

# İPM-MERCATOR POLİTİKA NOTU



## TÜRKİYE'DE TARIM SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASINA YÖNELİK STRATEJİLER

**Tuğba Ağaçayak\***  
**Levent Öztürk\*\***



**Eylül 2017**

\*Tuğba Ağaçayak, Sabancı Üniversitesi, İstanbul Politikalar Merkezi'nde 2016/17 Mercator-İPM Araştırmacısıdır.

\*\*Levent Öztürk, Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nde öğretim üyesidir.

Bu politika notunda belirtilen görüşler yazarlara aittir ve İPM'nin resmi duruşunu yansıtmaz.

**İPM**

**İSTANBUL POLİTİKALAR MERKEZİ**

SABANCI ÜNİVERSİTESİ

STIFTUNG MERCATOR GİRİŞİMİ

**İLETİŞİM**

İstanbul Politikalar Merkezi  
Bankalar Caddesi Minerva Han No:2 Kat: 4  
34420 Karaköy-İstanbul  
T. +90 212 292 49 39  
ipc@sabanciuniv.edu, ipc.sabanciuniv.edu

Tuğba Ağaçayak  
Levent Öztürk

Türkiye'de Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler  
16 p.; 30 cm. - (İstanbul Politikalar Merkezi-Sabancı Üniversitesi-Stiftung Mercator Girişimi)

ISBN: 978-605-9178-95-2

Kapak ve iç sayfa tasarımı: MYRA

1. Basım: 2017

Baskı: İmak Ofset Basım Yayın San. ve Tic. Ltd. Şti.  
Atatürk Cad. Göl Sok. No : 1 Yenibosna Bahçelievler/İSTANBUL  
Tel: 0212 656 49 97

ISBN: 978-605-9178-95-2

İstanbul Politikalar Merkezi  
Bankalar Caddesi Minerva Han No: 2 Kat: 4  
34420 Karaköy-İstanbul  
T. +90 212 292 49 39  
ipc@sabanciuniv.edu  
ipc.sabanciuniv.edu

## Yönetici Özeti

Tarım sektörü hem sera gazı emisyonlarına neden olan, hem de karbon yutak alanı olarak emisyonların azaltımını sağlayan en önemli sektörlerden biridir. Türkiye’de tarım sektörü sera gazı emisyonlarının önemli kısmı sırasıyla, enterik fermantasyon, tarım toprakları, gübre yönetimi alt sektörlerinden kaynaklanmaktadır.

Enterik fermantasyon kaynaklı emisyonlar, hayvanların sindirimi sırasında ortaya çıkmaktadır. Yemlerin verimli kullanılması, diyet programlarının düzenlenmesi, otlakların iyileştirilmesi gibi yöntemlerle enterik fermantasyon kaynaklı emisyonların azaltılması mümkün olabilir. Tarım toprakları, mineral gübre, hayvansal gübre ve ayrıca toprakta kalan bitkisel artıklar nedeniyle emisyona sebep olmaktadır. Toprak ve bitki analizlerine göre yapılacak dengeli gübreleme programları, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynayabilir.

Mineral gübrelerin ve pestisitlerin sağlık etkileri ve sera gazı emisyonlarına sebep olmaları nedeniyle, kullanımlarının azaltılması ve ihtiyaç duyulan minerallerin toprağa kompost yardımıyla sağlanması, hem toprağın iyileştirilmesi hem de karbon tutma kapasitesinin artırılması için çok önemli bir stratejidir.

Mineral gübrelerden kaynaklanan emisyonlar, sadece gübreleme sonrası değil, gübrenin üretimi, nakliyesi ve uygulanması sırasında da ortaya çıkmaktadır. Tarım kaynaklı emisyonları azaltmanın en etkili yollarından biri tarım alanlarının yakınlarında özellikle bitkisel artıklardan kompost eldesiyle toprağın organik madde ve mineral ihtiyacının karşılanmasıdır. Kompost kapsamındaki mineral besin elementleri toprakta yavaş-yavaş yararlı nitelikte olup Türkiye’de tarım topraklarında kompost uygulaması gerektiği gibi yapılmamaktadır. Ancak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi yanında karbon kapsamının artırılması için kullanılacak en iyi yöntem kompost uygulamalarıdır.

Gübrenin ortamda kontrolsüz bulunması özellikle metan emisyonlarına neden olmaktadır. Organik atıkların stabilizasyonunda biyogaz üretimi ve

kompostlaştırma en verimli stratejilerdir. Biyogaz prosesinden çıkan organik atıkların kompostlaştırılarak tarımsal üretimde kullanılması ile önemli oranda emisyon azaltımı sağlanabilir. Tarım sektöründe alınacak önlemler sadece tarım sektörünün emisyonlarını değil, ilişkili olduğu diğer sektörleri de doğrudan etkileyecektir.

Bu çalışmada, (i) tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması ve (ii) tarım topraklarında karbon tutulumunun artırılmasına yönelik stratejiler sunulmaktadır. Araştırma sonuçları Türkiye’deki tarım kaynaklı emisyonların öncelikle enterik fermantasyon, tarım toprakları ve gübre yönetimi alt sektörlerinde azaltılması gerektiğini ortaya koymuştur.

## Giriş

İklim değişikliği, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından en duyarlı bölgelerden biri olarak görülen Akdeniz Havzası’nı önemli ölçüde etkileyecektir.<sup>1</sup> Akdeniz Havzası’nın doğusunda yer alan Türkiye de iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine büyük ölçüde maruz kalacaktır.

Marmara Bölgesi’nde 18 Temmuz 2017’deki aşırı yağış ve 27 Temmuz 2017’de yaşanan dolu olayları, iklim değişikliğinin etkilerine verilecek en yakın örneklerdir. Bu ve benzer aşırı yağış olaylarının ürünlere ve toprağa zarar vermesi kaçınılmazdır. İklim değişikliği sıcaklık ve yağış rejimi değişiklikleri nedeniyle arazi örtüsü ve tarım arazisi değişikliklerine, su güvenliğinin azalmasına, dolayısıyla tarımsal üretimin ve gıda güvenliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Özellikle kurak iklime sahip az gelişmiş ülkelerin tarımsal üretimi iklim değişikliğinden daha fazla etkilenecektir. Cline’nın yaptığı bir çalışmaya göre, ekvatora yakın ülkelerin tarımsal üretim potansiyeli 2080’lerde %60’a kadar azalma kaydedecektir.<sup>2</sup>

Türkiye tarım sektörü, iklim değişikliğinin yol açtığı sıcaklık artışı, yağış rejimi değişiklikleri, kuraklık, aşırı yağış gibi etkilerden önemli ölçüde; sıcak hava dalgaları, taşkınlar ve orman yangınlarından ise orta şiddette etkilenecektir.<sup>3</sup> Hem mevcut durumdaki problemler, hem de gelecek projeksiyonları Türkiye’de tarımın olumsuz etkileneceğini ortaya koymaktadır. Yapılan su potansiyeli projeksiyon-

larına göre 2041-2070 ve 2071-2099 yıllarında, 2006 yılı su potansiyeline göre Akdeniz kıyıları, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde önemli ölçüde azalma olacağı düşünülmektedir.<sup>4</sup> Su potansiyelinin azalması kıyı bölgelerimizde meyveciliği, doğu, orta ve geçit bölgelerimizde ise tahıl üretimini tehdit etmektedir.

Az, orta ve üst orta gelir düzeyine sahip ülkelerde atıklar, tarımsal faaliyetler, ormansızlaştırma ve diğer arazi kullanımı sektörleri, sürekli artan sera gazı emisyonuna sebep olmaktadır. Sektörlere detaylı bakılacak olursa, atık sektöründen kaynaklanan emisyonlar 2000-2010 yılları arasında, 1970-2010 ortalaması kadar artış göstermiştir. IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu'na göre, günümüzde atıktan kaynaklanan sera gazı emisyonu 1446 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri ile toplam antropojenik emisyonun %3'üne sebep olmaktadır ve 1970'teki emisyonların iki katı kadardır.<sup>5</sup> Tarım sektörü ise toplam antropojenik emisyonların %12'sine sebep olmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2015 yılında yaptığı bir çalışmaya göre, tarım 1990'larda 4,6 GtCO<sub>2</sub> eşdeğeri emisyonu sebep olurken, 2000'lerde 5,0 GtCO<sub>2</sub> eşdeğeri ve 2011 yılında 5,3 GtCO<sub>2</sub> eşdeğeri emisyonu sebep olmuştur. Tarım ayrıca toplam antropojenik nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) emisyonlarının %60'ına ve metan (CH<sub>4</sub>) emisyonlarının %50'sine sebep olmaktadır. Tarım topraklarındaki en önemli N<sub>2</sub>O kaynağı mineral gübrelerdir.<sup>6</sup>

