyona dayalı tarımsal işlemlerde tüketilen yakıt miktarı, toplam olarak işletmenin kayıtlarından belirlenmiştir. Söz konusu bitkilerin üretiminde kullanılan girdiler ile ürünün birim miktarının (kg) sahip olduğu enerji değerleri literatürlerden derlenerek Çizelge 6'da verilmiştir. Benzer şekilde, üretim girdilerinin birim miktarının, karbondioksit eş değeri (CO<sub>2</sub>eşd) olarak kg cinsinden sera gazı emisyon faktör değerleri de literatürden derlenerek Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 2'den görüleceği gibi, işletmede 2021 yılında kuyu elektrik tüketimi 17465 kWh olmuştur. Yine işletmenin yıllık dizel yakıt tüketimi 912,5 L, azot tüketimi 652 kg ve fosfor kullanımı ise 401 kg olarak gerçekleşmiştir. Aynı çizelgeye göre, işletmede 2021 yılında 50 ton kuru yonca ve 2 ton kuru fasulye danesi olmak üzere toplam 52 ton ürün üretilmiştir. Çizelge 4 verileri incelendiğinde ise, YAS kuyusu 2021 yılında toplam 450 saat çalışarak, yonca için 37440 m<sup>3</sup> ve kuru fasulye için 5760 m<sup>3</sup> olmak üzere toplam 43200 m<sup>3</sup> sulama suyu pompalanmıştır.

Çizelge 1. Uzun yıllar (1929-2021) ortalaması iklim verileri (MGM,2022)

Table 1. The long - term (1929-2021) average climate data

İklim Elemanları	Aylar												Ort/Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık, °C	-0,2	1,5	5,6	11,1	15,9	20,1	23,5	23,3	18,8	12,8	6,5	1,7	11,7
Güneşlenme, h	3,3	4,6	5,9	7,2	9	10,7	11,8	11,4	9,7	7,3	5,3	3,2	7,4
Yağış, mm	38,1	28,5	29,3	32	43,1	26,1	7,5	6,4	13,5	29,5	32,2	43,2	329,4
*Buharlaşma, mm	-	-	-	94,7	166,3	225,3	286,9	266,7	186,1	107,6	19	-	1352,5

\*:1985-2020 dönemi (MBM, 2021)

Çizelge 2. İşletmenin 2021 yılı üretim bilgileri

Table 2. Production information of the enterprise for 2021 year.

Üretim Alanı (da)	Direk Enerji Kullanımı		Gübre kullanımı		Ürünler
	Elektrik Tüketimi (kWh)	Dizel Tüketimi (L)	Azot (Kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg)	
Yonca	39	15136	877,5	604	50000
Kuru Fasulye	7,5	2329	35	48	2000
İşletme Geneli	46,5	17465	912,5	652	52000

Çizelge 3. Derin kuyuya ilişkin teknik bilgiler

Table 3. Technical informations about deep well

Kuyu Derinliği (m)	Pompa Derinliği (m)	Statik Derinlik (m)	Kuyu Debisi (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )
80	60	40	96

Çizelge 4. Sulama kuyusunun 2021 yılı çalışma bilgileri

Table 4. Operational informations of irrigation well for 2021

	Yonca		Kuru Fasulye		İşletme Geneli	
	Sulama Süresi	Çekilen Su Miktarı	Sulama Süresi	Çekilen Su Miktarı	Sulama Süresi	Çekilen Su Miktarı
	(h)	(m <sup>3</sup> )	(h)	(m <sup>3</sup> )	(h)	(m <sup>3</sup> )
Yıllık Toplam	390	37440	60	5760	450	43200

**YAS Kuyusu İşletmesinin Enerji Analizleri**

Bireysel sulama kuyusu işletmesinin enerji verimliliğini değerlendirebilmek için üretilen enerji (TE<sub>T</sub>) miktarı ile üretilen enerji (ÜE<sub>T</sub>) miktarının analize gereksinim vardır. Bu kapsamda, bireysel sulama kuyusu işletmesinde tarımı yapılan bitkilerin 2021 yılı üretim girdilerinin kullanım miktarları ile elde edilen ürün miktarları belirlenmiştir. Belirlenen üretim girdi miktarları ve ürün miktarları enerji eş değerine dönüştürülerek, Megajul (MJ) enerji biriminde ifade edilmiştir. Bunun için kullanılan her bir üretim girdisinin miktarı, Çizelge 6'da verilen enerji katsayısı ile çarpılarak hesaplama yapılmıştır. Üretimde kullanılan Traktör ve diğer makinelerin faydalı ömürleri literatürden (ASAE, 1999) derlenmiştir. Aynı şekilde işletmede üretilen ürünlerin miktarları, Çizelge 6'da verilen enerji katsayıları ile çarpılarak, işletmede 2021 yılında üretilen toplam enerji miktarı hesaplanmıştır.

