

## Organik Tarım ve Geleneksel Tarım Sistemlerinde Sera Gazı Emisyonu

Cevdet SAĞLAM\*<sup>1</sup>, Necati ÇETİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

\*Sorumlu yazar: cevdebsaglam@erciyes.edu.tr

### Özet

Günümüzde dünya nüfusu hızla artarken tarımsal üretim yapılan arazi büyüklüğü en geniş sınırlara ulaşmış durumdadır. Yoğun tarım üretimi ve iklim değişikliğinin çevresel etkileri, dünyanın birçok bölgesinde gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Ayrıca fosil yakıtların, pestisit ve yapay gübrelerin tarımsal üretimde aşırı şekilde kullanımı doğal çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Fosil yakıt, pestisit ve gübre kullanımındaki artış nedeniyle sera gazı emisyonunda yüksek oranlara ulaşılmıştır. Bu sebeple çevre dostu ve sera gazı oluşumunu azaltıcı etkiye sahip organik tarım uygulamaları son yıllarda daha popüler hale gelmiştir. Bu araştırmanın amacı, organik tarım sistemlerinde yenilenebilir enerji kullanımını incelemek ve sera gazı emisyonu yönünden geleneksel tarım uygulamalarıyla karşılaştırmaktır. Sonuç olarak, farklı organik tarım araştırma sonuçları incelenmiş ve geleneksel tarım uygulamaları ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Organik tarım, geleneksel tarım, sera gazı, enerji

### Greenhouse Gas Emission in Organic and Conventional Farming Systems

#### Abstract

Today, the world population is rapidly increasing, but the size of agricultural lands has reached to maximum limits. In addition, the environmental impact of intensive agricultural production and climate change threatens food security in many regions of the world. Moreover, excessive use of fossil fuels, pesticides and chemical fertilizers in conventional farming has serious adverse impacts on natural environment and human health. So environment-friendly farming systems with reduced greenhouse gas generation and organic farming practices are getting more popular in recent years. The aim of this research is to investigate the utility of renewable energies in organic farming and to compare with conventional farming systems with regard to greenhouse gas emissions. As a result, use of renewable energy in organic farming systems and their impact on greenhouse gas emissions have been examined according to different research results and the results were compared with conventional farming practices.

**Key words:** Organic farming, conventional farming, greenhouse gas, energy

## 1. Giriş

Fosil yakıtlar yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır ve ekosistem için birçok zarar etkiye sahiptir. Günümüzde tarımsal üretimde, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan sorunlar artmaktadır (Brown vd., 1998). Tarımda kullanılan fosil yakıtların çevreye olan başlıca zararları; toprak ve su kaynaklarının kirlenmesi, yararlı organizmaların zehirlenmesi ve atmosfere salınan sera gazı emisyonunu oluşturmalarıdır.

Artan sera gazı emisyonları nedeniyle, küresel ısınma son 100 yılda artmış olup gelecek yıllarda iklim üzerinde olacak etkileri belirsizliğini korumaktadır (Flavin ve Dunn, 1998). Organik tarım, yapay gübre ve pestisit kullanılmadan yapılan, ekim nöbeti, kompost gübre ve biyolojik mücadele tekniklerinden oluşan tarımsal üretim sistemidir (Maeder vd., 2002; Helander ve Delin, 2004; Jørgensen vd., 2005). Organik tarım, entansif (yoğun) tarım girdilerinden kaynaklanan çevresel zararların azaltılması için önemli bir çözüm yöntemi olarak görülmektedir. Ayrıca doğal kaynakları ve insan

sağlığını koruması sebebiyle dünya çapında ilgi görmektedir (Liu ve Gu, 2016; Sandhu vd., 2010; Maeder vd., 2002).

Organik tarım, üretim çıktıları kıyaslandığında düşük enerji girdisi sağlanarak tarım sistemlerinin geliştirilmesine ve karbondioksit emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda, organik tarımın gelişmesi, enerji tasarrufu için gerekli görülmektedir (Pimentel ve Pimentel, 1996). Sürdürülebilir tarım, yenilenemeyen enerji kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılması ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda yoğun kullanımı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Organik ve geleneksel tarımın çevresel etkilerini karşılaştırmak için birçok bilimsel çalışma yapılmıştır (Tuomisto vd., 2012; Mondelaers vd., 2009; Williams vd., 2010). Bu çalışmalarda organik ve geleneksel sistemlerin çevresel etkileri açısından önemli bir çeşitlilik gözlemlenmiştir. Geleneksel tarımda toprak kalitesinin artırılması için su kirliliğinin ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasının yanında biyo çeşitliliğin artırılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı organik ve geleneksel tarım sistemlerinin sera gazı emisyonu ve çevre sorunlarının etkilerini değerlendirmektir. Bu amaçla, bugüne kadar yürütülen bazı araştırmaların sonuçları incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

## 2. CO2 Emisyonu ve Enerji Kullanımı

### 2.1. Tarımda Enerji Dengesi ve Kullanımı

Tarımda enerji dengesi 1970'li yıllardan beri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Pimentel vd., 1973; Berardi, 1978). Enerji girdileri ve çıktıları, enerji tüketimi ve üretimi açısından önemli bir göstergedir. Ayrıca bitkisel üretimde enerji verimliliğine ve çevreye katkıda bulunan önemli faktörlerdir (Risoud, 2000).