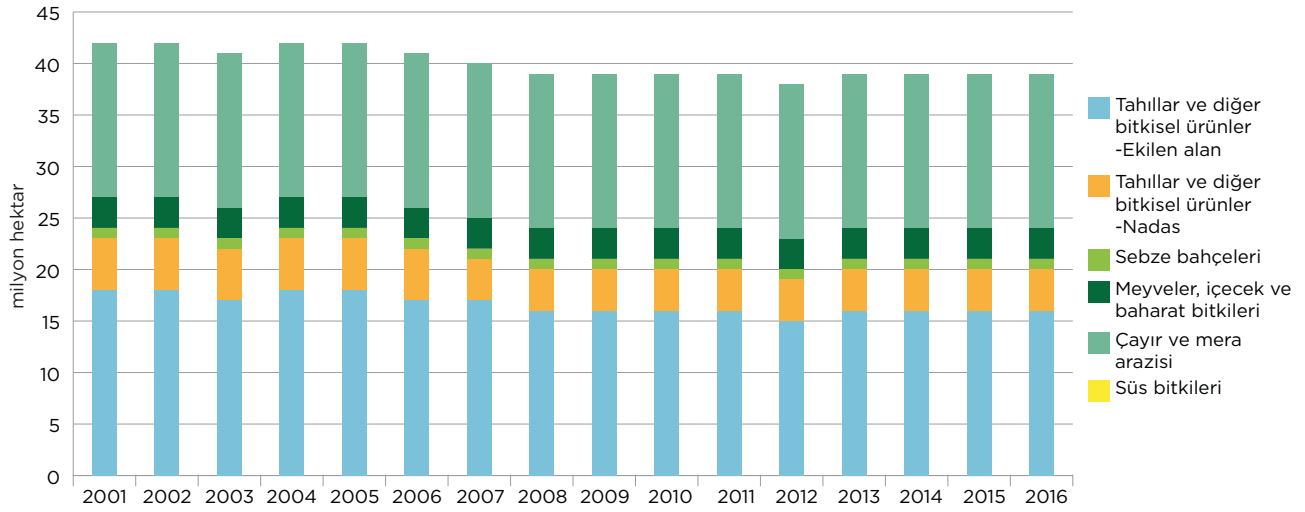
Türkiye'de tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları özellikle 2010 yılından sonra büyük bir artış göstermiştir. Ancak tarım alanları son yıllarda azalmaktadır. Tarım sektörünün iklim değişikliğinden en az şekilde etkilenmesi ve sebep olduğu emisyonların azaltılması için acilen azaltım ve adaptasyon çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalar için öncelikle her bir alt sektör için azaltım stratejileri belirlenip, bu stratejilere göre azaltım senaryoları değerlendirilmelidir. Bu politika notu, Türkiye'de tarım sektörü ve sera gazı emisyonları ile ilgili bilgi vermekte ve emisyon azaltımı için Türkiye'de uygulanabilecek strateji önerileri sunmaktadır.

## Türkiye'de Tarım Sektörü

Türkiye iklim yapısı ve çeşitliliği nedeniyle, toprak karbon oranı düşük olmasına rağmen tarıma elverişli bir ülkedir. Tarım ürünleri üretim miktarları yıllar içinde azalsa da, tarım Türkiye ekonomisinde halen önemli bir yer tutmaktadır. İhracat rakamlarında ikinci sırada yer alan tarım sektörünü, toprağın organik madde (karbon) kapsamının düşük olması olumsuz etkilemektedir. Ayrıca kuru tarıma dayalı üretim bölgelerinde, yağışların azalması ve mevsim içindeki dağılımın dengesizleşmesi bitkisel üretim potansiyelinin önündeki en önemli sorunlardır.