YAS sulama kuyusu işletmesinin yıllık toplam enerji tüketimi (TE<sub>T</sub>) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$TE_T = E \times E_1 + D \times E_2 + F \times E_3 + M \times E_4 + TR \times E_5 + HP \times E_6$$

Formülde;

TE<sub>T</sub>; YAS kuyusu sulama işletmesinin yıllık enerji tüketimi (MJ ha<sup>-1</sup>),

E; Derin kuyunun yıllık elektrik tüketimi (kWh),

E<sub>1</sub>; Elektrik enerji katsayısı (MJ kWh<sup>-1</sup>),

D; İşletmede bitkisel üretimde tüketilen yıllık dizel yakıtı (L),

E<sub>2</sub>; Dizelin enerji katsayısı (MJ L<sup>-1</sup>),

F; Bitkilerde kullanılan gübre miktarı (kg),

E<sub>3</sub>; Gübrelerin enerji katsayısı (MJ kg<sup>-1</sup>),

M; Üretimde makine kullanım süresi (h),

E<sub>4</sub>; Makinelerin enerji katsayısı (MJ h<sup>-1</sup>),

TR; Üretimde Traktör kullanım süresi (h),

E<sub>5</sub>; Traktör enerji katsayısı (MJ h<sup>-1</sup>),

HP; İnsan işgücü kullanımı(h),

E<sub>6</sub>; İnsan işgücü enerji katsayısı (MJ h<sup>-1</sup>) değerlerini göstermektedir.

YAS sulama kuyusu işletmesinde yıllık üretilen toplam enerji miktarı (ÜE<sub>T</sub>) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$\dot{U}_{E_T} = \dot{U}_Y \times E_Y + \dot{U}_F \times E_F$$

Formülde;

ÜE<sub>T</sub>; Yıllık üretilen enerji miktarı (MJ),

Ü<sub>Y</sub>; Yonca bitkisi ürün miktarı (kg),

E<sub>Y</sub>; Yonca birim ağırlığı enerji eşdeğeri (MJ kg<sup>-1</sup>),

Ü<sub>F</sub>; Kuru fasulye bitkisi ürün miktarı (kg),

E<sub>F</sub>; Kuru fasulye danesi birim ağırlığı enerji eşdeğeri (MJ kg<sup>-1</sup>), değerlerini göstermektedir.

Bir üretim sisteminin enerji verimliliği bazı göstergeler yardımıyla değerlendirilebilmektedir. Bu maksatla çalışmada; alansal (1 hektar alan) ve spesifik (tüketilen 1 MJ enerji ve uygulanan 1 m<sup>3</sup> sulama suyu) olmak üzere iki foksiyonel birim seçilmiştir. Bu kapsamda birim alan (ha) sulama enerjisi (SE<sub>A</sub>), birim alanda tüketilen enerji (TE<sub>A</sub>), birim alanda üretilen enerji (ÜE<sub>A</sub>), net enerji kazancı (NEK<sub>A</sub>), üretilen-tüketilen enerji (ÜTE) oranı, enerji üretkenliği (EP) ve sulama suyu enerji üretkenliği (SSEÜ) gibi temel göstergeler dikkate alınmıştır. SE<sub>A</sub>, YAS kuyusu yıllık enerji tüketiminin suladığı işletme alanına bölümü ile hesaplanmıştır. TE<sub>A</sub>, üretimde tüketilen yıllık enerji miktarının üretim alanı büyüklüğüne bölümü ile belirlenmiştir. ÜE<sub>A</sub>, işletmede üretilen yıllık enerji miktarının üretim alanına bölünmesiyle hesaplanmıştır. NEK<sub>A</sub>, hektar başına üretilen enerji miktarından tüketilen enerji miktarı çıkarılarak hesaplanmaktadır. ÜTE oranı, birim alan (ha) başına üretilen enerjinin tüketilen enerjiye oranını göstermektedir. EP, tüketilen 1 MJ enerjiye karşılık üretilen ürün miktarını ifade etmektedir. SSEÜ, birim alan (ha) başına üretilen enerji miktarının birim alana uygulanan sulama suyu miktarına bölümü ile hesaplanmaktadır.

Çizelge 5. İşletmede Traktör ve makine kullanım bilgileri

Table 5. Tractor and machine use in the enterprise in 2021

	Traktör (h)	Pulluk (h)	Kültivatör (h)	Ekim Makinesi (h)	Çapa Makinesi (h)
Yonca	136	-	-	-	-
Kuru Fasulye	7	2	1	1	1,5
İşletme Geneli	143	2	1	1	1,5
	Biçme Makinesi (h)	Balya Makinesi (h)	Hasat İşçiliği(h)	Harman Makinesi (h)	
Yonca	78	58,5*	-	-	
Kuru Fasulye	-	-	180	1,5	
İşletme Geneli	78	58,5	180	1,5	

Çizelge 6. Bireysel kuyusu sulama işletmesinde üretim girdileri ve çıktılarının (ürün) enerji eş değerleri

Table 6. Energy equivalents of production inputs and outputs in individual well irrigation enterprise

A-Üretim Girdileri	Enerji Katsayısı	Referanslar
Elektrik	10.28 MJ kWh <sup>-1</sup>	Acaroğlu (2001)
Dizel Yakıtı	40.68 MJ L <sup>-1</sup>	Boustead (2003)
Azot (N)	38 MJ kg <sup>-1</sup>	Tzilivakis ve ark. (2005)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12 MJ kg <sup>-1</sup>	Tzilivakis ve ark. (2005)
Makine	49.35 MJ kg <sup>-1</sup>	Hacıseferoğulları ve Acaroğlu (2015)
Traktör	71.38 MJ kg <sup>-1</sup>	Acaroğlu ve Aksoy (2005)
İşgücü	1.87 MJ h <sup>-1</sup>	Fluck (1992)
B-Ürün çıktısı		
Kuru Fasulye (dane)	12.73 MJ kg <sup>-1</sup>	Alonso ve Guzman (2010)
Yonca (kuru ot)	9.25 MJ kg <sup>-1</sup>	Alataş ve ark. (2016)

Çizelge 7. Üretim girdilerinin seragazı (SG) emisyon faktörleri

Table 7. Greenhouse gas (GHG) emission factors of production inputs

Üretim Girdileri	Emisyon faktörü	Referanslar
Elektrik	0,55 kg CO <sub>2</sub> eşd kWh <sup>-1</sup>	Dulkadiroğlu (2018)
Dizel Yakıtı	2,76 kg CO <sub>2</sub> eşd L <sup>-1</sup>	Dyer ve Desjardins (2003)
İnsan İş gücü	0,7 kg CO <sub>2</sub> eşd h <sup>-1</sup>	Nguyen ve Hermansen (2012)
Azot (N)	7,759 kg CO <sub>2</sub> eşd kg <sup>-1</sup>	Chen ve ark. (2015)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,332 kg CO <sub>2</sub> eşdkg <sup>-1</sup>	Chen ve ark. (2015)
Traktör-Makine	0,071 kg CO <sub>2</sub> eşd MJ <sup>-1</sup>	Dyer ve Desjardins (2006)

Çizelge 8. İşletmede 2021 yılında girdiler bazında tüketilen enerji miktarı

Table 8. The amounts of energy consumed the based-on inputs in the enterprise in 2021

Üretim Girdileri	Yonca			Kuru Fasulye			İşletme Geneli
	Birim	KM	Enerji Değeri (MJ)	Birim	KM	Enerji Değeri (MJ)	Enerji Tüketimi (MJ)
Dizel yakıtı	L	877,5	35697	L	35	1424	37120
Elektrik	kWh	15136	155598	kWh	2329	23942	179540
Traktör	h	136	2829	h	7	145	2974
Makineler							3460
Pulluk	h			h	2	15	15
Kültivatör	h			h	1	8	8
Mibzer	h			h	1	26	26
Bıçme makinesi	h	78	1014				1014
Balya makinesi	h	59	2330				2330
Harman makinesi	h	-	-	h	1,5	55	55
Ara çapa makinesi	h	-	-	h	1,5	12	12
İşgücü	h	-	-	h	180	353	353
Gübre							29588
Azot	kg	604	22952	kg	48	1824	24776
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg	366	4392	kg	35	420	4812

KM: Kullanılan Miktar

Çizelge 9. YAS Kuyu İşletmesi 2021 yılı enerji tüketimi ve enerji üretim değerleri

Table 9. In 2021, total energy consumption and energy production in the enterprise

	SKET (MJ yıl <sup>-1</sup> )	TE <sub>T</sub> (MJ yıl <sup>-1</sup> )	Ürün Miktarı (kg yıl <sup>-1</sup> )	ÜE <sub>T</sub> (MJ yıl <sup>-1</sup> )	İşletme Net Enerji Kazancı (MJ yıl <sup>-1</sup> )
Yonca	155598	224812	50000	462500	237688
Kuru Fasulye	23942	28223	2000	25460	-2763
İşletme Geneli	179540	253035	52000	487960	234925

SKET: Sulama Kuyusu Enerji Tüketimi

Çizelge 10. Derin kuyu sulama işletmesi için enerji verimliliği değerlendirme göstergeleri

Table 10. Energy efficiency assessment indices for the enterprise

Alansal Göstergeler				Spesifik Göstergeler		
SE <sub>A</sub> (MJha <sup>-1</sup> )	TE <sub>A</sub> (MJha <sup>-1</sup> )	ÜE <sub>A</sub> (MJha <sup>-1</sup> )	NEK <sub>A</sub> (MJ ha <sup>-1</sup> )	ÜTE Oranı	EP (kg MJ <sup>-1</sup> )	SSEÜ (MJ m <sup>-3</sup> )
38610	54416	104937	50521	1.93	0.20	11.3

Çizelge 11. İşletmenin 2021 yılı sera gazı (SG) salımı miktarı

Table 11. Greenhouse gas emission amount in the enterprise for 2021

	Elektrik (kg	Dizel yakıtı (kg	Azot (kg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg	Traktör+Makine (kg	Toplam SG Salımı
	CO <sub>2</sub> eşd)	CO <sub>2</sub> eşd)	CO <sub>2</sub> eşd)	CO <sub>2</sub> eşd)	CO <sub>2</sub> eşd)	(kg CO <sub>2</sub> eşd)
İşletme Geneli	9606	2518	5058	935	457	18575
Yonca	8325	2422	4686	853	438	16724
Kuru Fasulye	1281	97	372	82	19	1851

