

## **Tarımsal Üretimde Enerji Kullanımı ve Çevresel Etkiler İçin Sürdürülebilirlik Göstergeleri**

**H. Hüseyin ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>, H. Kaan KÜÇÜKERDEM<sup>2</sup>, Nusret MUTLU<sup>3</sup>,  
Zinnur GÖZÜBÜYÜK<sup>4</sup>, Ümran ATAY<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,  
Adana

<sup>2</sup>Iğdır Üniveristesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Iğdır

<sup>3</sup>GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Karaköprü-Şanlıurfa

<sup>4</sup>Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Erzurum

<sup>5</sup>GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Şanlıurfa

\*Sorumlu yazar e-posta: [hhozturk@cu.edu.tr](mailto:hhozturk@cu.edu.tr)

Geliş Tarihi (Received): 15.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 05.12.2018

**Özet:** Türkiye'nin, ortak bir sorun olan iklim değişikliğine karşı önlemler alması ve sanayi ve diğer sektörlerde iklim değişikliğiyle mücadele politikaları ile uyumlu reformlar yapması gerekmektedir. Bu durum, gerek üretim yöntemlerinde gerekse bireysel olarak tüketim kalıpları ve yaşam şekillerinde önemli bir yeniden değerlendirme ve dönüşüm sürecini getirecektir. Bu çalışmada, tarımsal üretimde enerji tüketimi ve çevresel etkiler için sürdürülebilirlik göstergeleri tanımlanmış ve değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tarım, sürdürülebilirlik.

### **Sustainability Indicators for Energy Use and Environmental Impacts in Agricultural Production**

**Abstract:** Turkey's compatible with the common problem of climate change and to take precautions against industry and other sectors to combat climate change policy reforms are required to do. This will bring about an important re-evaluation and transformation process both in production methods and in individual consumption patterns and life styles. In this study, indicators of sustainability for energy consumption and environmental impacts in agricultural production have been identified and evaluated.

**Key words:** Agriculture, sustainability.

### **GİRİŞ**

Küresel iklim değişikliği, insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan gazların sera etkisi yaratması sebebiyle iklimde meydana gelen değişme olarak tanımlanmaktadır. Küresel iklim değişikliği başta ekolojik sistemler olmak üzere ekonomik ve sosyokültürel sistemleri etkileyen çok boyutlu ve taraflı küresel bir sorundur. Küresel iklim değişikliğinin gezegenimizde yaratacağı sorunların (biyoçeşitliliğin azalması, deniz seviyesinin yükselmesi, sıcaklıkların artması, kuraklık, vektörel hastalıklar, gıda güvenliğinin sağlanamaması gibi) farkına varılması sonucunda çevre sorunları için kilometre taşı olarak kabul edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 1992'de imzalanmıştır. Bu sözleşmenin imzalanmasının ardından 1997 yılında sera gazı salınımlarını azaltmak üzere Kyoto Protokolü yürürlüğe girmiştir. Türkiye ise Küresel İklim Değişikliği sorununa kayıtsız kalmayarak, 2004 yılında

BMİDÇS taraf olmuş ve 2009 yılında da Kyoto Protokolünü imzalamıştır (Binboğa, 2017).

İklim ve enerji politikaları çerçevesinin bir parçası olarak Avrupa Birliği (AB), 2030 yılına kadar AB topraklarının emisyonlarını 1990 düzeylerinin en az % 40 altına çekmeyi taahhüt etmiştir. Küresel iklim değişikliğinin hafifletilmesi için AB mevzuat ve AB politikalarının değerlendirilmesi ve uzun vadeli stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin, ortak bir sorun olan iklim değişikliğine karşı önlemler alması ve sanayi ve diğer sektörlerde iklim değişikliğiyle mücadele politikaları ile uyumlu reformlar yapması gerekmektedir. Bu durum, gerek üretim yöntemlerinde gerekse bireysel olarak tüketim kalıpları ve yaşam şekillerinde önemli bir yeniden değerlendirme ve dönüşüm sürecini getirecektir. Bu çalışmada, tarımsal üretimde

enerji tüketimi ve çevresel etkiler için sürdürülebilirlik göstergeleri tanımlanmış ve değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik, bir toplumun, ekosistemin ya da devam eden herhangi bir sistemin bağlı olduğu ana kaynakları tüketmeden (veya aşırı yüklenmeden) belirsiz bir geleceğe kadar işlevini devam ettirebilme yeteneği olarak tanımlanabilir (Gilman, 1992). Çok boyutlu bir kavram olan ve birçok alanda kullanılan sürdürülebilirlik kavramının temel özelliği ise geleceği konu edinmesi ve hangi alanda kullanılıyorsa o alandaki kaynakların korunarak sürekliliğinin sağlanmasına dayanmasıdır (Beyhan ve Ünügür, 2005; Binboğa, 2017).