2014 yılı itibarıyla tarım sektörünün toplam cari fiyatlarla gayrisafi yurtiçi hasıla içindeki oranı %7,1 iken, 2015 yılında bu oran %7,6 olarak gerçekleşmiştir. Sabit fiyatlarla gayrisafi yurtiçi hasıla içindeki oranı ise %8,8'den %9,0'a yükselmiştir.<sup>7</sup> İhracatta ulaştırma ekipmanları %13,7 ile birinci sıradayken, tarım sektörü %11,7 ile ikinci sırada gelmektedir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) araştırmasına göre, 2014 yılında Türkiye'de istihdamın %21'i tarım sektöründen sağlanmaktadır.<sup>8</sup> Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2014 yılında 5,47 milyon kişi tarım sektöründe çalışırken, 2015'te bu rakam 5,48 milyon kişiye yükselmiştir. Ancak tarım sektörünün toplam istihdam içindeki oranı %19,0'dan %18,5'e gerilemiştir.<sup>9</sup> Tarım sektöründe kayıtsız çalışanlar bu değerlendirmeye dahil edilememiştir.

İklim değişikliğinin yanı sıra kentleşme, aşırı miktarda pestisit ve kimyasal gübre kullanımı gibi yanlış tarım uygulamaları da tarım arazilerine zarar vermektedir. Toplam tarım alanı 2001 yılında 40,9 milyon hektar iken, 2015 yılında 38,5 milyon hektara gerilemiştir. Toplam tarım alanı 2,4 milyon hektar azalmış olup ekili alan, 2001 yılında 17,9 milyon hektar iken, 2015'te 15,7 milyon hektara gerilemiştir (Şekil 1). Özetle ekili alanlarda 2,2 milyon hektarlık bir azalış söz konusu olmuştur.<sup>10</sup>

**Şekil 1. Tarım alanları (2001-2016)**

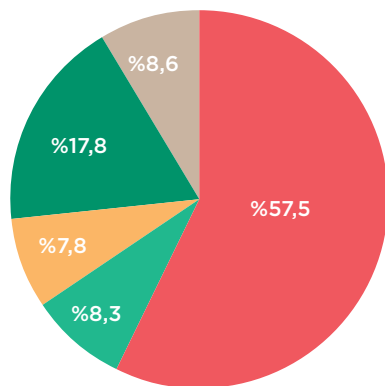
### Tarım Ürünleri

TÜİK (2016) verilerine göre tahıl ve diğer bitkisel ürünler üretimi 2015 yılında 22,6 milyon ton buğday (%39,8), 16 milyon ton şekerpancarı (%28,2), 8 milyon ton arpa (%14,1), 6,4 milyon ton mısır (%11,3), 1,7 milyon ton ayçiçeği (%3,0) ve 2 milyon ton pamuk (%3,6) olarak gerçekleşmiştir.<sup>11</sup> Sebze üretiminde domates 12,6 milyon ton (%57,5), karpuz 3,9 milyon

ton (%17,8), soğan 1,9 milyon ton (%8,6), salatalık (hıyar) 1,8 milyon ton (%8,3) ve kavun 1,7 milyon ton (%7,8) olarak gerçekleşmiştir.<sup>12</sup> Meyve, içecek ve baharat üretimi verilerine göre üzüm 3,6 milyon ton (%31,2), elma 2,5 milyon ton (%21,9), portakal 1,8 milyon ton (%15,5), zeytin 1,7 milyon ton (%14,5), çay 1,3 milyon ton (%11,3) ve fındık 646 bin ton (%5,5) olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2).<sup>13</sup>

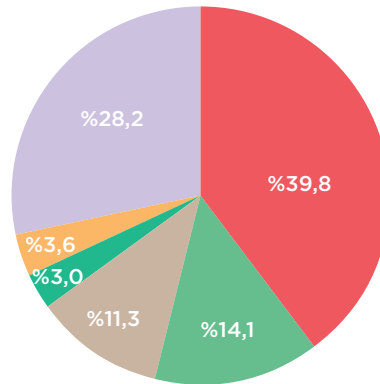
**Şekil 2. Tahıl, sebze, meyve, içecek ve baharat bitkilerinin ürün miktarına göre üretim oranı (2015)**

#### Ürünlere göre sebze üretimi



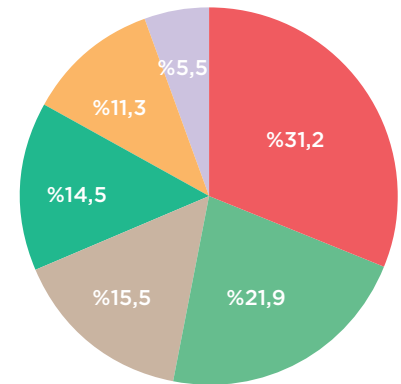
Domates ●  
Hıyar ●  
Kavun ●  
Karpuz ●  
Soğan ●

#### Ürünlere göre tahıl üretimi



Buğday ●  
Arpa ●  
Mısır ●  
Ayçiçeği ●  
Pamuk (Kütlü) ●  
Şekerpancarı ●

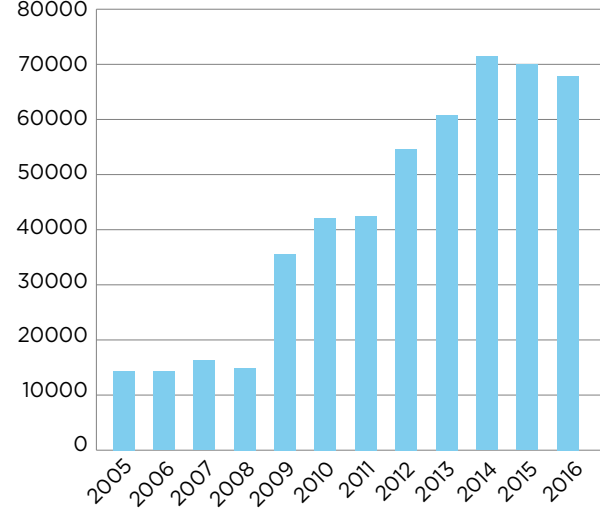
#### Ürünlere göre meyve, içecek ve baharat bitkilerinin üretimi



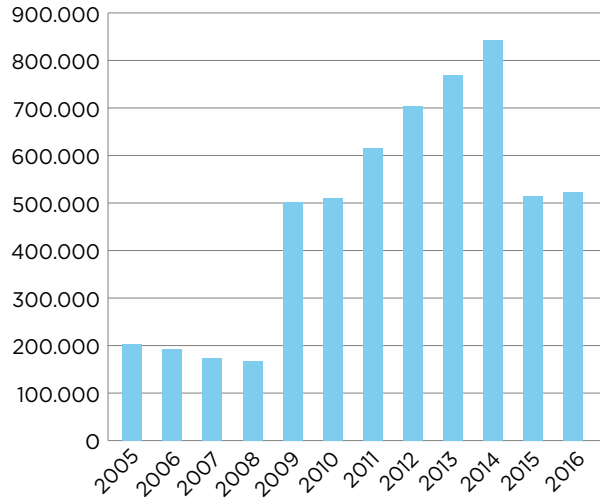
Üzüm ●  
Elma ●  
Portakal ●  
Zeytin ●  
Çay ●  
Fındık ●

Şekil 3. Organik Bitkisel Üretim (ton)

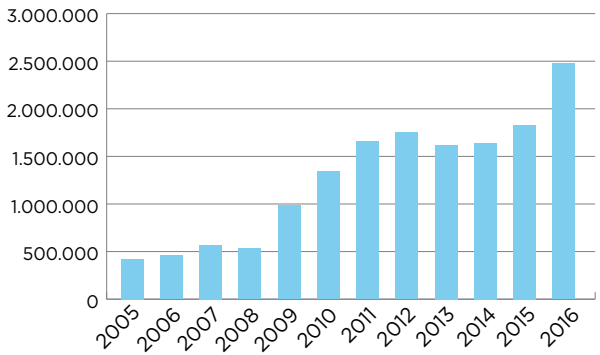
Çiftçi Sayısı



Alan (ha)



Üretim (ton)



### Organik Bitkisel Üretim

TÜİK verilerine göre, organik bitkisel üretim çiftçi sayısında azalma olmasına rağmen 2014 yılından beri artmaktadır (Şekil 3).<sup>14</sup> Bu artış çiftçilerin organik üretimde zararlı kontrolünü yapmayı öğrendiklerini ve kompost uygulamalarını daha doğru kullandıklarını göstermektedir.