YAS Kuyu İşletmesi Sera Gazı Emisyon Göstergeleri

YAS İşletme Geneli (kg CO <sub>2</sub> eşd kuyu <sup>-1</sup> )	Alansal SG Emisyonları (kg CO <sub>2</sub> eşd ha <sup>-1</sup> )	Spesifik SG Emisyonları (kg CO <sub>2</sub> eşd t <sup>-1</sup> ürün)
18574	3994	357

### Sera Gazı Emisyon Analizleri

Bireysel YAS kuyu işletmesinde bitkisel üretimin çevresel etkisini değerlendirebilmek için SG emisyonlarının hesaplaması yapılmıştır. Bu kapsamda işletmedeki yıllık üretimde kullanılan her bir üretim girdisinin SG emisyonları ayrı ayrı hesaplanarak, YAS kuyu işletmesi için toplam sera gazı emisyonları elde edilmiştir. Üretim girdileri için SG emisyonları, Çizelge 7'de sunulan emisyon faktörü değerleri kullanılarak karbondioksit eş değeri (kgCO<sub>2</sub>eşd) sisteminde hesaplanmıştır. İşletme için sera gazı emisyonları, girdi miktarının (dizel yakıt, gübreler, makine-ekipman ve sulama için kullanılan elektrik) ona karşılık gelen kgCO<sub>2</sub>eşd emisyon faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanarak, toplam salınan sera gazı emisyonları CO<sub>2</sub> eşdeğeri (kg CO<sub>2</sub>eşd) olarak belirlenmiştir.

Bireysel sulama kuyu işletmesinin 2021 yılı sera gazı emisyonu (kg CO<sub>2</sub>eşd yıl<sup>-1</sup>) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$SG_T = E \times EF_1 + D \times EF_2 + G \times EF_3 + M \times EF_4 + \dot{I}G \times EF_5$$

Formülde;

SG<sub>T</sub>; YAS kuyu işletmesi SG emisyon miktarı (kg CO<sub>2</sub>eşd),

E; Elektrik tüketim miktarı (kWh),

EF<sub>1</sub>; Elektrik emisyon faktörü (kg CO<sub>2</sub>eşd kWh<sup>-1</sup>),

D; Tüketilen dizel miktarı (L),

EF<sub>2</sub>; Dizel yakıtı için emisyon faktörü (kg CO<sub>2</sub>eşd L<sup>-1</sup>),

G; Kullanılan gübre miktarları (kg),

EF<sub>3</sub>; Gübrelerin emisyon faktörü (kg CO<sub>2</sub>eşd kg<sup>-1</sup>),

M; Traktör ve makina kullanımı kaynaklı enerji miktarı (MJ),

EF<sub>4</sub>; Traktör ve makine enerjisi için emisyon faktörü (kg CO<sub>2</sub>eşd MJ<sup>-1</sup>),

İG; İnsan işgücü kullanımı (h),

EF<sub>5</sub>; İnsan işgücü emisyon faktörü (kg CO<sub>2</sub>eşd h<sup>-1</sup>).

Bireysel sulama kuyu işletmesi için SG emisyonlarının sonuçlarını değerlendirmek için; YAS kuyu işletmesi SG emisyonları (SG<sub>K</sub>), spesifik SG emisyonları (SG<sub>S</sub>) ve alansal SG emisyonları (SG<sub>A</sub>) olmak üzere üç fonksiyonel gösterge seçilmiştir. SG<sub>K</sub>, YAS kuyu işletmesinde yıllık salınan kgCO<sub>2</sub>eşd miktarını ifade etmek için gereklidir. SG<sub>S</sub>, bir kg ürün başına salınan kgCO<sub>2</sub>eşd miktarını değerlendirmek için tanımlanır. SG<sub>A</sub>, üretimin yapıldığı arazisinin hektarı başına yayılan kgCO<sub>2</sub>eşd miktarını değerlendirmek için kullanılır.

### Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### Sulama İşletmesi Enerji Tüketimi

Araştırmanın yürütüldüğü bireysel derin kuyu sulama işletmesinde 2021 yılında gerçekleştirilen bitkisel üretimde tüketilen enerji (TE<sub>T</sub>) miktarı, üretilen bitkilere göre hesaplanarak Çizelge 8'de, işletmenin yıllık sulama enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimi ve enerji üretimi değerlerine ilişkin verileri ise Çizelge 9'da verilmiştir. Bu tablo verilerine göre, çiftçi YAS sulama işletmesinde, 2021 yılında tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %97'sini elektrik, dizel yakıtı ve gübreden oluşan üç üretim girdisi oluşturmuştur. İşletmede gerçekleştirilen bitkisel üretimde toplam 253035 MJ enerji kullanılmıştır. Bu miktarın

224812 MJ (%88,8) yonca üretiminde ve 28223 MJ (%11,2) ise kuru fasulye tarımında kullanılmıştır. İşletmede kullanılan enerjinin 179540 MJ (%71) gibi çok büyük bir bölümü sulama işleminde tüketilen elektriğe aittir (Çizelge 9). Bunu 37120 MJ (%14,7) ile tarımsal faaliyetlerde traktör tarafından tüketilen dizel yakıtı ve 29588 MJ (%11,7) ile gübre izlemiştir (Çizelge 8). Bu verilerden de görüldüğü gibi bireysel YAS sulama işletmesinde sulama işlemi en büyük enerji tüketicisidir. Bitkisel üretimde enerji tüketimi üzerine daha önce yapılan pek çok araştırmada da sulama işleminin en çok enerji tüketen faaliyet olduğu bildirilmiştir. Tarımsal kurak bölgelerde, sulama yoluyla enerji girdisi, en önemli enerji girdisidir. Nitekim Topak ve ark. (2010) Konya koşullarında yaptıkları bir çalışmada şekerpancarı üretiminde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %69,5'nin sulama işleminde tüketildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Konya yöresinde Yavuz ve ark. (2016) tarafından yapılan bir araştırmada, patates tarımında tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %44'nün sulama işleminden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Karimi ve ark. (2008) şeker kamışı tarımında, sulama işleminin en önemli enerji kullanıcısı olduğunu ve toplam enerji girdisinin %43'nün sulamadan kaynaklandığını, Mrini ve ark. (2001) ise Fas koşullarında %50'sinin sulamada tüketildiğini bildirmişlerdir. Rafiee ve ark. (2022) İran'da sulu buğday üretimi koşullarında ortalama enerji girdisinin yaklaşık %23-53 arasında değişen oranının sulamada tüketildiğini bildirmektedirler.

#### Enerji Üretimi ve Enerji Göstergeleri

Çiftçi YAS sulama işletmesinde 2021 yılında üretilen toplam ürün miktarı ve ürünlerin enerji miktarlarına ilişkin veriler Çizelge 9'da verilmiştir. Çizelgeye göre Bireysel YAS sulama işletmesinde 2021 üretim döneminde toplam 487960 MJ enerji üretimi (ÜE<sub>T</sub>) gerçekleştirilmiştir. Bunun yaklaşık 462500 MJ' u yonca bitkisinden ve 25460 MJ' u ise kuru fasulye bitkisinden elde edilmiştir. Görüldüğü gibi bu YAS işletmesindeki enerji üretiminin çok büyük bir kısmı (%94,8) yonca bitkisinden elde edilmiştir. Bireysel YAS işletmesinin yıllık net enerji kazancı ise 234925 MJ kadardır. Çizelge 9'dan görüldüğü gibi, işletmede üretilen kuru fasulye danelerinin enerji miktarı, kuru fasulye üretiminde tüketilen toplam enerji miktarından daha azdır. Dolayısıyla işletmede yapılan kuru fasulye tarımından bir enerji kazancı sağlanamamıştır. Yonca tarımının yıllık net enerji kazancı ise 237688 MJ olarak gerçekleşmiştir.

Bireysel derin kuyu sulama işletmesinde enerji verimliliği alansal ve spesifik olmak üzere iki farklı açıdan değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ele alınan göstergeler ve hesaplanan değerleri Çizelge 10'da verilmiştir. Alansal bazlı enerji göstergeleri dikkate alındığında; işletmede hektar başına tüketilen enerji miktarı 54416 MJ ha<sup>-1</sup> olup, bunun yaklaşık 38610 MJ ha<sup>-1</sup>'i YAS kuyusundan yapılan sulama işleminde kullanılmıştır. Bu verilerden de görüldüğü gibi, işletmede hektar başına tüketilen enerjinin yaklaşık %71'ini YAS ile yapılan sulamada kullanılan elektrik oluşturmaktadır. İşletmede birim alana (ha) düşen üretilmiş enerji miktarı 104937 MJ ha<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiş olup, işletmenin hektar başına net enerji kazancı ise 50521 MJ ha<sup>-1</sup> kadardır.

İşletme için üretilen- tüketilen enerji (ÜTE) oranı 1,93 olarak belirlenmiştir. Yani işletmede tüketilen birim enerjiye karşılık yaklaşık iki birim enerji üretilebildiği görülmektedir. İşletmede, tüketilen 1 MJ enerji ile üretilen ürün miktarını ifade eden enerji üretkenliği (EP) değeri ise 2021 yılında 0,20 kg MJ<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yani, 1 MJ enerji tüketimine karşılık 0,20 kg (200 gram) ürün üretilmiştir. İşletmede tarımı yapılmış olan her iki bitkinin de bölgede sulamasız üretimi mümkün değildir. Bu nedenle sulama suyu enerji üretkenliği göstergesi bu tip alanlarda önemli bir parametredir. İşletmede 2021 yılı için gerçekleştirilmiş olan sulama suyu enerji üretkenliği (SSEÜ) 11,3 MJ m<sup>-3</sup> olarak hesaplanmıştır. Yani 1 m<sup>3</sup> sulama suyuna karşılık 11,3 MJ değerinde enerji üretimi gerçekleştirilmiştir.

### **Derin Kuyu Sulama İşletmesi SG emisyonları**

Bireysel kuyu sulama işletmesine ilişkin SG emisyonlarının sonuçları, Çizelge 11'de verilmiştir. Çizelge 11'den görüldüğü üzere, işletmede 2021 yılında gerçekleştirilen bitkisel üretimde açığa çıkan sera gazı emisyonu toplam 18575 kgCO<sub>2</sub>eşd yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın 16724 kgCO<sub>2</sub>eşd (%90) yonca üretiminde ve 1851 kgCO<sub>2</sub>eşd (%10) ise kuru fasulye tarımında gerçekleşmiştir. İşletmede 2021 yılında gerçekleşen toplam sera gazı emisyonunun 9605 kgCO<sub>2</sub>eşd (%51,7) gibi çok önemli bir bölümü sulama işleminde tüketilen elektrige aittir (Çizelge 11). Bunu 5993 kgCO<sub>2</sub>eşd (%32,3) ile kullanılan gübreler ve 2518 kgCO<sub>2</sub>eşd (%13,6) ile traktör tarafından tüketilen dizel yakıtı izlemiştir (Çizelge 11). Bu verilerden de anlaşıldığı gibi bireysel YAS sulama işletmesinde sulama işlemi en önemli sera gazı emisyonu kaynağını oluşturmaktadır. Tarımsal üretimin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi üzerine daha önce yapılan pek çok araştırmada (Wang ve ark., 2016; Yousefi ve ark., 2014; Mohammadi ve ark., 2013), tarımsal kurak bölgelerde sulama işleminin en çok enerji tüketen faaliyet olduğu ve dolayısıyla sulama işleminin önemli seviyede sera gazı emisyonuna neden olduğu bildirilmiştir. Bu bağlamda, Topak ve Kalender (2020) Konya koşullarında farklı seviyelerde sulanan şekerpancarı üretiminde oluşan toplam sera gazı emisyonlarının %33 ile %57 arasında değişen miktarlarının sulamadan kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Topak ve Ceran (2021) yağlık ayçiçeğinde farklı sulama seviyelerinde toplam SG emisyonunun %35-63 arasında değişen miktarının sulama kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Çin'de Gao ve ark. (2022) tarafından yapılan bir araştırmada, kışlık buğday tarımında salınan toplam sera gazlarının yaklaşık %46'sının sulamada tüketilen enerjiden kaynaklandığını bildirmişlerdir. He ve ark. (2017) Çin koşullarında YAS sulamalı kışlık buğday üretiminde, sulama işleminin sera gazı emisyonunu %45-55 oranında arttırdığını bildirmişlerdir. Rafiee ve ark. (2022) İran koşullarında sulamalı buğday üretimi için toplam SG emisyonlarının yaklaşık %52'sine sulamada kullanılan elektrigin neden olduğunu bildirmişlerdir. Yine Nisar ve ark. (2021) sulama kaynaklı emisyonları buğday tarımı için toplam emisyonun %66'sı ve mısır için ise %47 olarak bildirmişlerdir.

Bireysel derin kuyu sulama işletmesi için alan ölçekli sera gazı emisyonu (SG<sub>A</sub>) 3994 kg CO<sub>2</sub>eşd ha<sup>-1</sup> olarak

belirlenmiştir. Daha önce yapılmış bazı araştırmalarda bu gösterge değerleri şu şekilde belirlenmiştir. Örneğin sulu buğday üretiminde Rafiee ve ark. (2022) birim alana sera gazı emisyonlarını 2243 kgCO<sub>2</sub>eşd ha<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Topak ve Kalender (2020) SG emisyonlarını tam sulamalı şekerpancarı üretiminde 4431 ve %25 kısıntılı sulamada ise 3860 kgCO<sub>2</sub>eşd ha<sup>-1</sup> olarak gerçekleştirdiğini rapor etmişlerdir. İşletmede üretilen ürünün birim ağırlığı (ton = t) başına düşen emisyon miktarını (kgCO<sub>2</sub>eşd t<sup>-1</sup>ürün) ifade eden ve spesifik SG emisyonu veya sera gazı emisyon yoğunluğu olarak bilinen gösterge (SG<sub>s</sub>) değeri ise 357 kgCO<sub>2</sub>eşd t<sup>-1</sup> ürün olarak hesaplanmıştır. Daha önce farklı bitkiler için yapılmış çalışmalarda bu gösterge değeri koşullara göre farklılık göstermiştir. Söz gelimi Cui ve ark. (2014) Çin'de farklı bölgelerdeki sulu buğday üretimi için bu gösterge değerinin 343 ile 998 kgCO<sub>2</sub>eşd t<sup>-1</sup>dane arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yine İran koşullarında Jamali ve ark. (2021) sulu buğday üretiminde uygulanan sulama yönteminin SG emisyonlarını çok etkilediğini, SG emisyon yoğunluğunu yağmurlama sulama için 170 kgCO<sub>2</sub>eşd t<sup>-1</sup> dane ve salma sulama yöntemi için ise 273 kgCO<sub>2</sub>eşd t<sup>-1</sup> dane şeklinde gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Topak ve Ceran (2021) Konya koşullarında YAS kaynağından sulanan ayçiçeğinde sulama yöntemi ve sulama suyu seviyesinin SG emisyonlarını önemli ölçüde etkilediğini, emisyon yoğunluğu değerini yağmurlama sulama için 800 kgCO<sub>2</sub>eşd t<sup>-1</sup> dane ve damla sulama için ise 650 kgCO<sub>2</sub>eşd t<sup>-1</sup> dane olarak gerçekleştirdiğini ifade etmişlerdir. Juarez-Hernandez ve ark. (2019) Meksika'da sulu dane mısır üretimi için SG emisyon yoğunluğu değerini salma sulama için 320-380 kgCO<sub>2</sub>eşdt<sup>-1</sup> ve basınçlı sulama için ise 545-601 kgCO<sub>2</sub>eşdt<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir.

### **Sonuç**

Bu çalışmadan şu çıkarımlar yapılabilir;

- Bireysel derin kuyu sulama işletmesinde, 2021 yılında 39 dekar yonca ve 7,5 dekar kuru fasulye olmak üzere toplam 46,5 dekar alanda sulu üretim yapılmış, sulama kuyusundan 43200 m<sup>3</sup> sulama suyu çekilmiş ve 17465 kWh elektrik tüketilmiştir.
- İşletmedeki bitkisel üretim için yıllık 253035 MJ enerji tüketilmiş ve toplam 487960 MJ enerji üretimi gerçekleştirilmiştir. İşletmenin 234925 MJ net enerji kazancı ile enerji üretimine katkı sağladığı, yani tüketilen 1 MJ enerjiye karşılık yaklaşık 2 MJ enerji üretildiği belirlenmiştir.
- İşletmede kullanılan enerjinin ana unsurunun YAS kuyusunda tüketilen elektrik olduğu ve toplam enerji girdisinin %71'ini sulama işlemi oluşturmaktadır.
- İşletmede bir üretim döneminde gerçekleşen sera gazı emisyonu, 18575 kgCO<sub>2</sub>eşd olarak hesaplanmıştır. Bunun yaklaşık %52'si sulama için kullanılan elektrik, %13,6'sı dizel yakıtı ve %32,3'ü gübre kaynaklıdır.

Kısacası, bu çalışmada Konya havzasındaki bireysel derin kuyu işletmesinin yıllık enerji tüketimini ve sera gazı salınımı ortaya çıkarmıştır.

**Kaynaklar**

- Acaroğlu M. 2001. Tarımsal üretimde enerji bilançoları-I. Selçuk Teknik Online Dergisi, 2(2): 1-9.
- Acaroğlu M, Aksoy AŞ. 2005. The cultivation and energy balance of *Miscanthus×giganteus* production in Türkiye. Biomass and Bioenergy, 29(1):42–48.
- Alataş MS, Kara K, İnal F, Kahraman O, Özbilgin A, Coşkun B. 2016. Comparison of Alfalfa (*Medicago sativa*) Energy Values Estimated by Using the NRC-2001, Hohenheim and UC Davis Equations. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 22 (5): 785-792.
- Antonio M, Alonso AM, Guzmán GJ. 2010. Comparison of the Efficiency and Use of Energy in Organic and Conventional Farming in Spanish Agricultural Systems. Journal of Sustainable Agriculture, 34: 312–338. <https://doi.org/10.1080/10440041003613362>
- ASAE, 1999. American Society of Agricultural Engineers, ASAE Standarts. D497.4 MAR99. Agriculture Machinery Data. pp. 350-357, ASAE 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI, 49085-9659, USA.
- Black R, Bennett SR, Thomas SM, Beddington JR. 2011. Climate change: Migration as adaptation. Nature, 478(7370): 447-449.
- Boustead I. 2003. Eco-profiles of the European plastics industry, Olefins. Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME), Brussels.
- Chen S, Lu F, Wang X. 2015. Estimation of greenhouse emission factors of China's nitrogen, phosphate and potash fertilizers. Acta Ecologica Sinica, 35: 1–19. doi:10.5846/stxb201402210304
- Cui ZL, Wu L, Ye YL, Ma WQ, Chen XP, Zhang FS. 2014. Trade-offs between high yields and greenhouse gas emissions in irrigation wheat cropland in China. Biogeosciences, 11: 2287–2294. <https://doi.org/10.5194/bg-11-2287-2014>
- DSİ, 2020a. DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan sulama ve bataklık ıslahı tesisleri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı. Erişim adresi [https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/425/DosyaGaleri/646/dsice\\_insa\\_edilerek\\_isletmeye\\_acilan\\_sulama\\_ve\\_bataklık\\_ıslahi\\_tesisleri\\_2020.pdf?layout=modal](https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/425/DosyaGaleri/646/dsice_insa_edilerek_isletmeye_acilan_sulama_ve_bataklık_ıslahi_tesisleri_2020.pdf?layout=modal)
- DSİ, 2020b. Devlet Su İşleri IV. Bölge Müdürlüğü. Konya Kapalı Havzası yeraltı suyu durumu bilgilendirme dökümanı (09.01.2020), Konya.
- DSİ, 2021. Devlet Su İşleri IV. Bölge Müdürlüğü, Web sayfası. Toprak ve Su Kaynakları. Erişim adresi <https://bolge04.dsi.gov.tr/>
- Dulkadiroğlu H. 2018. Türkiye'de elektrik üretiminin sera gazı emisyonları açısından incelenmesi. ÖHÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1): 67-74. doi: 10.28948/ngumuh.369948
- Dyer JA, Desjardins RL. 2003. The impact of farm machinery management on the greenhouse gas emissions from Canadian agriculture. Journal of Sustainable Agriculture, 22: 59 –74. [https://doi.org/10.1300/J064v22n03\\_07](https://doi.org/10.1300/J064v22n03_07)
- Dyer JA, Desjardins RL. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. Biosystems Engineering, 93(1):107–118. doi:10.1016/j.biosystemseng.2005.09.011
- Fluck RC. 1992. Energy of human labour. In: Fluck RC (editör). Energy in farm production (Cilt 6: 31–37 ss), Amsterdam: Elsevier.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108484>
- Haciseferogulları H, Acaroglu M. 2015. Energy Balance on Pumpkin Seed Production. Journal of Agricultural Science and Applications, 1(2): 49-53. doi:10.14511/jasa.2012.010203
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.085>
- Jamali M, Soufizadeh S, Yeganeh B, Emam Y. 2021. A comparative study of irrigation techniques for energy flow and greenhouse gas (GHG) emissions in wheat agroecosystems under contrasting environments in south of Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 139: 110704. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110704>
- Juarez-Hernandez S, Uson S, Pardo CS. 2019. Assessing maize production systems in Mexico from an energy, exergy, and greenhouse-gas emissions perspective. Energy, 170: 199-211. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.161>
- Karimi M, Rajabi-Pour A, Tabatabaeefer A, Borghei A. 2008. Energy Analysis of sugarcane production in plants farms a case study in Debel Khazai agro-industry in Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 4: 165–171.
- Karimi P, Qureshi AS, Bahramloo R. 2012. Reducing carbon emissions through improved irrigation and groundwater management: a case study from Iran. Agricultural Water Management, 108: 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.09.001>
- Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Mousazadeh H. 2013. Reduction of CO<sub>2</sub> emission by improving energy use efficiency of greenhouse cucumber production using DEA approach. Energy, 55: 676–682. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.021>
- Mantione M, D'Agosta GM, Copani V, Patane C, Cosentino SL. 2009. Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. Field Crops Research, 114: 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.020>
- MBM, 2021. Uzun yıllar (1985-2020) ortalaması bazı meteorolojik veriler. Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü kayıtları. Konya.
- MGM, 2022. Konya ili için uzun yıllar (1929-2021) ortalaması bazı meteorolojik veriler. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Web sayfası. Erişim adresi <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KONYA>
- Mohammadi A, Rafiee S, Jafari A, Dalgaard T, Trydeman-Knudsen M, Keyhani A, Mousavi-Avval SH, Hermansen E. 2013. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of Life Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis. Journal of Cleaner Production, 54: 89-100. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.019>
- 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 Agriculture, 20(4): 5-28. [https://doi.org/10.1300/J064v20n04\\_03](https://doi.org/10.1300/J064v20n04_03)
- Mrini M, Senhaji F, Pimentel D. 2001. Energy analysis of sugarcane production in Morocco. Environment, Development and Sustainability, 3(2): 109-126. doi:10.1023/A:1011695731580
- Nguyen TLT, Hermansen JE. 2012. System expansion for handling co-products in LCA of sugar cane bio-energy systems: GHG consequences of using molasses for ethanol production. Applied Energy, 89: 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.023>
- 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
- Qureshi AS. 2014. Reducing carbon emissions through improved irrigation management: a case study from Pakistan. Irrigation and Drainage, 63(1): 132–138. doi:10.1002/ird.1795



- 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>
- Reddy KS, Kumar M, Maruthi V, Umesha B, Nageswar Rao CVK. 2015. Dynamics of well irrigation systems and CO<sub>2</sub> emissions in different agroecosystems of South Central India. *Current Science*, 108(11): 2063-2070.
- Singh H, Mishra D, Nahar NM, Ranjan M. 2003. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India: part II. *Energy Conversion and Management*, 44(7): 1053-1067. doi:10.1016/S0196-8904(02)00115-2
- Spittlehouse DL, Stewart RB. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *Journal of Ecosystems and Management*, 4(1):1-11.
- Topak R, Süheri S, Kara M, Çalısır S. 2005. Investigation of the energy efficiency for raising crops under sprinkler irrigation in semi-arid area. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(5): 761-768. doi:10.13031/2013.19701
- Topak R, Ceran R. 2021. Energy use and related greenhouse gas emissions of groundwater-irrigated oil sunflower production. *Seria Agronomie*, 64(2): 285-294.
- Topak R, Kalender MA. 2020. Environmental Mitigation Through Irrigation Management in Sugar Beet Production. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 34(3): 207-213.
- 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>
- Tzilivakis J, Warner DJ, May M, Lewis KA, Jaggard K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 85: 101-119. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.07.015>
- 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, Süheri S, Yavuz N. 2016. Energy and Water Use for Drip-Irrigated Potato in the Middle Anatolian Region of Türkiye. *Environmental Progress and 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>
- Zou X, Li Y, Li K, Cremades R, Gao Q, WanY, Qin X. 2015. Greenhouse gas emissions from agricultural irrigation in China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20: 295-315. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9492-9>