1960'lı yıllarda başlayan dönemde çevre sorunlarının yaşam üzerindeki olumsuz etkileri endişelere neden olmuş ve daha çok üretim ve tüketime dayanan gelişme/kalkınma anlayışının sürdürülebilir olmadığı farkına varılmaya başlanmıştır. Hiçbir üretim ve tüketim faaliyeti doğal kaynaklara dayandırılmaksızın yapılamayacağından teknoloji ve bilimde yaşanan ilerlemelere bağlı olarak ekosistemlerin kendini yenileyebilme hızından daha hızlı bir şekilde tüketilmesinin sürdürülebilir olmadığı anlaşılmıştır. Bu bağlamda, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunu tarafından Ortak Geleceğimiz Raporu yayınlanmıştır. Raporla, sürdürülebilir kalkınma; gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneklerinden ödün vermeksizin bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilen kalkınma olarak tanımlanmıştır. Raporla, kalkınmanın çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları olduğu ve bu boyutlardan bağımsız bir şekilde kalkınmanın sürdürülebilirliğinin sağlanamayacağı belirtilmiştir. Ekonomik ve sosyal faaliyetlerin sürdürülebilirliği ise çevresel (ekolojik) sürdürülebilirliğin sağlanmasına bağlıdır. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi ise ekosistemlerin kendini yenileyebilme hızından daha düşük bir hızla tüketilmesi, koruma kullanım dengesinin gözetilmesi, taşıma kapasitesinin aşılmaması ve çevrenin korunmasını gerektirir. Bu kapsamda, küresel iklim değişikliği gibi ekosistemler üzerinde olumsuz etkileri olan çevre sorunlarıyla mücadele edilerek sürdürülebilir yaşamın sağlanması kritik önemdedir (Binboğa, 2017).

### Türkiye'de Sera Gazı Emisyonları

Sera etkisi oluşturan gazların başında karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gelir ve bu etki küresel özelliktedir. Bazı kirleticilerin etkileri ise SO<sub>2</sub> emisyonunun neden olduğu asit yağmurları gibi yerel özelliktedir. Sera gazları hem

doğal süreçler hem de insani faaliyetler aracılığıyla salınmaktadır. Atmosferdeki en önemli doğal sera gazı su buharıdır. Bununla birlikte, insani faaliyetler büyük miktarda sera gazı salınmasına neden olarak bu gazların atmosferik konsantrasyonlarını arttırmaktadır. Bu durum sera etkisini arttırarak iklimi ısıtmaktadır. İnsan kaynaklı sera gazlarının başlıca kaynakları şunlardır:

- Fosil yakıtların elektrik üretimi, ulaşım, endüstri ve evlerde kullanılmak üzere yakılması (CO<sub>2</sub>)
- Tarım (CH<sub>4</sub>) ve ormansızlaşma (CO<sub>2</sub>) gibi arazi kullanımı değişiklikleri
- Atıkların araziye doldurulması (CH<sub>4</sub>)
- Endüstriyel florlu gazların kullanımı

İklim değişikliğinin en ciddi etkilerini önlemek için, *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi*'ne (BMİDÇS) üye olan ülkeler, sanayi öncesi dönemlerinden bu yana devam etmekte olan küresel ortalama sıcaklık artışını 2 °C'nin altına düşürmeyi kabul etmişlerdir. Bu amaca ulaşmak için, küresel sera gazı emisyonlarının mümkün olan en kısa sürede zirveye ulaşması ve bundan sonra hızla azalması gerekmektedir. Bu yüzyılın sonunda karbonsuz yaşama geçmeden önce, 1990 yılının seviyesiyle karşılaştırıldığında, küresel emisyonlar 2050 yılına kadar % 50 oranında azaltılmalıdır. Avrupa Birliği (AB), BMİDÇS'nin amacını desteklemektedir ve 2050 yılına kadar, 1990 yılı seviyelerine göre sera gazı emisyonlarını % 80-95 oranında azaltmayı hedeflemektedir (AÇA, 2018).

Küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgeler arasında gösterilmekte olan Akdeniz havzasında yer alan Türkiye, risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır. İklimde gözlenen ve öngörülen değişiklikler dikkate alındığında Türkiye'nin su kaynaklarının zayıflaması, kuraklık, çölleşme, erozyon, tarımsal üretkenlikte değişiklikler ve ekosistemlerde bozulmalar gibi birçok olumsuzlukla karşı karşıya kalınacağı belirtilmektedir. Türkiye, küresel bir sorunla mücadelede gelecek ve çözüm odaklı bir anlayışı benimseyerek 2004 yılında BMİDÇS'ye taraf olmuş ve 2009 yılında da *Kyoto Protokolü*'nü imzalamıştır. Halen gelişmekte olan bir ülke olduğu gerçeği göz önüne alınarak özel koşullar tanınmıştır. Bu kapsamda, Türkiye'ye sera gazı azaltım yükümlülüğü ile mali destek ve teknoloji transferi sağlama yükümlülüğü verilmemiştir. Türkiye'nin *Kyoto Protokolü*'nün Birinci (2008-2012) ve İkinci (2013-2020) Yükümlülük Döneminde sera gazı emisyon azaltım taahhüdü bulunmamaktadır (Binboğa, 2017).

ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'ne bağlı olarak Hawai'de faaliyet gösteren Mauna Loa

İstasyonu tarafından yapılan ölçümlere göre, atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunun 2018 yılı Mart ayı ortalaması 409,46 ppm olarak gerçekleşmiştir. Aynı değer 2017 yılının Mart ayında ise 407,18 ppm olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu ortalaması bir yıl içinde 2,28 ppm yükselmiştir. Atmosferdeki milyon parçacık içindeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunu gösteren bu değer 350 ppm'i aşması, iklim değişikliği açısından güvenilir sınırın aşıldığı anlamına gelmektedir. Bu değer, Mauna Loa İstasyonu'nda ilk ölçümün yapıldığı 1958 yılının Mart ayında 317,71 ppm olarak belirlenmişti. Güvenilir sınır olarak kabul edilen 350 ppm değeri, aylık ortalama bakımından ilk defa 1988 yılının Ocak ayında ölçülen 350,39 ppm ile aşılmıştır. Sanayileşme öncesi 280 ppm düzeyinde olan bu değer, son bin yıldır 300 ppm seviyesini aşmamıştır (YE, 2018).

Türkiye'nin 1990-2014 yılları arası sera gazı salımı gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde; sera gazı emisyonlarını yıllar itibarıyla artma eğiliminde olduğu görülmektedir. 2014 yılında 467,6 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri sera gazı emisyonu gerçekleşirken, bu emisyonların 85,2'si enerji, %14,6'sı endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %0,2'si ise tarımsal faaliyetler ve atık kaynaklıdır. Türkiye'nin 2014 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre % 125 oranında artış göstermiştir. 1990 yılında kişi başı CO<sub>2</sub> eşdeğer emisyonu 3,77 ton/kişi olarak gerçekleşmişken, 2014 yılında % 61,3 oranında artarak 6,08 ton/kişi olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin kişi başına CO<sub>2</sub> eşdeğer emisyonu miktarının diğer ülkelerle karşılaştırıldığında orta düzeyde yer aldığı görülmektedir. Dünya Bankası tarafından yayınlanan global karbon emisyon sıralaması kapsamında Türkiye'nin 2013 yılı kişi başı 4,24 ton CO<sub>2</sub> eşdeğer emisyonuyla 216 ülke arasında 93. sırada yer aldığı görülmektedir (W.B, 2013).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2018) verilerine göre, Türkiye'de toplam sera gazı emisyonu 2016 yılında 496,1 milyon ton karbondioksit eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Bu dönemde toplam emisyonlarda CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak en büyük payı % 72,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla % 12,6 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, % 11,4 ile tarımsal faaliyetler ve % 3,3 ile atıklar izlemiştir. CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak 2016 yılı toplam sera gazı emisyonu, 1990 yılına göre % 135,4 artmıştır. 1990 yılında kişi başına karbondioksit eşdeğer emisyonu 3,8 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2016 yılında 6,3 ton/kişi olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılında toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 33,5'i elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere % 86,1'i enerjiden, % 13,6'sı endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, % 0,3'ü ise tarımsal

faaliyetler ve atıktan kaynaklanmıştır. Metan emisyonlarının % 55,5'i tarımsal faaliyetlerden, % 25,8'i atıktan, % 18,6'sı enerjiden ve % 0,03'ü ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından kaynaklanmıştır. Diazotmonoksit (NO<sub>2</sub>) emisyonlarındaki en büyük payı ise % 77,6 ile tarımsal faaliyetler oluşturmuştur. Bunu, % 12,1 ile enerji, % 6,5 ile atıklar ve % 3,8 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı izlemiştir.

### Sürdürülebilirlik Göstergeleri

Enerji sistemi için başlıca sürdürülebilirlik değerlendirme göstergeleri, kaynak, çevre, sosyal ve ekonomik özellikleri yansıtmalıdır. Bu nedenle, enerji sistemi için sürdürülebilirlik analizi, bütüncül sürdürülebilirlik kavramının bir yansıması olan bu özelliklerin tamamının değerlendirilmesini gerektirir. Enerji sistemleri için sürdürülebilir göstergelerinin tanımlanmasında aşağıdaki etmenler dikkate alınır (Geiz and Kutzmark, 1998):

- ✓ Sürdürülebilirlik kavramını yansıtmalıdır. Bu özellik, büyüklükleri temsil eden ölçüte ilişkin göstergelerin, sürdürülebilirlik kavramına uygunluklarını belirtir.
- ✓ Fiziksel değişkenlere bağlı olarak ölçülebilir ve nicel ve nitel verilere bağlı olarak tanımlanabilmelidir.
- ✓ Güncel bilgilere dayanmalıdır. Bu özellik, sistem ve alt sistemlerinin yaşam döngüsünün her aşamasında sürdürülebilirliği sağlamak zorunda olacağını belirtir.
- ✓ Güvenilir bilgilere dayanmalıdır. Bu nedenle, göstergeler bir projenin gerçekleştirilmesi için önemli bir karar değişkeni olduklarından, güvenilmesi gereken veriler olması gerekir.
- ✓ Stratejik bir bakış açısı oluşturmalıdır. Sürdürülebilirlik, mevcut sorunlar için hızlı bir şekilde çözüm bulunamaması ve gelecekte sorunlara neden olacak eylemlerin bugünden belirlenmesidir. Sürdürülebilirlik enerji sistemi ile ilgili olarak şu şekilde yorumlanabilir: Yerel kaynakların optimizasyonu ile karma enerji kavramı, ulaşım optimizasyonu ile kentsel ve endüstriyel planlama ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgilidir.
- ✓ Sistemin güvenilirlik, kullanılabilirlik ve sürekliliğini dikkate alarak, enerji maliyeti, malzeme kullanımı, bürokratik düzenlemeler, finansal kaynaklar ve çevre korunumuna yönelik sürdürülebilirlik sağlamalıdır.
- ✓ Tasarımın uzun ömürlü olduğunu yansıtmalıdır. Karmaşık enerji sistemi genellikle farklı alt sistemler ve bireysel ekipmanlardan oluşur. Bu nedenle, elemanlar ve alt sistemler için yaşam döngüsü özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklere uygun olarak en uygun seçim yapılması gerekir.

### **Tarımsal Üretimde Sürdürülebilirlik Göstergeleri**

Bu çalışmada, tanımlanmış olan tarımsal üretimde enerji tüketimi ve çevresel etkiler için sürdürülebilirlik göstergeleri Çizelge 1'de verilmiştir.

*Enerji oranı*, üretim sonucunda kazanılan toplam enerji miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Enerji oranı, birim üretim alanında (ha) tüketilen birim miktar (MJ) enerji miktarına karşılık, üretim sonucunda birim üretim alanından (ha) kazanılan enerji miktarını (MJ) belirtir. Enerji oranı değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

*Özgül enerji (MJ/kg)*, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarının, hasat edilen toplam ürün miktarına oranı olarak tanımlanır. Özgül enerji değeri, birim miktar (kg) ürün üretmek için tüketilen enerji miktarını (MJ) belirtir. Özgül enerji değerinin düşük olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

*Enerji üretkenliği(kg/MJ)*, özgül enerji değerinin tersi olup, hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Enerji üretkenliği değeri, tüketilen birim miktar (MJ) enerji miktarına karşılık üretilen ürün miktarını (kg) belirtir. Enerji üretkenliği değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

*Net enerji verimi (MJ/ha)*, üretim sonucunda kazanılan toplam enerji miktarı ile, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarı arasındaki fark olarak tanımlanır. Net enerji verimi değeri, birim üretim alanı (ha) için tüketilen enerji çıkarıldıktan sonra, birim üretim alanından (ha) üretim sonucunda kazanılan net enerji miktarını (MJ) belirtir. Net enerji verimi değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

*Özgül yakıt tüketimi (l/kg)*, üretim işlemlerinde tüketilen toplam yakıt miktarının, hasat edilen toplam ürün miktarına oranı olarak tanımlanır. Herhangi bir ürünün üretimi için özgül yakıt tüketimi, üretilen birim ürün için ne kadar yakıt tüketildiğini belirtir Özgül yakıt tüketimi, birim miktar (kg) ürün üretmek için tüketilen yakıt miktarını (l) belirtir. Özgül yakıt tüketimi değerinin düşük olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

*Özgül ürün verimi (kg/l)*, hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde tüketilen toplam yakıt miktarına oranı olarak tanımlanır. Herhangi bir ürünün üretimi için özgül ürün verimi, üretim işlemlerinde tüketilen toplam yakıt miktarı başına ne kadar ürün üretilildiğini belirtir. Özgül ürün verimi, özgül yakıt tüketimi (l/kg) değerinin tersi olup, üretim işlemleri

için birim miktar (l) yakıt tüketimi sonucunda hasat edilen ürün miktarını (kg) belirtir. Özgül ürün verimi değerinin yüksek olması, üretimin enerji verimliliğinin yüksek olduğu anlamına gelir.

*Özgül CO<sub>2</sub> emisyonu (kg<sub>CO2</sub>/kg)*, üretim işlemlerinde tüketilen toplam yakıt miktarı sonucunda gerçekleşen CO<sub>2</sub> emisyonunun, hasat edilen toplam ürün miktarına oranı olarak tanımlanır. Özgül CO<sub>2</sub> emisyonu, birim miktar (kg) ürün üretmek için yakıt tüketimi sonucunda gerçekleşen CO<sub>2</sub> emisyonu (kg<sub>CO2</sub>) değerini belirtir. Herhangi bir ürünün üretim işlemleri sırasında gerçekleşen özgül CO<sub>2</sub> emisyonu, üretilen birim ürün için ne kadar CO<sub>2</sub> emisyonu oluştuğunu belirtir. Özgül CO<sub>2</sub> emisyonu değerinin düşük olması, üretimdeki enerji verimliliğinin yüksek, çevreye verilen olumsuz etkilerin düşük olduğu anlamına gelir.

*Özgül verim (kg/kg<sub>CO2</sub>)*, hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde tüketilen toplam yakıt miktarı sonucunda gerçekleşen CO<sub>2</sub> emisyonuna oranı olarak tanımlanır. Özgül verim değeri, özgül CO<sub>2</sub> emisyonu değerinin tersi olup, üretim işlemleri için yakıt tüketimi sonucunda gerçekleşen birim CO<sub>2</sub> emisyonu (kg<sub>CO2</sub>) başına üretilen ürün miktarını (kg) belirtir. Herhangi bir ürünün üretim işlemleri sırasında gerçekleşen özgül verim, üretim işlemlerinde yakıt ve yağ tüketimine ilişkin oluşan birim CO<sub>2</sub> emisyonu başına ne kadar ürün üretilildiğini belirtir. Özgül verim değerinin düşük olması, üretimdeki enerji verimliliğinin yüksek, çevreye verilen olumsuz etkilerin düşük olduğu anlamına gelir.

*Özgül enerji tüketimi (MJ/kg)*, üretim işlemlerinde yakıt tüketimine ilişkin kullanılan toplam enerji miktarının, hasat edilen toplam ürün miktarına oranı olarak tanımlanır. Özgül enerji tüketimi değeri, birim miktar (kg) ürün üretmek için üretim işlemlerinde tüketilen enerji miktarını (MJ) belirtir. Herhangi bir ürünün üretiminde gerçekleşen özgül enerji tüketimi, üretim sonucunda elde edilen ürünün birim miktarı başına, üretim işlemlerinde yakıt ve yağ tüketimine ilişkin ne kadar enerji kullanıldığını belirtir. Özgül enerji değerinin düşük olması, üretimdeki enerji verimliliği ve çevresel etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

*Özgül enerji üretkenliği (kg/MJ)*, hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Özgül enerji üretkenliği, kullanılan birim miktar yakıt enerjisi (MJ) başına ne kadar ürün (kg) üretilildiğini belirtir. Herhangi bir ürünün üretiminde gerçekleşen özgül enerji üretkenliği, özgül enerji tüketiminin tersi olup, üretim işlemlerinde yakıt ve yağ tüketimine ilişkin kullanılan birim enerji başına ne kadar ürün üretilildiğini belirtir. Özgül enerji üretkenliği değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

Çizelge 1. Tarımsal üretimde sürdürülebilirlik göstergeleri

Gösterge Adı	Tanımlama	Birim Analizi	Birim	
Alan Esaslı Göstergeler	Yakıt göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde kütle veya hacim olarak tüketilen yakıt miktarının, üretim yapılan tarım alanına oranıdır.	Kütle (Hacim) / Alan	kg(L)/ha
	Enerji göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde tüketilen toplam enerji miktarının, üretim yapılan tarım alanına oranıdır.	Enerji / Alan	MJ/ha
	Enerji verimi	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen ürünün toplam enerji içeriğinden, üretim için tüketilen toplam enerji miktarı çıkarılarak belirlenir.	(Enerji/Alan) / (Enerji/Alan)	MJ/ha
	Toplam sera gazı emisyonu göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen sera gazı emisyonlarının toplam miktarının, üretim yapılan tarım alanına oranıdır.	Kütle / Alan	kg <sub>CO2</sub> /ha
	CO <sub>2</sub> göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen CO <sub>2</sub> emisyonlarının toplam miktarının, üretim yapılan tarım alanına oranıdır.	Kütle / Alan	kg <sub>CO2</sub> /ha
	NO <sub>2</sub> göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen NO <sub>2</sub> emisyonlarının toplam miktarının, üretim yapılan tarım alanına oranıdır.	Kütle / Alan	kg <sub>NO2</sub> /ha
	SO <sub>2</sub> göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen SO <sub>2</sub> emisyonlarının toplam miktarının, üretim yapılan tarım alanına oranıdır.	Kütle / Alan	kg <sub>SO2</sub> /ha
Ürün Esaslı Göstergeler	Yakıt göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde kütle veya hacim olarak tüketilen yakıt miktarının, üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarına oranıdır.	Kütle (Hacim) / Kütle (Hacim)	kg(L)/kg(L) <sub>ürün</sub>
	Enerji göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde tüketilen enerji miktarının, üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarına oranıdır.	Enerji / Kütle (Hacim)	MJ/kg(L) <sub>ürün</sub>
	Emisyon göstergesi	Tarımsal üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen sera gazı emisyonlarının toplam miktarının, üretim sonucunda elde edilen toplam ürün miktarına oranıdır.	Kütle / Kütle	kg <sub>CO2</sub> /kg(L) <sub>ürün</sub>
Enerji Esaslı Göstergeler	Yakıt göstergesi	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarının, üretim işlemlerinde kütle veya hacim olarak tüketilen yakıt miktarına oranıdır.	Kütle (Hacim) / Kütle (Hacim)	kg(L) <sub>ürün</sub> / kg(L) <sub>yakıt</sub>
	Enerji göstergesi	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarının, üretim işlemlerinde tüketilen enerji miktarına oranıdır.	Kütle (Hacim) / Enerji	kg(L) <sub>ürün</sub> / MJ
	Enerji oranı	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen sera gazı emisyonlarının toplam miktarına oranıdır.	Enerji / Enerji	MJ / MJ
Emisyon Esaslı Göstergeler	CO <sub>2</sub> göstergesi	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarının, üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen CO <sub>2</sub> emisyonlarının toplam miktarına oranıdır.	Kütle / Kütle	kg(L) <sub>ürün</sub> / kg <sub>CO2</sub>
	NO <sub>2</sub> göstergesi	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarının, üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen NO <sub>2</sub> emisyonlarının toplam miktarına oranıdır.	Kütle / Kütle	kg(L) <sub>ürün</sub> / kg <sub>NO2</sub>
	SO <sub>2</sub> göstergesi	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarının, üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen SO <sub>2</sub> emisyonlarının toplam miktarına oranıdır.	Kütle / Kütle	kg(L) <sub>ürün</sub> / kg <sub>SO2</sub>
	Toplam sera gazı emisyonu göstergesi	Tarımsal üretim sonucunda elde edilen ürünün kütleli veya hacimsel miktarının, üretim işlemlerinde enerji tüketimi sonucunda gerçekleşen sera gazı emisyonlarının toplam miktarına oranıdır.	Kütle / Kütle	kg(L) <sub>ürün</sub> / kg <sub>CO2</sub>

## SONUÇ

İklim değişikliği, insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan küresel bir sorundur. Enerji kullanımında daha etkin kullanımın mümkün olabilir, böylece daha az enerji kullanımı ve daha az emisyonla aynı düzeyde

kalkınma gerçekleşebilir. Küresel ısınmaya yönelik çalışmalar yapan birçok kuruluş temel olarak küresel ısınmanın önüne geçebilmek için, enerji, sanayi, ulaşım ve tarım sektörlerinde, başta fosil yakıt kullanımının azaltılması yoluyla, gerekli politika

değişikliklerine gidilerek sera gazı üretiminin sınırlandırılmasının gerekli olduğunu bildirmektedirler.

Toplumsal bilinçlenmenin artırılması ile Türkiye sürdürülebilir kalkınma hedeflerini daha iyi şekillendirebilecek ve gerçekleştirebilecektir. Türkiye'nin sera gazı emisyonun yıllar itibariyle artışında başta artan nüfus olmak üzere ekonomik kalkınmaya bağlı enerji talebindeki artışın ve sanayi üretiminin etkisi yüksektir. Türkiye'nin ekonomik kalkınma çabalarına bağlı olarak sera gazı salımlarının

önümüzdeki yıllarda da artmaya devam edeceği öngörülmektedir. Bu kapsamda, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmesi için düşük karbon salımlı temiz üretim teknolojilerine (çevre dostu teknolojiler) ve yenilenebilir enerji (güneş, rüzgâr enerjisi gibi) kaynaklarına yatırım yapması gerekmektedir. Aynı zamanda halkın çevre duyarlılığını ve farkındalığını arttırmak için çalışmaların yapılması sürdürülebilir kalkınma amacına ulaşmada kritik önemdedir.

### LİTERATÜR LİSTESİ

AÇD, 2018. Avrupa Çevre Derneği.

Beyhan, Ş.G. ve S.M. Ünügür. 2005. Çağdaş Gereksinmeler Bağlamında Sürdürülebilir Turizm ve Kimlik Modeli İTÜ Dergisi 4(2): 79-87.

Binboğa, G. 2017. Sürdürülebilirlik Kapsamında Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları Ve Türkiye'nin Durumunun İncelenmesi. CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi 15(4): 207-238.

Gilman, R. 1992. Sustainability. From the 1992 UIA/AIA "Call for Sustainable Community Solutions", (<http://www.context.org/about/definitions>), Erişim: Haziran 2017.

Geiz, D. Kutzmark, T. 1998. Developing Sustainable Communities the Future is Now. Public Management Magazine. International City/County Management Association, Washington DC.

TÜİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

W.B. 2013. CO2 Emissions. <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>, Erişim: Nisan 2017

Y.E., 2018. Yeşil Ekonomi, <https://yesilekonomi.us1.list-manage.com>. Erişim: Nisan 2018.