Tarımsal üretimde girdiler ve çıktılar için enerji eşdeğerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Geleneksel ve organik pirinç üretiminde kullanılan mekanik enerji; makine kullanımı ve dizel yakıt tüketimini içermektedir (Mansoori vd., 2012).

**Tablo 1.** Organik pirinç üretiminde girdi ve çıktıların enerji eşdeğerleri

Enerji Kaynağı	Enerji Eşdeğeri (MJ)
İnsan Gücü	1.96
N	60.60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11.10
K <sub>2</sub> O	6.70
Çiftlik gübresi (kg)	0.30
İnsektisit	199
Fungusit	92
Herbisit	238
Dizel (L)	56.31
Tohumu	14.57
Saman	12.50
Tarım Makinesi (sa)	62.70
Su (m <sup>3</sup> )	0.63
Elektrik (kWh)	11.93

Bir sistemin enerji verimliliği, net enerji, enerji çıkışı/girdisi ve enerji kullanım etkinliği oranı olarak ölçülebilmektedir. Net enerji artışı, birim enerji girdisi başına enerji çıkışı artırılarak sağlanabilmektedir (Rathke vd., 2007). Enerji kullanım etkinliği, gübreleme ve toprak işleme gibi girdilerin azaltılmasına, ürün verimi gibi çıktıların artırılmasına bağlıdır (Swanton vd., 1996). Bazı modern tarım sistemlerinde, pestisit ve ürün çeşitlerinin daha verimli kullanılması sonucunda verimlerin sürekli olarak iyileştiği gözlemlenmiştir (Hulsbergen vd., 2001).

## 2.2. Tarımda Sera Gazı Emisyonları

Tarımsal kaynaklı emisyonlar olarak genelde CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O olarak karşımıza çıkmaktadır. Organik tarımda sera gazı emisyonlarını azaltma olanaklarının belirlenmesi gerekmektedir. Tarımda 2005 yılında tahmini 5.1-6.1 Gt CO<sub>2</sub>/yıl emisyonu açıklanmıştır (toplam küresel antropojenik sera gazı emisyonlarının % 10-12'si, CH<sub>4</sub>, 3.3 Gt CO<sub>2</sub>/yıl ve N<sub>2</sub>O 2.8 Gt CO<sub>2</sub>/yıl). Ayrıca küresel antropojenik emisyonlar tarımda N<sub>2</sub>O'nun yaklaşık % 60'ını ve CH<sub>4</sub>'ün yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır (IPCC, 2007). Tarımda CO<sub>2</sub> emisyonuna yapılan katkılar, petrol ve doğal gaz formunda doğrudan (arazi çalışması, makine) ve dolaylı (üretim, taşıma, gübreleme ve ilaçlama) enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır. Bitkisel üretime daha fazla arazi sağlamak için orman arazilerinin ortadan kaldırılması, CO<sub>2</sub> emisyonlarına önemli bir negatif etkide bulunmaktadır. NH<sub>4</sub> emisyonlarına, çiftlik hayvanları, gübre ve pirinç tarlaları neden olmaktadır. N<sub>2</sub>O ise topraktan (denitrifikasyon) ve az ölçüde hayvan gübresinden kaynaklanmaktadır (IPCC, 2007).

## 2.3. Organik Tarımda Karbon Havuzu

Organik tarım uygulamaları topraktaki karbon birikimini organik madde formunda zenginleştirmede önemli bir role sahiptir. ABD'deki 15 yıllık bir çalışmanın sonuçları, iki baklagil tarımı ve bir geleneksel tarım olmak üzere üç bölgesel mısır/soya fasulyesi tarımını karşılaştırılan Drinkwater vd. (1998), ABD'de mısır/soya fasulyesi yetiştirilen bölgelerdeki organik tarım uygulamalarının adaptasyonunun, toprak karbon birikimini yaklaşık 0.13 ile 0.30 g/yıl oranında artıracığını tahmin etmiştir. Bu oran ABD'de fosil yakıt tüketiminden atmosfere salınan tahmini karbonun % 1-2'sine eşittir.

Robertson vd. (2000), ABD'de, organik tarım sistemleri denemesi için 10 yıl içinde, organik tarım sisteminin geleneksel ürün sisteminin net GWP'sinin yaklaşık üçte birine sahip olduğu, ancak toprak işlemez sistemlerin geleneksel tarıma göre üç kat daha yüksek bir GWP'ye sahip olduğunu bildirmiştir. Üç sistem karşılaştırıldığında azot oksit emisyonları ve metan salınımlarında hiçbir fark gözlemlenmemiştir. Ortalama toprak karbon birikimini, geleneksel tarımda yılda 0 g/m<sup>2</sup>, organik tarımda yılda 8 g/m<sup>2</sup> ve geleneksel toprak işlemez tarımda yılda 30 g/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Karbon havuzu olarak toprağın bir sınırı olduğu için bu durum karbon dioksit emisyonları sorununa geçici bir çözüm olacaktır. Fosil yakıtların hızlı bir şekilde tüketilmesi önemli bir sorun oluşturmaktadır. Foereid ve Høgh-Jensen (2004), organik tarımda karbon havuzu için bir senaryo geliştirmişlerdir. Simülasyonlar, ilk 50 yılda ortalama 10-40 g/cm<sup>2</sup> oranında hızlı bir artış göstermiştir. Bu artış daha sonra dengelenerek ve 100 yıl sonunda istikrarlı bir birikim seviyesine ulaşmıştır. Her ne kadar organik tarım CO<sub>2</sub>'yi azaltmak için önemli bir seçenek olsa da, CO<sub>2</sub> ve sera gazı emisyon azalımı ile ilgili uzun vadeli çözümler geliştirilmelidir. Genel olarak enerji tüketimini içeren daha genel bir değişim sağlanmalıdır.

## 2.4. Enerji kullanımının nicel değerlendirilmesi

Doğrudan enerji kullanımı çoğunlukla yakıt ve elektrik kullanımını kapsamaktadır. Yakıt kullanımı hesaplanırken arazideki işlemler dikkate alınmaktadır. Elektrik; süt sağımı, suyun ısıtılması, sütün soğutulması, havalandırma ve ürünlerinin depolanması için kullanılmaktadır. Kurutma için enerji kullanımı dikkate alınmamıştır. Dolaylı enerji kullanımı, satın alınan mallar (kompost gübre, çiftli gübresi, konsantreler, silaj, ekim malzemesi), hizmetler (müteahhitler), binalar ve makineleri içermektedir. Satın alınan tüm mallar, ürün başına enerji katsayılarına sahipken, hizmetler, binalar ve makineler, finansal değerine veya ağırlığına göre enerji katsayılarına sahiptir (Tablo 2). Bitkisel üretim çiftliklerinde, binalara ilişkin enerji kullanımı dikkate alınmamıştır. Organik ve geleneksel süt çiftliğinde konsantreler için ayrı enerji katsayıları kullanılmıştır (M. Thomassen, Hayvan Bilimleri Grubu, Wageningen Üniversitesi Araştırma Merkezi).

**Tablo 2.** Fosil yakıtlar, elektrik, ürünler, binalar ve makinelerin enerji katsayıları

Enerji	Enerji Katsayısı	Birim
Mineral N gübresi	43.0	MJ per kg N
Mineral P gübresi	30.0	MJ per kg P
Mineral K gübresi	10.0	MJ per kg K
Dizel	48.2	MJ per kg
Elektrik	9.5	MJ per kWh
Yağ	46.6	MJ per kg
Kaba yem	2.7	MJ per kg
İnsan iş gücü, servisler	10.6	MJ per €
Tohum	19.6	MJ per €
Makina amortisman	9.7	MJ per €
Makina bakım	8.8	MJ per €
Bina amortisman	7.9	MJ per €
Traktör (4 çeker)	176.8	MJ per kg
Traktör (2 çeker)	206.3	MJ per kg
Diğer araçlar	163.4	MJ per kg
Toprak işleme mak.	151.8	MJ per kg
Diğer makineler	139.1	MJ per kg
Tohum	7.5	MJ per kg
Herbisitler	267.5	MJ per kg
Fungusitler	176.0	MJ per kg
İnsektisitler	217.4	MJ per kg

## 2.5. Sera gazı emisyonlarının nicel değerlendirilmesi

Sera gazı emisyonları, Hollanda emisyon envanterinde kullanılan emisyon faktörleri prensibine göre hesaplanmıştır (Schils vd., 2006a; Schils vd., 2006b; Schils vd., 2007). Bunların çiftlik seviyesi hesaplamaların yetersiz olması durumunda, Solomon vd., 2007'ye göre daha ayrıntılı emisyon faktörleri kullanılmıştır. Metan emisyonları öncelikle gübre depolanmasını ve çiftlik hayvanlarının bağırsak fermantasyonları, sonra ise konsantreler, çim ürünleri ve mısır silajı için farklı emisyon faktörleri ile hesaplanmıştır. Doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonları gübre yönetimine tabi tutulmuş, otlatma, gübre uygulaması, anız ve otlak yenilemesi sırasında N salgılanmıştır. Dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonları, tarımda girdilerin veya N kayıplarının (NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> ve NO<sub>x</sub>) üretimiyle ilişkilidir. Karbondioksit emisyonları, fosil yakıt kaynaklı enerji kullanımına bağlıdır. Yakıt tüketimi, elektrik kullanımı ve farklı dolaylı enerji kullanımı kategorileri için farklı emisyon faktörleri kullanılmıştır (Tablo 3) (Solomon vd., 2007).

**Tablo 3.** Sera gazı emisyonu katsayıları

Madde	Emisyon faktörleri			Birim
	CO <sub>2</sub> (kg)	N <sub>2</sub> O (g)	CH <sub>4</sub> (g)	
Tüm tarım sistemlerinde				
Mineral N gübresi	2.5	7.9	-	per kg N
Mineral P gübresi	1.6	-	-	per kg P
Mineral K gübresi	0.6	-	-	per kg K
Dizel	74.3	-	-	per GJ
Elektrik	59.0	-	-	per GJ
Propan	64.0	-	-	per GJ
Bulamaç uygulaması	-	10.0	-	per kg N
Gübre uygulaması	-	10.0	-	per kg N
NO <sub>3</sub> -N özütleme	-	7.5	-	per kg N
NH <sub>3</sub> -N buharlaşma	-	10.0	-	per kg N
NO <sub>x</sub> -N emisyon	-	10.0	-	per kg N
Pulluk işleme	-	10.0	-	per kg N
Süt çiftliğinde				
N atılımı sıvı bulamaç	-	1.0	-	per kg N
N atılımı derin çukur	-	20.0	-	per kg N
N atılımı otlak	-	25.0	-	per kg N
Bulamaç uygulaması	-	5.0	-	per kg N
Mısır anızı	-	3.1	-	per kg N
Konsantreler	-	10.0	-	per kg N
Kaba yem	-	20.0	-	per kg N
Tahıl bitkisi anızı	-	3.1	-	per kg N
Şeker pancarı anızı	-	15.6	-	per kg N
Diğer bitkilerin anızı	-	12.5	-	per kg N
Konsantre rumen fer.	-	-	20.0	per kg dm
Çayır silajı rumen fer.	-	-	19.8	per kg dm
Mısır silajı rumen fer.	-	-	16.4	per kg dm
Otlak rumen fer.	-	-	19.8	per kg dm
Depo. çiftlik gübresi	-	-	1.8	per kg

## 2.6. Geleneksel ve organik sistemlerin karşılaştırılması

Bazı geleneksel ve organik tarım sistemleri için veriler Tablo 4'te verilmiştir. Organik tarıma geçildikten sonra verimdeki azalma, en yüksek kışlık tahıllarda (% 47'ye kadar) en düşük ise yem bitkileri üretiminde gerçekleşmiştir (% 20). Bu durum organik tarım sistemine özgü, kısıtlı N takviyesiyle açıklanmaktadır. Hayvancılık performansındaki fark, süt ürünleri için düşük olmakta fakat sığır üretimi için çok yüksek olmaktadır. Geleneksel sığır eti üretimi düşük seviyede yapıldığından önemli bir yönetim eksikliği söz konusudur.

**Tablo 4.** Tarla (3,272 ha) ve otlak (2,402 ha) alanlarının yıllık alanı ve verimi

Ürün	Geleneksel		Organik	
	Verim (t/ha)	Alan payı(%)	Verim (t/ha)	Alan payı(%)
Kışlık buğday	7.5	25.2	4.0	20
Kışlık arpa	6.5	15.6	3.8	5
Kışlık çavdar	5.4	3.0	3.5	5
Yulaf	4.5	3.4	4.0	10
Yazlık buğday	-	0	4.0	10
Yazlık arpa	-	0	3.8	10
Karışık tahıl	-	1.6	-	0
Kışlık kanola	3.2	20.1	2.0	5
Bakla	-	0	2.5	5
Bezelye	-	0	2.7	5
Silajlık mısır	10.6	5.6	-	0
Çim/yonca	9.5	4.5	7.6	20
Ayrılan alan	-	21.0	-	5
Kalıcı otlak	9.5	-	7.6	-

Ana üretim yöntemlerinin besin dengesi ve emisyonları önem derecesine göre ayrıntılı olarak verilmiştir. Tarlada baskın ürünlerin besin artıkları, toplam ürün ortalaması, geleneksel tarımda üretim fazlası ve organik tarımdaki eksiklikler Tablo 5’te gösterilmektedir. Canlı hayvan üretim modelleri için dengeler önemsiz bulunmuştur (Tablo 6).

**Tablo 5.** Yaygın bitkilerin besin alanı dengesi ve genel ortalama (3,272 hektar)

Yıl (kg/ha)	Azot	Fosfor	Potasyum
Geleneksel ortalama*	86.4	15.7	94
Kışlık buğday	125	24	149
Kışlık arpa	148	28	162
Kışlık kanola	93	9.2	126
Organik ortalama*	-17.7	-4.0	-25.3
Kışlık buğday	-1.2	5.2	44
Yazlık tahıl	-24	-2.5	15
Çim/yonca	-95	-23	-196

\*Toplam ekilebilir alanla ilgili tüm ürünlerin ortalaması

**Tablo 6.** Başlıca hayvan türlerinin N, P, K değerleri

Yıl (kg/LU) <sup>1)</sup>	Azot	Fosfor	Potasyum
Geleneksel ortalama <sup>2)</sup>	57.1	1.2	-18.2
Süt ineği	69.6	2.0	-3.1
Sütten kesilmemiş inek <sup>3)</sup>	31.5	-3.4	-23.9
Entansif sığırı	60.7	-0.4	-10.7
Düşük entansif sığırı	30.2	-8.3	-68.3
Organik ortalama <sup>2)</sup>	39.2	0.8	3.7
Süt ineği	56.4	1.0	31.2
Süt kesilmemiş inek ve öküz	22.2	-3.7	-24.8
Et sığırı	42.7	1.0	11.5

- 1) LU: hayvancılık ünitesi 500 kg canlı ağırlığa eşittir
- 2) Bölgedeki toplam hayvancılığın ortalaması
- 3) 4 aylık olana kadar buzağı dahil

Geleneksel tarımda bitkisel üretimde besin fazlalarının başlıca nedeni, kışlık buğday veri setinde gösterildiği gibi, gübre ile uygulanan N miktarının uygun bir şekilde değerlendirilmesi yapılmadan mineral gübrenin kullanılması olmuştur (Tablo 7).

**Tablo 7.** Geleneksel ve organik tarımda kışlık buğdayın besin dengeleri

Yıl (kg/ha)	Azot		Fosfor		Potasyum	
	Gel.	Org.	Gel.	Org.	Gel.	Org.
Çiftlik gübresi	144.0	90.8	37.5	24.4	198.0	113.4
Mineral gübresi	165.3	0	23.1	0	91.6	0
Toplam girdi	309.3	90.8	60.6	24.4	289.6	113.4
Tane	144.6	72.0	26.8	14.0	36.0	19.9
Sap	39.8	20.0	9.5	5.2	105.1	49.8
Toplam çıktı	184.4	92.0	36.3	19.2	141.1	69.7
Denge	124.9	-1.2	24.3	5.2	148.5	43.7

Tablo 8'de görüldüğü gibi, ana hayvancılık sistemi süt üretimi, organik süt dengesi K için negatifte olsa bir K fazlalığı belirtmesine rağmen N ve P için geleneksel tarımda yüksek ürün fazlalıkları göstermemiştir. Her ne kadar mineral gübreler sadece geleneksel tarımda kullanılıyor olsa da, benzer şekilde yüksek N ve K fazlalığı, yemle alınan yüksek miktardaki besinlerin bir fonksiyonu olarak her iki sistemde de ortaya çıkmıştır.

**Tablo 8.** Geleneksel ve organik tarımda mandıra otlak biriminin besin dengeleri

Yıl (kg/LU) <sup>1)</sup>	Azot		Fosfor		Potasyum	
	Gel.	Org.	Gel.	Org.	Gel.	Org.
Azot fiksasyonu	19.3	23.7	-	-	-	-
Mineral gübresi	49.6	-	6.5	-	15.8	-
Alınan yem	41.4	19.4	6.2	2.8	16.7	5.8
Alınan yerel yem <sup>2)</sup>	18.5	55.3	2.8	6.4	17.0	54.7
Saman	4.4	3.4	0.8	0.9	8.3	4.3
Hayvanlar	0.5	-	0.1	-	0.1	-
Toplam girdi	133.7	101.8	16.4	10.1	57.9	64.8
Çiftlik gübresi	30.6	20.1	7.5	4.4	44.2	25.1
Satılan çiftlik gübresi	6.6	-	2.0	-	9.8	-
Süt, buzağı ve iskarta inekleri	26.9	25.3	4.9	4.7	7.0	8.5
Toplam çıktı	64.1	45.4	14.4	9.1	61.0	33.6
Denge	69.6	56.4	2.0	1.0	-3.1	31.2

1) LU - hayvancılık ünitesi 500 kg canlı ağırlığa eşittir

2) Proje bölgesinde satın alınan kaba yemler.

Geleneksel bitkisel üretimde fosil enerjinin kullanılması ve gaz emisyonu, organik tarımda iki kattan fazladır (Tablo 9). Özellikle, mineral N gübresi üretimi, büyük miktarda CO<sub>2</sub> yayan yoğun bir enerji kaynağıdır. Her iki sistemde tahıl ürünleri için elde edilen veriler, Bockisch vd. (2000), Haas and Köpke (1994) and Haas vd. (1995), tarafından Almanya için hesaplanan ortalama verilerle eşleştirilir, fakat veriler geleneksel kışlık kolza tohumu için daha düşük, organik çim/yonca için daha yüksektir.

**Tablo 9.** Yaygın bitkilerin yıllık alana bağlı abiyotik çevresel etkileri (3,272 ha)

Ürün	Fosil enerji kullanımı (GJ/ha)	Küresel ısınma potansiyeli (t CO <sub>2</sub> /ha)	Amonyak emisyonu <sup>1)</sup> (kg NH <sub>3</sub> /ha)	Asitleşme (kg SO <sub>2</sub> /ha)
Geleneksel ortalama <sup>2)</sup>	12.22	2.80	20.7	44.1
Kışlık buğday	17.88	3.87	33.6	70.9
Kışlık arpa	16.32	3.62	32.9	68.7
Kışlık kanola	12.68	2.93	17.1	37.2
Organik ortalama <sup>2)</sup>	4.95	1.20	9.8	21.3
Kışlık buğday	6.18	1.32	17.3	36.0
Yazlık tahıl <sup>3)</sup>	5.05	1.03	12.6	26.6
Çim/yonca	6.13	1.47	0	3.5

1) Gübre, bulamaç ve mineral gübre uygulamasına bağlı amonyak emisyonu

2) Toplam ekilebilir alanla ilgili tüm ürünlerin ortalaması

3) Yulaf, buğday ve arpa ortalaması

Hayvancılıkta fosil enerji kullanımı, daha çok otlaklara uygulanan mineral N gübresi nedeniyle, geleneksel tarımda daha yüksektir. Ancak, metan emisyonları da buna benzer olduğu için, küresel ısınma potansiyelindeki fark, bitkisel üretimden daha azdır (Tablo 10). Amonyak emisyonundaki farklılıklar ve bu nedenle oluşan asitleşme potansiyeli, daha uzun otlatma süresi, daha kısa gübre depolaması ve organik çiftliklerde mineral N gübresi kullanılmadığından, bitkisel ve hayvansal üretimde gözlenebilir.

**Tablo 10.** Yaygın hayvancılık-otlak birimlerinin yıllık abiyotik çevresel etkileri (4,669 LU)

Ürün	Fosil enerji kullanımı (GJ/ LU)	Metan emisyonu (kg CH <sub>4</sub> /LU)	Küresel ısınma potansiyeli (t CO <sub>2</sub> / LU)	Amonyak emisyonu <sup>1)</sup> (kg NH <sub>3</sub> / LU)	Asitleşme (kg SO <sub>2</sub> / LU)
Geleneksel ortalama <sup>2)</sup>	9.59	92.1	3.68	36.5	70.7
Süt ineği	12.61	107.5	4.54	37.6	75.5
Sütten kesilmemiş inek <sup>3)</sup>	7.97	126.2	4.18	37.7	75.2
Entansif sığırı	8.51	92.8	3.33	40.4	30.5
Düşük entansif sığırı	8.16	92.8	3.87	33.7	67.4
Organik ortalama <sup>2)</sup>	4.79	93.7	3.07	28.5	55.5
Süt ineği	6.39	128.1	3.91	30.1	58.7
Et sığırı	4.76	92.8	3.24	36.6	71.1
Sütten kesilmemiş inek ve öküz	2.76	97.9	3.00	22.1	43.1

1) LU - hayvancılık ünitesi 500 kg canlı ağırlığa eşittir

2) Bölgedeki toplam hayvancılığın ortalaması

3) 4 aylık yaşa kadar buzağı

Tüm kategorilerde kışlık buğday ve sütte ürünle ilgili çevresel etkilerde bile organik tarımın üstün bir performans göstermesine rağmen, verimin daha düşük olduğu görülmektedir (Tablo 11). Benzer sonuçlar Bockisch vd. (2000) ve Haas vd. (1995) tarafından buğdayda fosil enerji kullanımı için ve Cederberg and Flysjoe (2004), De Boer (2003) and Haas vd. (2001) tarafından sütle ilgili çevresel etkiler için elde edilmiştir.



**Tablo 11.** Geleneksel buğday ve organik kışık buğday ile otlak üretiminde ürüne bağlı abiyotik çevresel etkiler

Ürün	Birim	Kışık buğday		Süt	
		Gel.	Org.	Gel.	Org.
N dengesi	g N/kg	16.65	-0.302	11.370	9.637
P dengesi	g P/kg	3.242	2.605	0.334	0.162
Fosil enerji kullanımı	(MJ/ha)	2.384	1.546	2.062	1.092
Küresel ısınma	(kg CO <sub>2</sub> /ha)	0.516	0.330	0.567	0.449
Amonyak emisyonu	(g NH <sub>3</sub> /ha)	4.486	4.333	6.157	5.144
Asitleşme	(g SO <sub>2</sub> /ha)	9.453	9.004	12.350	10.040

### 3. Sonuçlar

*Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu:* Organik tarımda, enerji verimliliği (çıktı/girdi) geleneksel tarımdan çok daha iyi performans göstermektedir. Geleneksel tarımda, ekilen tarlaların her biriminde en yüksek net toplam enerji üretimi gerçekleştirilmektedir.

*CO<sub>2</sub> ve sera gazının azaltılması:* Organik tarım, sera gazının azaltılması ve bir karbon havuzu sağlanması için önemli bir yöntemdir. Fakat karbon havuzu için toprağın belirli bir sınırı vardır. Doğru yapılan organik tarım, enerji tüketimini, CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazı emisyonlarını azaltmanın yanı sıra toprak sağlığını ve biyolojik çeşitliliği korumaktadır. Organik tarımın topraklarda karbon birikimi sağlaması ve birincil ekosistemlerin azaltılarak temizlenmesi en önemli etkilerindedir. Organik tarım sistemleri, hem sera gazı salınımlarını azaltmak hem de topraktaki karbon birikimini artırmak için doğal bir potansiyele sahiptir. Organik sistemlerin bu potansiyel katkısı besinlerin korunmasını sağlar. Dolayısıyla tarımda doğrudan oluşan sera gazı emisyonlarının tek kaynağı olan topraklardaki N<sub>2</sub>O emisyonlarının azaltılması gerekmektedir. Dolaylı sera gazı emisyonları ise, mineral gübrelerden kaçınarak azaltılabilmektedir. Sera gazı emisyonlarının azaltılması için bu potansiyeller ve sürdürülebilirlik ancak organik tarım yönetiminin nitelik olarak değerlendirilmesiyle belirlenebilir. CO<sub>2</sub> emisyonlarıyla ilgili uzun vadeli çözümler ve yeni enerji koruma yöntemleri geliştirilmelidir.

#### Kaynaklar

- Berardi, G.M., 1978. Organic and conventional wheat production. In: Pimentel, D. (Ed.), Handbook of Energy Utilization in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 109-116.
- Bleken, M. A., & Bakken, L. R. 1997. The nitrogen cost of food production: Norwegian society. *Ambio*, 134-142.
- Bockisch, F.-J., Röver, M., Murphy, D.P.L. and Heinrichsmeyer, O., 2000. Evaluation of conventional and organic agricultural production in relation to primary energy inputs and certain pollution gas emissions (abstract in English). Federal Research Centre of Agriculture, report SH 211, Braunschweig, Germany.
- Bos, J. F., de Haan, J., Sukkel, W. and Schils, R. L. 2014. Energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 68, 61-70.
- Brown, L.R., Flavin, C.F. and French, H., 1998. State of the World. W.W. Norton, New York.
- Cederberg, C. and Flysjoe, A., 2004. Life cycle inventory of 23 dairy farms in southwestern Sweden. *Swed. Inst. Food Biotechnol.* 59.

- Dalgaard, T., Halberg, N., & Fenger, J. 2000. Fossil Energy Use and Emissions of Greenhouse Gasses in national Scenarios for Conversion to Organic Farming. In Fossil Energy Use and Emissions of Greenhouse Gasses in national Scenarios for Conversion to Organic Farming (pp. 1-11).
- De Boer, I.J.M., 2003. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livest. Prod. Sci.* 80, 69-77.
- Drinkwater, L. E., Wagoner, P., and Sarrantonio, M. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396: 262–265.
- Flavin, Christopher, and Seth Dunn. "Responding to the threat of climate change." 1998. New York, W.W. Norton, : 113-30.
- Foeroid, B., and Høgh-Jensen, H. 2004. Carbon sequestration potential of organic agriculture in northern Europe—a modelling approach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68(1), 13-24.
- Gomiero, T., M.G. Paoletti, D. and Pimentel, (2008). Energy and environmental issues inorganic and conventional agriculture, *Crit. Rev. Plant Sci.* 27: 239–254.
- Haas, G. and Köpke, U., 1994. Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. In: Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" Dt. Bundestag (Hrsg.). Landwirtschaft, Teilband 2, Studie H, Economica-Verlag, Bonn, Germany.
- Haas, G., Geier, U., Schulz, D.G. and Köpke, U., 1995. Comparing conventional and organic agriculture - part I: climate relevant carbon dioxide emission from the use of fossil energy use (Abstract in English). *Berichte über Landwirtschaft* 73, 401-415.
- Haas, G., Wetterich, F. and Kopke, U., 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agric. Ecosyst. Environ.* 83, 43-53.
- Haas, G., 2005. Organic agriculture in North-Rhine-Westphalia: Empirical analysis of the heterogeneous geographical distribution (Abstract in English), *Agrarwirtschaft* 54/2, 119-127.
- Helander, C.A. and Delin, K., 2004. Evaluation of farming systems according to valuation indices developed within a European network on integrated and ecological arable farming systems. *Eur. J. Agron.* 21, 53–67.
- Hulsbergen, K.J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.W., Kalk, W.D. and Diepenbrock, W., 2001. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agric. Ecosyst. Environ.* 86, 303-321.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Synthesis report. In O.R.D. Metz, P.R. Bosch, R. Dave, and L.A. Meyer (eds). *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. (Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA) <http://www.ipcc.ch/>.
- Jørgensen, U., Dalgaard, T., and Kristensen, E. S. 2005. Biomass energy in organic farming. The potential role of short rotation Coppice. *Biomass and Bioenergy* 28: 237–248.
- Kuikman, P.J., D.A. Oudendag, A. Smit, K.W. and van der Hoek, 2004. ROB measures in agriculture and reduction of greenhouse gas emissions, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, pp. 142 (in Dutch). 36]
- Liu, X., and Gu, S. 2016. A brief discussion on energy use and greenhouse gas emission in organic farming. *Int J Plant Prod*, 10(1).
- Maeder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., and Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694– 1697.

- Mansoori, H., Moghaddam, P. R., and Moradi, R. 2012. Energy budget and economic analysis in conventional and organic rice production systems and organic scenarios in the transition period in Iran. *Frontiers in Energy*, 6(4), 341-350.
- Mondelaers, K., J. Aertsens, and G. Van Huylenbroeck. 2009. A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal*, 111: 1098–1119.
- Pimentel, D., Hurd, L.E., Belloti, A.C., Forster, M.J., Oka, I.N., Sholes, O.O., Whitman, R.J., 1973. Food production and the energy crisis. *Science*. 182, 443-449.
- Pimentel, D., and Pimentel, M. 1996. Energy use in fruit, vegetable and forage production. *Food, Energy and Society*, 131-147.
- Rathke, G.-W., Wienhold, B.J., Wilhelm, W.W., Diepenbrock, W., 2007. Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. *Soil Till. Res.* 97, 60–70.
- Robertson, G. P., Paul, E. A., and Harwood, R. R. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: Contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science* 289: 1922–1925.
- Risoud, B., 2000. Energy efficiency of various French farming systems: questions and sustainability. Int. Conference ‘Sustainable energy: new challenges for agriculture and implications for land use’, Organized by Wageningen University, Netherlands, May 18-20.
- Sandhu, H.S., Wratten, S.D., Cullen, R., 2010. Organic agriculture and ecosystem services. *Environ. Sci. Policy*. 13, 1-7.
- Schils, R.L.M., A. Verhagen, H.F.M. Aarts, P.J. Kuikman and L.B.J. Sebek, 2006a. Effect of improved nitrogen management on greenhouse gas emissions from intensively dairy systems in the Netherlands, *Glob. Change Biol.* 12 382–391.
- Schils, R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers and M.H. de Haan, 2006. Greenhouse gas module BBPR, Wageningen University and Research Centre, Wageningen p. 50 (in Dutch).
- Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den Pol-van Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop, and R.L.G. Zom, 2007. DairyWise, a whole-farm model, *J. Dairy Sci.* 90 5334–5346.
- Solomon, S. D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.), *Climate Change 2007. The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Swanton, C.J., Murphy, S.D., Hume, D.J. and Clements, D.R., 1996. Recent improvements in the energy efficiency of agriculture: case studies from Ontario, Canada. *Agric. Syst.* 52 (4), 399–418.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P. and Macdonald, D.W., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts. A meta-analysis of European research. *J. Environ. Manag.* 112, 309-320.
- Williams, A., Audsley, E. and Sandars, D., 2010. Environmental burdens of producing bread wheat, oilseed rape and potatoes in England and Wales using simulation and system modelling. *Int. J. Life Cycle Assess.* 15, 855-868.