Kompost, organik atıkların mikroorganizmalar tarafından aerobik ortamda bozunmasıyla oluşan humus benzeri bir üründür. Ortaya çıkan ürün kullanılan atığın çeşidine göre organik madde ve mineraller açısından farklılık göstermektedir. Evsel organik atıkların, bitkisel atıkların, hayvan gübrelerinin ve arıtma çamurlarının kompostlaştırılmasıyla bu atıkların sebep olduğu çevresel problemlerin önüne geçilebilir. Ancak proses sonrası elde edilen ürünün kalitesi test edilmelidir. Üründe patojenler olmamalı, besin maddesi içeriği ve organik madde değerleri yeterli seviyede olmalıdır. Kalitesine göre, tarım arazilerinde, parklarda, bahçelerde uygulanabilir. Kompost kullanımıyla, hammaddesinin büyük kısmı ithal edilen kimyasal gübrenin yarattığı finansal ve çevresel problemler azalacak, kompostlaştırmanın yaygınlaşmasıyla çiftçilerin kendi gübrelerini üretmesi mümkün olacaktır. Ancak birçok avantajı olan bu yöntem Türkiye'de yaygın olarak uygulanmamaktadır.

### Hayvancılık

Manda, sığır kültür, sığır melez, sığır yerli türlerinden oluşan büyükbaş hayvan sayısı toplam 14,1 milyondur. Koyun, koyun merinos, keçi, keçi çiftlik türlerinden oluşan küçükbaş hayvan sayısı toplam 41,9 milyon tanedir. Yumurta tavuğu, et tavuğu, ördek, hindi, kazdan oluşan küme hayvanı toplam 316,3 milyondur. At, eşek, katır, deve, domuzdan oluşan tek tırnaklılar türü toplam 323,6 bin tanedir. TÜİK verilerine göre 2015 yılı itibarıyla büyükbaş hayvan sayıları Tablo 1'de verilmiştir. Atık miktarı ise yavru ve yetişkin hayvan sayılarına göre hesaplanmıştır.

Bu atık optimum kompostlaştırma şartlarına uygun hale getirilerek (Karbon/Azot: 25-35, nem oranı %45-60) kompostlaştırılırsa hem hayvansal gübreden kaynaklanan problemlerden kurtulmak mümkün olur, hem de mineral gübre kullanımı ve

**Tablo 1: Büyükbaş hayvan sayıları 2015**

Büyükbaş	Manda	Sığır Kültür	Sığır Melez	Sığır Yerli	Toplam
Sayı	134.977	6.385.343	5.733.803	1.874.925	14.129.048
Atık (ton/yıl)	1.546.462	70.992.812	64.496.346	21.206.091	158.241.712

**Tablo 2: Küçükbaş hayvan sayıları 2015**

Küçükbaş	Keçi	Keçi Tiftik	Koyun	Koyun Merinos	Toplam
Sayı	10.210.338	209.228	29.302.358	2.206.300	41.928.224
Atık (ton/yıl)	6.708.192	274.926	19.251.649	1.449.539	27.684.306

**Tablo 3: Kanatlı hayvan sayıları 2015**

Kanatlılar	Yumurta Tavuğu	Et Tavuğu	Ördek	Hindi	Kaz	Toplam
Sayı	98.597.340	213.658.294	398.387	2.827.731	850.694	316.332.446
Atık (ton/yıl)	3.598.803	4.679.117	14.541	103.212	31.050	8.426.723

buna bağlı çevresel problemler azaltılır. Türkiye’de büyükbaş hayvanlardan 2015 yılında 158 milyon ton civarında atık ortaya çıkmıştır. Bu atığın kompostlaştırılması durumunda, ağırlığının %20-40 aralığında azaldığı varsayılırsa, 95-126 milyon ton aralığında kompost elde edilebilir.

TÜİK istatistiklerine (2015) göre küçükbaş hayvan sayıları Tablo 2’de sunulmaktadır. Atık miktarı aynı şekilde yavru ve yetişkin hayvan sayılarına göre hesaplanmıştır. