

Tarımda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

H. Hüseyin ÖZTÜRK
Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü
01330 Balcalı, Adana
hhozturk@cu.edu.tr

Özet: Fosil yakıtların doğrudan veya dolaylı olarak kullanımıyla ortaya çıkan çevresel sorunların etkin bir şekilde önlenmesi için, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekir. Bununla birlikte, tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik uygulanabilirliği ve uygulama yöntemi, bölgesel koşullara bağlı olarak değişir. Tarım sektöründe etkin olarak yararlanılabilecek başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve rüzgar enerjisidir. Tarımsal üretim işlemlerinde yararlanılabilecek yenilenebilir enerji teknolojisinin seçim; gerekli enerjinin çeşidi, yenilenebilir enerji kaynağı ve tarımsal yapı ve işlemlerin tasarımı bağlıdır. Bu çalışmada; tarımsal üretim işlemlerinde yararlanılabilecek yenilenebilir enerji teknolojilerinin üstünlük ve olumsuzlukları tartışılmıştır. Tarım sektöründe enerji kullanım etkinliği ve enerji korunumu önlemlerine ilişkin öneriler verilmiştir.

1. Giriş

Bütün sektörlerde enerji kullanımı, 1970'li yıllardan bu yana en çok önem verilen konulardan birisi olmuştur. Dünya genelindeki ülkeler, 1973 ve 1979 yıllarındaki petrol krizlerinde sonra, enerji korunumuna ilişkin önlemlere yoğun olarak ilgi göstermeye başlamışlardır. Daha sonraları 1980'li yıllarda, esas olarak fosil yakıtların kullanılması sonucunda oluşan çevre kirliliğine önem verilmeye başlanmıştır. Son yıllarda; enerji kullanımı, sera gazı emisyonları ve bunların küresel iklim değişikliklerine olan potansiyel etkileri en çok tartışılan konulardan birisidir. Endüstri, ulaştırma, ticaret, konut ve tarım sektörlerinde enerji kullanımını azaltmanın en etkin yöntemlerinden birisi de, enerji kullanma etkinliğini artırmaktır. Günümüz endüstri dünyasında, enerji ve diğer kaynaklarının kullanımı önemli düzeye ulaşmıştır. Bu nedenle, bir taraftan doğal kaynakların temini azalmaya başlamış, diğer taraftan da çevre kirliliği gibi doğal ortama verilen zararlar artarak devam etmektedir. Bununla birlikte, enerji dönüşümüne ilişkin teknik iyileştirmeler yeterince etkin bir şekilde gerçekleştirilememektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, gelecekteki enerji üretim ve tüketim düzeylerinin belirlenebilmesi için; nüfus artışı, ekonomik üretkenlik, tüketici alışkanlıkları ve teknolojik gelişmeler gibi dikkate alınması gereken bir çok etmen vardır. Enerji sektörüne ilişkin yönetim biçimleri, gelecekteki enerji üretim ve tüketim düzeyi ve dağılımında önemli rol oynayacaktır.

Enerji kullanımı ile ilgili sorunlar, sadece küresel ısınma ile sınırlı değildir. Hava kirliliği, asit yağmurları ve ozon azalımı gibi çevresel konular enerji kullanımı ile yakından ilişkilidir. Enerji kullanımının yarattığı çevresel etkilerin en düşük düzeyde olabilmesi için, belirtilen konuların tamamının birlikte dikkate alınması gerekir. Enerji etkinliğinin artırılması, enerji kaynaklarının çevresel etki değerlendirmesi açısından önemlidir. Daha az enerji kullanmak ve çevreye en düşük düzeyde zarar vermek için, sistem etkinliğinin artırılması gerekir. Enerji kaynaklarının kıtlığı ve dikkatsiz kullanılması sonucunda oluşan istenilmeyen yan etkiler, enerji tüketimini doğru bir şekilde planlanma ve dikkatli bir şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Türkiye tarım sektöründe bölgesel ve ülke genelinde, üretim sistemleri ile ürün bazında ve toplam enerji kullanımına ilişkin ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır [1-22]. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda kullanımı incelenmiştir. Tarımsal üretim işlemlerinde yararlanılabilecek yenilenebilir enerji teknolojilerinin üstünlük ve olumsuzlukları tartışılmıştır. Tarım sektöründe enerji kullanım etkinliği ve enerji korunumu önlemlerine ilişkin öneriler verilmiştir.

2. Tarımda Enerji Kullanımı

Tarım sektöründe bitkisel ve hayvansal üretim işlemleri belirli miktarda enerji kullanımını gerektirmektedir. Tarımda enerji kullanımı, doğrudan ve dolaylı enerji kullanımı olmak üzere iki grupta incelenebilir:

- 1) *Doğrudan enerji kullanımı:* bitkisel üretimde, büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştirmede, tarım ürünlerinin taşınmasında, tarımsal ürünlerin işleme ve değerlendirilmesinde kullanılan elektrik, petrol ürünleri, doğal gaz, kömür vb. enerjilerin kullanımını kapsar.
- 2) *Dolaylı enerji kullanımı:* tarımsal mekanizasyon araç ve makinaları, kimyasal gübreler, tarım ilaçlarının üretim, paketleme ve taşınmasında kullanılan enerjileri kapsar.

Türkiye’de genel enerji tüketimi içerisinde, tarım sektöründe tüketilen enerji miktarının 1990-2001 yılları arasındaki dönemde değişimi Çizelge 1’de verilmiştir. Tarım sektöründe tüketilen enerji miktarı 1990 yılında 86.06 PJ düzeyinde iken, 1995 yılında 112.46 PJ ve 2001 yılında da 130.41 PJ düzeyine yükselmiştir. Tarım sektöründe tüketilen enerji miktarı düzenli olarak artmakla birlikte, toplam enerji tüketimi içerisinde tarım sektörünün payı düzenli bir değişim göstermemektedir. Toplam enerji tüketiminde tarımın payı, 1990 yılında % 3.69, 1994 yılında % 4.19 ve 2001 yılında ise % 3.84 olarak gerçekleşmiştir. Toplam enerji tüketiminde tarımın payı, 1990-2001 yılları arasındaki dönemde ortalama % 3.77 olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, 1994 yılından sonra toplam enerji tüketiminde tarımın payı azalmaya başlamıştır.

Çizelge 1. Türkiye Tarım Sektöründe Enerji Tüketimi [3].

Yıllar	Enerji Tüketimi (PJ)		Toplam Enerji Tüketiminde Tarımın Payı (%)
	Tarım	Toplam Tüketim	
1990	86.06	2331.42	3.69
1991	86.94	2388.23	3.64
1992	87.73	2494.09	3.51
1993	107.80	2651.66	4.06
1994	109.12	2601.58	4.19
1995	112.46	2801.87	4.01
1996	119.41	3073.92	3.88
1997	124.21	3246.27	3.82
1998	124.38	3287.19	3.78
1999	128.61	3268.10	3.93
2000	130.32	3573.72	3.64
2001	130.41	3389.93	3.84

Tarım sektöründe 1990–2000 yılları arasındaki dönemde, tarım alanı başına enerji tüketimi değerlerinin yıllara bağlı olarak değişimi Çizelge 2’de verilmiştir. Tarım sektöründe birim işlenen ha başına kullanılan enerji miktarı, 1990 yılında 3.96 GJ iken, 1995 yılında 5.30 GJ ve 2000 yılında 6.20 GJ /ha değerine ulaşmıştır. Tarım sektöründe mekanizasyon ve ileri teknoloji uygulamalarının sonucunda, enerji kullanımı giderek artacaktır. Bu nedenle tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve enerji kullanım etkinliğinin artırılması gereklidir.

Çizelge 2. Tarım Alanı Başına Enerji Tüketimi [11]

Yıllar	Ekilen Alan (Milyon ha)	Tarım Alanı Başına Enerji Tüketimi (GJ/ha)
1990	21.7	3.96
1991	21.6	4.02
1992	21.6	4.06
1993	21.8	4.94
1994	21.5	5.07
1995	21.2	5.30
1996	21.3	5.60
1997	21.3	5.83
1998	21.5	5.78
1999	21.2	6.06
2000	21.0	6.20

3. Tarımda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli Çizelge 3’de verilmiştir. Günümüz Türkiye’sinde yenilenebilir kaynaklardan en çok klasik biyokütle enerji ve hidrolik enerji kullanılmaktadır. Jeotermal enerjiden yararlanma üçüncü sırada yer almakla birlikte, kullanımı sınırlıdır. Güneş enerjisi kullanımı düşük düzeyde iken, rüzgar enerjisi kullanımı giderek artış göstermektedir.

Çizelge 3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli [16].

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Brüt (MW)	Teknik (MW)	Ekonomik (MW)
<i>Hidrolik Enerji</i>	107 500	53 750	34 862
<i>Jeotermal Enerji</i>			
Isı	31 500	7 500	2 843
Elektrik	4 500	500	350
<i>Güneş Enerjisi</i>	111 500 000	1 400 000	116 000
<i>Rüzgar Enerjisi</i>			
Karasal (Elektrik)	220 000	55 000	20 000
Denizsel (Elektrik)	-	60 000	-
<i>Deniz Dalga Enerjisi (Elektrik)</i>	75 000	9 000	-
<i>Biyokütle Enerjisi</i>			
Klasik (Yakıt, Mtep/yıl)	30	10	7
Modern (Yakıt, Mtep/yıl)	90	40	25

Uygulama alanı ve teknolojilerine bağlı olarak tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı Çizelge 4'de verilmiştir. Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması durumunda: 1) İşletme giderleri azalır. 2) Dış alım yapılan fosil enerjilere olan gereksinim azalır. 3) Elektriksel güç için aşırı talep azalır. 4) Çevre kirliliği azalır. 5) Ekonomik gelişme sağlanır. Tarımsal üretim işlemlerinde yararlanılabilecek yenilenebilir enerji teknolojisinin seçimi: gerekli enerjinin çeşidi, yenilenebilir enerji kaynağı ve tarımsal yapı ve işlemlerin tasarımına bağlıdır. Tarımsal üretim işlemleri arasında çok fazla miktarda enerji tüketilen başlıca işlemler: sulama, ürün kurutma, sera ve hayvan barınaklarının ısıtma ve soğutulmasıdır. Bu işlemler sırasında yaygın olarak; motorin, doğal gaz, elektrik, sıvılaştırılmış petrol gazı veya propan gibi yakıtlar kullanılmaktadır. Tarımda güneş enerjisi kullanımının planlı biçimde artırılması gereklidir. Tarımsal yapıların ısıtılmasında güneş enerjisiyle pasif ve/veya aktif olarak ısıtma uygulamalarından yararlanılmalıdır. Güneş enerjisi ile yüksek sıcaklıktaki uygulamalar, soğutma uygulamaları, ve fotovoltaiik teknoloji ile üretilen elektrikten tarımsal üretimde yararlanılabilir. Tarımsal sulama işlemlerinde güneş pillerinden yararlanılması durumunda: gerekli su miktarı, sulama gereken zaman, su kaynağının durumu, gerekli su miktarı, kuyu derinliği, suyun kimyasal yapısı ve su depolama tanklarının kapasitesi gibi özellikler dikkate alınmalıdır.

4. Sonuç ve Öneriler

- 1) Fosil yakıtların doğrudan veya dolaylı olarak kullanımıyla ortaya çıkan çevresel sorunların etkin bir şekilde önlenmesi için, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekir. Bununla birlikte, tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik uygulanabilirliği ve uygulama yöntemi, bölgesel koşullara bağlı olarak değişir. Tarım sektöründe etkin olarak yararlanılabilecek başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve rüzgar enerjisidir.
- 2) Tarımsal üretim işlemlerinde de enerji kullanım etkinliğine önem verilmelidir. İşletme ölçeğinde yapılacak olan etkin bir mekanizasyon planlaması ile, işletme için uygun mekanizasyon alt yapısı sağlanmalıdır.
- 3) Tarımda enerji kullanım etkinliğinin artırılabilmesi için:
 - İşletmelerin mekanizasyon alt yapısı için enerji verimliliği yüksek olan teknolojilerden yararlanılmalıdır.
 - Güç kaynağına uygun kapasitede alet ve ekipman kullanılmalıdır.
 - İşletme için gerekli güç optimizasyonu sağlanmalıdır.
 - Tarım alet ve makinaları tam yükte ve verimli olarak çalıştırılmalıdır.
 - Isıtma, soğutma ve iklimlendirme uygulamalarında ısı transferi açısından etkinlik artırılmalıdır.
 - Isı yalıtımı standartlara uygun olarak yapılmalıdır. Isı üreten, dağıtan ve kullanan tüm üniteler etkin bir şekilde yalıtılarak, ısı kayıpları en aza indirilmelidir.
 - Atık ısı geri kazanımı uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.
 - Elektriksel güç tüketiminde kayıplar önlenmelidir.
 - Elektriğin iş ve ısıya dönüşümlerinde etkinlik artırılmalıdır.
 - Otomatik kontrol uygulamaları ile insan faktörü en aza indirilmelidir.
- 4) Tarım sektöründe fosil kökenli enerji tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerjilerin kullanılmasına ilişkin aşağıdaki önlemler alınmalıdır:
 - *Pazara bağlı önlemler:* Tarımsal destek politikaları, girdi kullanımı ve üretim optimizasyonu
 - *Düzenleyici önlemler:* Desteklerin çevresel etkileri incelenmeli ve girdi kullanımı sınırlandırılmalıdır.
 - *Gönüllü katılımlar:* Hassas tarım uygulamaları desteklenmelidir.
 - *Uluslararası programlar:* Tarımda teknoloji transferi desteklenmelidir.

Çizelge 4. Tarımda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Teknoloji	Uygulama Alanı	Gereksinimler	Yararları
Güneş Enerjisi	• Aydınlatma	➤ Doğal aydınlatma	❖ Tarımsal yapıların doğal aydınlatmaya uygun olarak tasarılanmalıdır.	✓ Aydınlatma giderleri azalır. ✓ Üretim artışı sağlanır.
	• Fotovoltaik	➤ Elektrik üretimi	❖ Güneş ışınımı engellenmemelidir.	✓ Elektrik gereksinimi karşılanır. ✓ Bina tasarımına veya çatıya yerleştirilebilir.
	• Ortam ısıtma	➤ Ortam ısıtma	❖ Zeminden ısıtma yapmak gereklidir.	✓ Yaşam koşulları iyileşir.
	• Ortam ısıtma/toplaç	➤ Ön ısıtma ve ısıtma	❖ Duvarların güneş görmesi gerekir.	✓ Hava kalitesi iyileşir.
	• Su ısıtma	➤ Sıcak su	❖ Güneş ışınımı engellenmemelidir.	✓ Sıcak su gereksinimi karşılanır.
Jeotermal Enerji	• Jeotermal ısı pompası	➤ Sera ısıtma ➤ Hayvan barınakları ➤ Balık çiftlikleri ➤ Toprak ısıtma ➤ Ürün kurutma ➤ Mantar üretimi ➤ Toprak ıslahı	❖ Yatay veya düşey kuyular için yer gereklidir. ❖ Jeotermal akışkanın kimyasal yapısı önemlidir.	✓ Isı değiştiriciler ile yapılan ısıtma ve soğutma uygulamalarında yaşam koşulları iyileşir.
Biyokütle Enerjisi	• Biyoenerji yakıtları	➤ Elektrik üretimi ➤ Ortam ısıtma ve soğutma ➤ Su ısıtma ve soğutma ➤ Biyodizel yakıtı	❖ Tarım ve orman atıklarından sürekli olarak sağlanan organik materyal gereklidir.	✓ Atık kontrolü sağlanır. ✓ Çevreye olan olumsuz etkiler önlenir. ✓ İşletme giderleri azalır. ✓ Yedek güç sağlanır.
Rüzgar Enerjisi	• Rüzgar türbini	➤ Elektrik üretimi ➤ Mekanik güç	❖ Belirli hızda esen rüzgar gereklidir.	✓ Gelişen teknoloji ile birlikte enerji birim maliyetleri düşmektedir. ✓ Dışa bağımlı değildir. ✓ Çevre dostudur.
Hidrolik Enerji	• Hidroelektrik	➤ Elektrik üretimi	❖ Güvenilir su akımı gereklidir.	✓ Yapılan yatırım sadece enerji için değil sulama ve taşkın amaçlı kullanılabilir.

Kaynaklar

- [1]. Barut, Z.B. ve Öztürk, H.H. Evaluation of Energy Inputs in Maize Production in Çukurova Region of Turkey. International Conference Science and Research –Tools of Global Development Strategy, Czech University of Agriculture Prague, Technical Faculty , Prague, Czech Republic, 24 September, 2004.
- [2]. Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. ve Özmerzi, A. Energy Use Pattern of Some Field Crops and Vegetable Production: Case Study Antalya Region. Turkey. *Energy Conversion and Management*, 46(4): 655-666, 2005.
- [3]. ETKB. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2004.
- [4]. Hatırlı, S.A., Özkan, B. ve Fert, C. 2004. An Econometric Analysis of Energy Input-Output in Turkish Agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(6): 608-623, 2005.
- [5]. Karkacığer, O., Göktolga, Z.G., 2004. Input-Output Analysis of Energy Use in Agriculture. *Energy Conversion and Management* 46(9-10): 1513-1521, 2005.
- [6]. Ören, M.N. ve Öztürk, H.H. Energy Input–Output Analysis in Field Crop Production in Southeastern Anatolia Region of Turkey. International Conference Science and Research –Tools of Global Development Strategy, Czech University of Agriculture Prague, Technical Faculty , Prague, 24 September, 2004.
- [7]. Özkan, B., Akcaoz, H. ve Karadeniz, F. Energy Requirement and Economic Analysis of Citrus Production in Turkey. *Energy Conversion and Management* 45(11-12): 1821–1830, 2003.
- [8]. Özkan, B., Akcaöz, H. ve Fert, C. Energy Input-Output Analysis in Turkish Agriculture. *Renewable Energy* 29: 39–51, 2004.
- [9]. Özkan, B., Kürklü, A. ve Akcaoz, H. An Input-Output Energy Analysis in Greenhouse Vegetable Production; A Case Study for Antalya Region of Turkey. *Biomass and Bioenergy* 26: 89-95, 2004.
- [10]. Öztürk, H.H. Türkiye Tarım Sektöründe Enerji ve Ekserji Kullanımı. Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi, Aydın, 08-10 Eylül 2004.
- [11]. Öztürk, H.H ve Barut, Z.B. Türkiye Tarımında Enerji Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı: 1253-1264, 3-7 Ocak 2005.
- [12]. Ültanır, M.Ö. ve Kadayıfçılar, S. Türkiye'nin Genel Enerji Durumuna Bağlı Olarak Türkiye Tarımının Bugünkü Enerji Durumu ile Talep Projeksiyonu, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, 1970, Yıl 20, Fasikül 2, s. 289-307, 1971.
- [13]. Ültanır, M.Ö. Seralarda, Kümeslerde, Ahırlarda Tarımsal Elektrifikasyon Uygulamaları ve Bunların Ekonomik İşletmecilik Açısından Etüdü, Köy Elektriklendirilmesi Sempozyumu/06-08 Haziran 1973, Dünya Enerji Konferansı Türk Milli Komitesi (WEC), Tebliğ No. 13, 23 s., 1973.
- [14]. Ültanır, M.Ö. Gelişme Sürecindeki Ülkeler ile Türkiye’de Enerji ve Tarım İlişkileri, Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu / 06-10 Ekim 1980, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümü, Özbildiriler Kitabı, s. 57-61 (Orjinal metin 18 s.), 1980.
- [15]. Ültanır, M.Ö. Türkiye Tarımının Mekanizasyon ve Enerji Durumuna Kısa Bakış, Cumhuriyet Üniversitesi Tokat Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, s. 268-281, 1985.
- [16]. Ültanır, M.Ö. 21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, TÜSİAD- Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği, Yayın No. TÜSİAD-T/98-12/239, 1998.
- [17]. Uzman, İ. Enerji girdi ve çıktıları esas alınarak Türk tarımının veriminin yıllara göre değişimi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Aralık 1984.
- [18]. Yıldız, O., Öztürk, HH. ve Başçetinçelik, A. The Determination of Energy Outputs/Inputs Rates at Some Products of the Çukurova Region. International Conference on Agricultural Engineering, Technical Papers and Posters: 391–392, 24-26 October 1990.
- [19]. Yıldız, O., Öztürk, HH., Zeren, Y. ve Başçetinçelik, A. Türkiye Tarla Bitkileri Üretiminde Enerji Kullanımı. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 3, Sayı 1-2: 51–62, 1990.
- [20]. Yıldız, O., Öztürk, HH. ve Başçetinçelik, A. Çukurova Bölgesi Tarla Bitkileri Üretiminde Enerji Kullanımı. 1. Çukurova Tarım Kongresi Bildiri Kitabı: 359–366, 9-11 Ocak 1991.
- [21]. Yıldız, O., Öztürk, HH., Zeren, Y. ve Başçetinçelik, A. Energy Usage in Production of Field Crops in Turkey. 5th International Congress on Mechanization and Energy Use in Agriculture, 11-14 October 1993.
- [22]. Yılmaz, İ., Akcaöz, H. ve Özkan, B. An Analysis of Energy Use and Input Costs for Cotton Production in Turkey. *Renewable Energy*. 30(2): 145-155, 2004.