



Evaluation of Cucumber Cultivation in Greenhouse under Farmer Conditions in Terms of Energy Use Efficiency

Nurcan Yavuz^{1,a,*}, Aslı Güleç^{2,b}

¹Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Irrigation, Konya, Türkiye

²Selcuk University, Institute of Science, Department of Irrigation, Konya, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received: 07.12.2023 Accepted: 22.03.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Energy use efficiency Cucumber cultivation Greenhouse cultivation Farmer Konya - Ereğli</p>	<p>The agricultural sector is an area where energy resources are used intensively. The fact that energy production in developing countries depends mostly on fossil fuels necessitates optimum energy use in every field. Sustainable production can only be achieved by using resources efficiently. Energy efficiency in agricultural production can be evaluated through output/input analyses. Especially greenhouses are agricultural production areas where energy input is much higher compared to open areas. Research in this field will make significant contributions to determining the most appropriate input use levels for different regions and products in greenhouse cultivation. This study was conducted to determine the energy use efficiency of cucumber production under farmer conditions in a greenhouse in Konya - Ereğli district in the 2022 summer season. All agricultural practices were followed and recorded throughout the season. Energy use efficiency (energy ratio) was calculated as 1.14. Among the total input, non-renewable resources cover 2/3 of production with a rate of 66%. Reducing this ratio will reduce the share of energy produced from fossil fuels in production, while also balancing the pressures the ecosystem faces due to lack of resources. After all, in Konya, cucumber cultivation in greenhouses; It has been determined that it is advantageous when evaluated in terms of energy use efficiency, in other words production efficiency.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1137-1143, 2024

Çiftçi Koşullarında Serada Salatalık Yetiştiriciliğinin Enerji Kullanım Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 07.12.2023 Kabul: 22.03.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Enerji kullanım etkinliği Salatalık yetiştiriciliği Seracılık Çiftçi Konya - Ereğli</p>	<p>Tarım sektörü, enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanıldığı bir alandır. Gelişmekte olan ülkelerde enerji üretiminin daha çok fosil yakıtlara bağlı olması, her alanda, optimum enerji kullanımını zorunlu kılmaktadır. Sürdürülebilir bir üretim, ancak kaynakların verimli şekilde kullanımı ile sağlanabilir. Tarımsal üretimde enerji verimliliği çıktı/girdi analizleri ile değerlendirilebilmektedir. Özellikle seralar, açık alanlara kıyasla, enerji girdisinin çok daha yüksek olduğu tarımsal üretim alanlarıdır. Bu alanda yapılacak araştırmalar, seracılıkta farklı bölgelere ve ürünlere göre, en uygun girdi kullanım düzeylerinin saptanabilmesi açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma, Konya – Ereğli ilçesinde bulunan bir serada, 2022 yaz sezonunda, çiftçi şartlarında yapılan salatalık üretiminin enerji kullanım verimliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Sezon boyunca tüm tarımsal uygulamalar takip edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Enerji kullanım etkinliği (enerji oranı) 1,14 olarak hesaplanmıştır. Toplam girdi içerisinde yenilenemeyen kaynaklar %66'lık bir oranla üretimin 2/3'ünü kapsamaktadır. Bu oranın azaltılması, fosil yakıtlardan üretilen enerjinin üretimdeki payını azaltırken, ekosistemin kaynak yetersizliği sebebiyle karşılaştığı baskıları da dengeleyecektir. Sonuçta, Konya'da, serada salatalık yetiştiriciliğinin; enerji kullanım etkinliği, başka bir deyişle üretim verimliliği, açısından değerlendirildiğinde avantajlı olduğu belirlenmiştir.</p>

^a ncivicioglu@selcuk.edu.tr

^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-1833-0668>

^b asliturkgulec@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0009-0004-8435-7038>



Giriş

Günümüzde tarımsal üretimde karşımıza çıkan en önemli soru, mevcut kuraklık senaryolarının gölgesinde, artan dünya nüfusuna yeterli miktarda gıda arzı sağlanıp sağlanamayacağıdır. Bu nedenle tüm dünyada üretimin her aşamasında sürdürülebilirlik kavramı ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar tarımsal üretim uygulamalarında verimlilik öncelikli hedef olsa da; kaynakların doğru kullanımı ve uzun vadede çevresel etkileri iyi irdelenmelidir (Willett ve ark., 2019). Küresel ölçekte tatlı su kaynaklarımızın %70'inin kullanıldığı tarımda, daha kontrollü üretim yapılabilen seralar, sürdürülebilirlik ilkesi yolunda olası seçeneklerden biridir. Seralar, diğer tarımsal faaliyetlere göre yüksek tesis ve işletme giderleri gerektiren, teknik bilgi ve deneyimin önemli olduğu bir işletmecilik şekli olup, tarla tarımına kıyasla 2-5 kat daha fazla ürün ve 5-10 kat daha fazla gelir getirme özelliğine sahiptir (Yağanoğlu, 2008).

Dünya çapında sera üretimi için kullanılan arazi alanı 470 bin hektar civarındadır (Heuvelink ve ark., 2020) ve özellikle sebze üretimi yapılan seralar giderek artmaktadır (Marcelis ve Heulevink, 2019). Türkiye'de ve dünyada sera tarımında, domatesten sonra en çok yetiştirilen sebze türü salatalıktır (Kurtar ve ark., 2017). Dünya sebze üretiminde ilk dört ülkeden biri olan Türkiye'de, TÜİK (2021) verilerine göre toplam sebze üretimi yaklaşık 29 milyon tondur.

Seralarda prensip, bitkinin ihtiyaç duyduğu yetişme koşullarını ve iklim isteklerini sağlamaya çalışarak, yıl boyu sürecek bir vejetasyon dönemine sahip olmaktır. Sürekli taze ürün alınabilen seralarda, bunun sağlanması; birçok tarımsal girdiye bağlıdır. Her bir uygulama enerji kullanımı gerektirmekte ve bu da üretimin maliyetini önemli derecede artırmaktadır (Taki ve ark., 2018). Entansif metotların yoğun olarak uygulandığı seracılıkta; etkin kaynak kullanımı kârlılık açısından önem taşımaktadır. Fosil enerji kaynaklarının giderek azalıyor olması insanları gelecekte enerji girdisi düşük ve verimi yüksek gıdalar üretmeye yönlendirecektir (Rohani ve ark., 2018). Bu nedenle enerji tasarrufu sağlayabilmek, çevresel etkileri ve üretim maliyetlerini azaltabilmek amacıyla üretim verimliliğini artırmak esastır (Soheili-Fard F. ve ark., 2020).

Tarımsal üretimin her aşamasında girdi olarak ihtiyaç duyulan enerjinin, hangi kaynaklardan, hangi yöntemlerle ve hangi koşullar altında sağlandığı, gelecekte yaşanabilecek kıtlık sorunsallarını anlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Gelişmekte olan birçok ülkede olduğu gibi, Türkiye'de de enerji üretimi büyük oranda fosil yakıtlara bağlıdır. Fosil yakıtların çevre üzerinde yarattığı baskının yanında, ülkenin sınırlı fosil yakıt rezervlerine sahip olması, enerjide dışa bağımlılığı artırmakta; bu da enerji arz güvenliğinin temini için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu çerçevede, tarımsal üretimde, yoğun bir enerji kullanım alanı olan seracılıkta, farklı bölgelere ve ürünlere göre en uygun girdi ve enerji kullanım düzeylerinin saptanabilmesi için yapılan çalışmalar, etkin enerji kullanımı ve karlılık açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Tarımsal üretimde temel amacın, daha az girdi ve kaynak kullanımı ile daha yüksek verim almak olduğu düşünülürse; enerji bütçesinin hesaplanması gerekliliği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Seralarda enerji kullanım etkinliğini belirlemek amacıyla, farklı ürünler üzerine yapılmış çalışmalar (Mohammadi ve ark., 2008; Mohammadi ve Omid, 2010; Yousefi ve ark., 2012; Pishgar Komleh ve ark., 2013) yapılan uygulamaların değerlendirilebilmesi için olanak sağlamakta; ancak, farklı iklim koşullarında seraların girdi miktarları ve maliyetleri değişeceğinden, bölgesel ölçekte yeterli veri bulunmamaktadır.

Konya, Türkiye'nin en az yağış alan bölgesindedir ve kısıtlı su kaynaklarının doğru kullanımı büyük önem arz etmektedir. Bölgede mevsimlik bitki su tüketimi oldukça yüksek olan şeker pancarı, mısır gibi ürünlerin ekim alanlarının sınırlandırılarak, çiftçilerin, daha düşük su tüketimi olan ürünlere yönlendirilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde daha küçük alanlarda daha kontrollü tarımsal üretim yapılmasını mümkün kılan seracılık faaliyetlerinin yaygınlaşması için teşvikler sağlanmalıdır. Bu bağlamda, bölgenin iklim koşulları altında, çiftçi şartlarında serada yapılan salatalık üretiminin enerji kullanım etkinliği hesaplanmıştır. Bu çalışmanın, kurak ve yarı-kurak bölgelerde yer alan seralarda yapılan tarımsal uygulamaların enerji bütçesindeki oranlarının belirlenmesinde ve küresel ölçekte vazgeçilmezlerimizden olan enerji kaynakları açısından değerlendirildiğinde, seracılığın bölge çiftçisine özendirilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışma, Konya Ovası Projeleri (KOP) yaz seracılığı destekleri kapsamında yapılmış, Konya - Ereğli ilçesinde (Şekil 1) bulunan 1000 m²'lik yüksek tünel plastik bir serada, 2022 yılı bitki yetiştirme döneminde, Nisan-Eylül ayları arasında yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak Petek Çıtır F1 çeşidi salatalık kullanılmıştır (Şekil 2). Sulama suyu, seranın içinde yer alan derin kuyudan dalgıç pompa ile alınmıştır. Çapalama ve gübreleme işlemleri elle gerçekleştirilmiştir. Kimyasal ilaç uygulamaları ise benzinli ilaçlama makinası (pülverizatör) ile yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma bölgesi konumu-Konya Ereğli'nin harita üzerindeki konumu (Anonymous, 2023)

Figure 1. Study region location-Konya Ereğli province map (Anonymous, 2023)



Şekil 2. Çalışmanın yürütüldüğü seradan görüntüler
Figure 2. Images from the greenhouse where the study was conducted

Çizelge 1. Tarımsal üretimde farklı girdiler ve çıktılar için enerji eşdeğerleri

Table 1. Energy coefficients of inputs and output

Girdiler	Enerji Eşdeğerleri (MJ)	Referanslar
İşçilik (h)	1,96	Taki ve ark., 2013
Makine gücü (h)	64,80	Singh, 2002; Baran ve ark., 2016
Yakıt (l)	56,31	Singh, 2002; Demircan ve ark., 2006
Tohum (kg)	1,00	Mohammadi ve Omid, 2010
Çiftlik gübresi (t)	303,1	Yaldız ve ark., 1993
Azot (N) (kg)	66,14	Shrestha, 1998
Potasyum (K ₂ O) (kg)	11,15	Nabavi-Pelesaraei A. ve ark., 2017
Fosfor (P ₂ O ₅) (kg)	11,10	Öztürk, 2011; Barut ve ark., 2011; Bayhan, 2016
Fungusit (kg)	216,00	Rafiee ve ark., 2010
İnsektisit (kg)	101,20	Rafiee ve ark., 2010
Elektrik (kWh)	11,93	Hatırlı ve ark., 2005; Mousavi-Avval ve ark., 2011
Sulama (m ³)	1,02	Mohammadi ve Omid, 2010; Mousavi-Avval ve ark., 2011
Çıktılar		
Salatalık ürünü (kg)	0,8	Taki M. ve ark., 2012

Budama, hasat, sandıklama (nakliye için ürünlerin plastik kasalara yerleştirilmesi), yükleme ve boşaltma süreçlerinin tamamı elle gerçekleştirilmiştir.

Salatalık fideleri sıra üzeri 40 cm, sıra arası 150 cm olacak şekilde dikilmiştir. Damla sulama sistemi bir kontrol ünitesi, laterallerin bağlı olduğu bir PE ana boru ve 16 mm çapında 20 cm damlatıcı aralığı 1,6 L h⁻¹ debiye sahip damla sulama borularından oluşmaktadır.

Çalışma alanının, 2022 Nisan-Eylül dönemindeki aylık ortalama sıcaklıkları sırasıyla; 14,6°C, 14,7°C, 21°C, 22,2°C, 24,9°C ve 20,5°C olarak ölçülmüştür. Üretim sezonu süresince sera içi sıcaklığı 20°C ile 33,9°C arasında değişmiştir. Sera içi nem değerleri, havalandırma ile bitkinin yetişmesi için optimum değerler (%60-65 bağıl nem) arasında tutulmuştur.

Yaz serası (ısıtmasız sera) salatalık üretiminin enerji verimliliğinin hesaplanmasında kullanılan girdi verileri, üretim sürecinin takibi yapılarak elde edilmiştir. Bunların dışında bazı kurumların ve çeşitli araştırmacıların konu ile ilgili yapmış oldukları çalışmalardan yararlanılmıştır.

Yöntem

Tarımsal üretim sistemlerinin enerji verimliliği, çıktı ve girdi arasındaki enerji oranı ile değerlendirilmiştir. Çalışmada enerji eşdeğerlerini hesaplayabilmek için salatalık üretiminde kullanılan girdi miktarları (insan gücü, makine, yakıt, tohum/fide, elektrik, sulama, gübreler, kimyasal ilaçlar) üretim sezonu boyunca kayıt altına alınmıştır.

Enerji oranını hesaplamak için üretim aşamasında kullanılan girdiler ile çıktı olarak elde edilen salatalık mahsullerinin verim değerleri kullanılmıştır. Çizelge 1'de gösterilen birim enerji eşdeğerleri kullanılarak girdi ve çıktıların enerji değerleri birim alan için (ha) hesaplanmıştır. Toplam girdi enerjisi, tüm girdilerin enerji bileşenlerinin megajoule (MJ) cinsinden toplanmasıyla elde edilmiştir. Çalışmaya ait enerji endekslerine dayanarak enerji oranı (EO), enerji verimliliği (EV), spesifik enerji (SE) ve net enerji (NE) aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Mandal ve ark., 2002; Mohammadi ve ark., 2008; Mohammadi ve ark., 2010).

- EO = EÇ/EG
- EV (kg MJ⁻¹) = SÜM/EG
- SE (Mj kg⁻¹) = EG/SÜM
- Net Enerji (Mj ha⁻¹) = EÇ – EG

EÇ : Enerji çıktısı (Mj ha⁻¹)

EG : Enerji girdisi (Mj ha⁻¹)

SÜM: Salatalık üretim mik (kg ha⁻¹)

Diğer bir yandan enerji girdileri; doğrudan/dolaylı veya yenilenebilir/yenilenemeyen olarak incelenmektedir. Doğrudan enerji; işgücü, yakıt, su ve elektrik gücünü, dolaylı enerji; gübreler, kimyasal ilaçlar, makina gücü ve tohumu kapsamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; işgücü, tohum ve su, yenilenemeyen enerji kaynakları ise yakıt, gübreler, kimyasal ilaçlar, makina ve elektrik gücünden oluşmaktadır (Yılmaz ve ark., 2010).

Bulgular ve Tartışma

Serada salatalık yetiştiriciliği için birim alanda (ha) gerekli girdilerin enerji eşdeğerleri hesaplanarak Çizelge 2'de paylaşılmıştır. Birim alan için, sezonluk 12000 saat işçilik gerektiren uygulamaların enerji eşdeğeri 23520 MJ olarak hesaplanmıştır. Toplam girdi içindeki payı ise %14,61'dir. Makine kullanımını 972 MJ ile %0,6'lık paya sahipken; yakıt kullanımının toplam enerji eşdeğeri 2252,4 MJ olarak belirlenmiştir. Sezon boyunca uygulanan toplam sulama suyunun enerji eşdeğeri 6579 MJ (%4,09) olarak hesaplanmıştır. Girdiler arasında elektrik kullanımından sonra en büyük payı %18,83 ile gübreler almaktadır. Çiftlik gübresi %15,06 ile en fazla kullanım oranına sahip gübre iken; Azot (%2,27), Potasyum (%0,42) ve Fosfor (%1,08) çok daha düşük oranlarda kullanılmaktadır. Kimyasal ilaçların toplam enerji eşdeğerlerinin oranı ise toplam (Fungusit + İnsektisit) %0,76'dır.

Yapılan çalışmada girdiler arasındaki en büyük payı, 96130,75 MJ (%59,71) enerji eşdeğeri ile elektrik kullanımını almaktadır (Şekil 3). Elektrik tüketiminin azaltılması, enerji oranının ve üretim sonunda ortaya çıkacak net enerjinin artmasını sağlayacak en önemli parametredir. Ülkemizde tüketilen brüt elektrik miktarı içerisinde, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin payının %41,9 olduğu düşünülürse (Erdem ve Şenel, 2013); daha az elektrik kullanımının mecburiyeti oldukça net anlaşılabilir. Elde edilen sonuçların

aksine, Heidari ve Omid (2011), İran'ın Tahran bölgesinde serada yaptıkları çalışmada; salatalık üretiminde toplam enerji girdisi içerisindeki en büyük payın dizel yakıtı (%54,17) ait olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Özkan ve ark. (2004), %49,63'lük pay ile en yüksek enerji tüketiminin dizel yakıttan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Farklı sonuçlara ulaşılmasının sebebi, yapılan çalışmaların ısıtmalı ya da ısıtmasız seralarda yürütülmüş olması ve tarımsal uygulamaların farklılığından kaynaklanmaktadır.

Salatalık üretimi sırasında tarımsal faaliyetlerde kullanılan toplam enerji girdisi 161004 MJ ha⁻¹; enerji çıktısı ise 184000 MJ ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, Yelmen ve ark. (2021) serada salatalık üretimi için yaptıkları çalışmada, toplam enerji girişi ve çıkışı sırasıyla, 125612,51 MJ ha⁻¹ ve 73280,32 MJ ha⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Yine farklı bir çalışmada; serada yetiştirilen, domates, salatalık, patlıcan ve biber üretimi için toplam enerji girdilerini sırasıyla 127324,9 – 134771,3 – 98682,5 ve 80253,4 MJ ha⁻¹ olarak hesaplamışlardır (Özkan ve ark., 2004).

Enerji verimliliğinin hesaplanması, yapılan üretimin kârlılığının değerlendirilmesinde, sonuçta sağlanan faydanın daha net anlaşılabilirdiği, oldukça reel bir yaklaşımdır. Yapılan çalışmadan elde edilen verilerle, seracılıkta salatalık üretiminin enerji endeksleri hesaplanmış ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Serada Salatalık Üretimi Girdilerinin ve Çıktılarının Toplam Enerji Değerleri (MJ.ha⁻¹)

Table 2. Energy inputs and output for greenhouse cucumber production

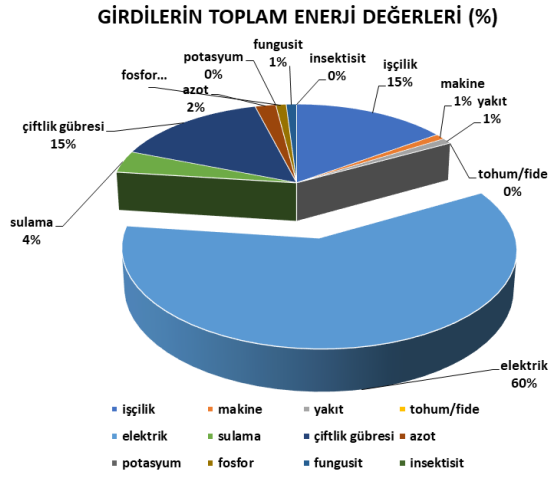
Girdiler	Birim Alan Başına Miktar	Toplam Enerji Eşdeğeri	Pay %
İşçilik (h)	12000	23520,00	14,61
Makine (h)	15	972,00	0,6
Yakıt (l)	40	2252,40	1,4
Tohum (kg)	0,95	0,95	0
Elektrik (kWh)	8058	96130,75	59,71
Sulama (m ³)	6450	6579,00	4,09
Gübreler			
Çiftlik gübresi (t)	80	24248,00	15,06
Azot (N) (kg)	55	3650,93	2,27
Potasyum (K ₂ O) (kg)	60	669,00	0,42
Fosfor (P ₂ O ₅) (kg)	158	1754,91	1,08
Kimyasal İlaçlar			
Fungusit (kg)	5	1080,00	0,67
İnsektisit (kg)	1	146,74	0,09
Toplam Girdi		161004	100
Çıktılar			
Salatalık ürünü (kg)	230000	184000	
Toplam Çıktı	230000	184000	100

Çizelge 3. Serada salatalık üretiminin enerji endeksleri

Table 3. Energy indicators and forms for greenhouse cucumber production

Enerji Endeksleri	Birim	Miktar
Enerji (çıktı/girdi) oranı		1,14
Enerji verimliliği	kg MJ ⁻¹	1,43
Spesifik enerji	MJ kg ⁻¹	0,87
Net enerji	MJ ha ⁻¹	22995,32
Doğrudan enerji ¹	MJ ha ⁻¹	128482,15
Dolaylı enerji ²	MJ ha ⁻¹	32522,53
Yenilenebilir enerji ³	MJ ha ⁻¹	54347,95
Yenilenemeyen enerji ⁴	MJ ha ⁻¹	106656,73

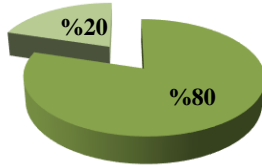
1 Elektrik, İşçilik, Sulama, Yakıt; 2 Kimyasal gübreler, Çiftlik gübresi, Kimyasal ilaçlar, Makine, Tohum/Fide; 3 İşçilik, Sulama, Çiftlik gübresi, Tohum/Fide; 4 Elektrik, Kimyasal gübreler, Kimyasal ilaçlar, Makine, Yakıt



Şekil 3. Serada salatalık üretimi için gerekli enerji girdilerinin oranları
Figure 3. The shares of energy inputs for greenhouse cucumber production

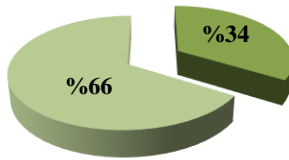
Toplam enerji girdileri (%)

■ Doğrudan ■ Dolaylı



Toplam enerji girdileri (%)

■ Yenilenebilir ■ Yenilenemez



Şekil 4. Konya-Ereğli'de serada salatalık üretiminde enerji formlarının payları
Figure 4. The shares of energy forms for greenhouse cucumber production in Konya-Ereğli

Enerji kullanım etkinliği (enerji oranı) 1,14 olarak hesaplanmıştır. Bu yapılan üretimde enerjinin verimli olarak kullanıldığını, enerji girişinin üretimin sonunda %14 yükselişle çıktığını göstermektedir. Yapılan başka bir çalışmada, serada salatalık üretiminin enerji oranı 0,58 olarak belirlenmiştir (Yelmen ve ark., 2021). Elde edilen verilere göre yapılan değerlendirmelerde, birim alandan birim enerji kullanımını karşılığında alınan ürün miktarını ifade eden enerji verimliliği $1,43 \text{ kg MJ}^{-1}$, 1 kg^{-1} ürün alınabilmesi için gerekli enerji miktarını ifade eden spesifik enerji ise $0,87 \text{ MJ kg}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Yelmen ve ark. (2021) Mersin'de sera koşullarında yaptıkları çalışmada, salatalık üretiminde enerji

verimliliğini $0,73 \text{ kg MJ}^{-1}$, spesifik enerjiyi ise $1,37 \text{ MJ kg}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Razavinia ve ark. (2015), marul üretiminde enerji verimliliğini $1,67 \text{ kg MJ}^{-1}$ ve spesifik enerjiyi $0,595 \text{ MJ kg}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar, girdi miktarlarındaki değişim, kullanılan makine ve teknolojinin nasıl çalıştığı enerji kullanımını değiştireceğinden; sonuçlar bazen örtüşürken, bazen farklılaşabilmektedir. Ortaya çıkan net enerji $22995,32 \text{ MJ ha}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer pozitif olması üretimin verimli olduğunun kanıtıdır. Kamburoğlu Çebi ve ark. (2017), örtü altı baş salata üretiminin enerji kullanım etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, net enerjiyi $34251,05$ olarak hesaplamışlardır.

Enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, enerji üretiminin sürekliliğinin sağlanması ve doğal dengenin korunması, ancak optimal enerji yönetimi ile mümkün olabilecektir (Gencer ve Beşli, 2022). Bu noktadan çıkışla, kullanılan girdilerin yenilenebilir ya da yenilenemeyen olarak değerlendirilmesi sürdürülebilir bir üretim için doğru yaklaşımdır. Yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji girişi $54347,95 \text{ MJ}$ iken, yenilenemeyen enerji girişi $106656,73 \text{ MJ}$ olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 3). Toplam girdi içerisinde yenilenemeyen kaynaklar %66'lık bir oranla üretimin 2/3 ünü kapsamaktadır (Şekil 4). Bu oranın azaltılması, fosil yakıtlardan üretilen enerjinin üretimdeki payını azaltırken, ekosistemin kaynak yetersizliği sebebiyle karşılaştığı baskıları da dengeleyecektir. Bu alanda yapılan birçok çalışmada (Özkan ve ark., 2007; Kızılaslan, 2009; Mohammedi ve Omid, 2010; Banaeian ve ark., 2011; Zarini ve ark., 2013) benzer sonuçlar elde edilmiştir. Serada salatalık üretiminde kullanılan girdiler; doğrudan enerji (elektrik, işçilik, sulama, yakıt) ve dolaylı enerji (Kimyasal gübreler, Çiftlik gübresi, Kimyasal ilaçlar, Makine, Tohum/Fide) olarak gruplandırıldığında; dolaylı enerji girişi, doğrudan enerji girişinin neredeyse 4 katıdır. Kamburoğlu Çebi ve ark. (2017) benzer şekilde; toplam enerji girişi içinde dolaylı enerjinin payının daha fazla olduğunu bildirmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda, dolaylı enerji içerisinde, sera malzemesine ve boyutlarına bağlı olarak, sera yapım enerjisi de eklenmektedir. Farklı sera tiplerine göre yapılan bu çalışmalarda (Çanakçı ve ark., 2006; Djevic ve Dimitrijevic, 2009) benzer yapıya sahip seraların enerji girdisi hakkında daha gerçekçi bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak sadece üretim üzerine yapılan incelemelerde (Özkan ve ark., 2004; Pishgar-Komleh ve ark., 2013), enerji verimliliği sera yapım enerjisi dikkate alınmadan yapılabilmektedir.

Sonuç

Araştırmada, Konya ilinde yaz seracılığı ile salatalık üretiminin enerji kullanım etkinliği incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, serada salatalık üretiminde toplam enerji çıktısı $184000 \text{ MJ ha}^{-1}$, toplam enerji girdisi ise $161004 \text{ MJ ha}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bölgede yaz seracılığı ile salatalık üretiminin çıktı/girdi analizleri, enerjinin etkin olarak kullanıldığını göstermektedir. Üretim sonunda ortaya çıkan net enerjinin pozitif olması, bu alanda seracılığı teşvik edecek, boş bırakılan küçük tarım alanları gıda arzına önemli bir katkı sağlayacaktır.

Konya ve çevresinde yıllık yağış miktarı toplamının 300 mm 'nin altında olması, çiftçileri sulu tarıma mecbur bırakmaktadır. Yetersiz yüzey suyu kaynakları, çok sınırlı

bir alanı sulamaya açarken, geriye kalan araziler ancak yeraltı suyu ile sulanabilmektedir. Yeraltı suyuna olan yönelim günden güne artmakta ve kuyulardaki su seviyeleri (100m<) hızla düşmektedir. Bu da daha güçlü pompaların kullanılmasına ve daha çok enerji harcanmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada da yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan elektrik enerjisinin (toplam enerji girdisinin %59,71'i) tamamı derin kuyudan su temini amacıyla kullanılmıştır. Konya ili yıllık toplam 2902,5 saatlik güneşlenme süresi ile Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bu konumlanma elektrik enerjisinin güçlü alternatiflerinden biri olan güneş enerjisi sistemlerinin elverişli şekilde kullanılabilmesinin göstergesidir. Dolayısıyla güneş enerjisi sistemlerinin doğru sulama sistemleri ile birleştirilerek kullanılması, enerji kullanım etkinliğini artırmasının yanı sıra üretimi daha ekonomik hale getirecektir.

Kaynaklar

- Anonymous. (2023). Konya Ereğli ilçesi haritası
- Baran M. F. & Gokdogan O. (2016). "Determination of energy balance of sugar beet production in Turkey: A case study of Kırklareli Province, Energy Efficiency, 9, 487-494.
- Barut, Z.B., C., Ertekin, H.A., Karaağaç, H. A. (2011). Tillage Effects on Energy Use for Corn Silage in Mediterranean Coastal of Turkey. Magazine of Energy. Volume 36, Issue 9, s: 5466-5475
- Banaeian, N., Omid, M., & Ahmadi, H. (2011). Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and management, 52(2), 1020-1025
- Bayhan, Y. (2016). İkinci Ürün Ayçiçeği Üretiminde Farklı Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Yöntemlerinin Enerji Kullanım Etkinliğinin Karşılaştırılması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016: 13 (02) 102
- Çanakçı M., Topakçı M., Akıncı, İ., Özmerzi, A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy and Conversion Management, 46(4): 655-666
- Çanakçı M., Akıncı, İ. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy; 31: 1243-1256
- Çebi, Ü. K., Aydın, B., Çakır, R., & Altıntaş, S. (2017). Örtü altı baş salata (*Lactuca sativa* cv *Salinas*) üretiminin enerji kullanım etkinliği ve ekonomik analizi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(4), 426-433
- Demircan V., Ekinci K., Keener H.M., Akbolat D., Ekinci Ç. (2006). Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Conversion and Management, 47(13-14), 1761-1769
- Djevic, M., & Dimitrijevic, A. (2009). Energy consumption for different greenhouse constructions. Energy, 34(9), 1325-1331
- Dimitrijevic, A., Devic, M., Blažin, S., Blažin, D. (2010). Energy efficiency of the lettuce greenhouse production.
- Erdem, K. O. Ç., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de enerji durumu-genel değerlendirme. Mühendis ve Makina, 32-44.
- Gencer, S., & Beşli, N. (2022). Investigation and Development of Renewable Energy Supported Greenhouse Design Methods. In 2022 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU) (pp. 1-5). IEEE
- Hatırlı S. A., Ozkan, B., Fert, C. (2006). Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy, 31: 427-438
- Heidari M, Omid M. (2011). Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in iran. Energy. 36(1): 220-225
- Heuvelink, E., Okello, R. C. O., Peet, M., Giovannoni, J. J., & Dorais, M. (2020). Tomato. In H. C. Wien, & H. Stutzel (Eds.), *The physiology of vegetable crops* (2nd ed., pp. 138-178). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786393777.0138>
- Kizilaslan H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in tokat province of turkey. Applied Energy. 86(7): 1354-1358
- Kurtar E.S., Balkaya A., Göçmen M., Karaağaç O. (2017). Hıyara (*Cucumis sativus* L.) anaç olabilecek kabak (*Cucurbita* spp.) genotiplerinde ışınlanmış polen tekniği ile dihaploidizasyon. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31(1): 34-41
- Marcelis, L.F.M., Heuvelink, E. (Eds.). (2019). *Achieving Sustainable Greenhouse Cultivation*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited. <https://doi.org/10.19103/AS.2019.0052>
- Anonymous. (2022). MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) <https://www.mgm.gov.tr>
- Mohammadi A., Tabatabaeifar A., Shahin, S., Rafiee, S., Keyhani, A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49(12): 3566- 3570
- Mohammadi A., Omid M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy, 87(1):191-196
- Mousavi-Avval, S., H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. (2011). Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in iran. Journal of Cleaner Production, 19(2011)-1464-1470 www.elsevier.com/locate/biombio
- Nabavi-Pelesaraei, A., Bayat, R., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Afrasyabi, H., & Chau, K. W. (2017). Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management-A case study in Tehran Metropolis of Iran. Journal of cleaner production, 148, 427-440
- Özkan B, Fert C, Karadeniz CF. (2007). Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. Energy. 32(8): 1500-1504
- Özkan, B., Kürklü, A., Akçaöz, H. (2004). An inputoutput energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy, 26(1): 189-195
- Öztürk, H. H. (2011). Bitkisel üretimde enerji yönetimi. Hasad Yayıncılık.
- Pishgar-Komleh, S. H., Omid, M., & Heidari, M. D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. Energy, 59, 63-71
- Rafiee S, Seyed H, Mousavi A, Ali M. (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35: 3301-3306
- Razavina, B., Fallah, H., Niknejad, Y. (2015). Energy efficiency and economic analysis of winter cultivation (lettuce, borsini, broad bean) in Mazandaran province of Iran. Biological Forum, 7(1): 1452-1460
- Rohani A., Taki M., Abdollahpour M.A. (2018). Novel soft computing model (Gaussian process regression with K- fold cross validation) for daily and monthly solar radiation forecasting (Part: I). Renewable Energy 115 :411-422
- Shrestha, D. S. (1998). Energy use efficiency indicator for agriculture.
- Singh, H., Mishra, D., & Nahar, N. M. (2002). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India—part I. Energy conversion and management, 43(16), 2275-2286
- Taki, M., Ajabshirchi, Y., Mobtaker, H. G., & Abdi, R. (2012). Energy consumption, input-output relationship and cost analysis for greenhouse productions in Esfahan province of Iran. American Journal of Experimental Agriculture, 2(3), 485-501.

- Taki, M., Abdi, R., Akbarpour, M., & Mobtaker, H. G. (2013). Energy inputs–yield relationship and sensitivity analysis for tomato greenhouse production in Iran. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(1), 59-67
- TÜİK (2021). <https://data.tuik.gov.tr>, <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=tarim>
- Yağanoğlu, A. V. (2008). Organik Tarım İçin Seraların Planlanması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları.
- Yelmen, B., Çakır, M. T., Şahin, H. H., & Kurt, C. (2021). Yapay sinir ağı (YSA) kullanarak sera sistemlerinde enerji verimliliğinin modellenmesi. *Politeknik Dergisi*, 24(1), 151-160
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492
- Yılmaz, F. Unakitan, G., Hurma, H. (2010). An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. *Energy*, 35(9), 3623-3627
- Yousefi, M., Darijani, F., & Jahangiri, A. A. (2012). Comparing energy flow of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 7(4), 624-628
- Zarini, R. L., Ghasempour, A., & Mostafavi, S. M. (2013). A comparative study on energy use of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran.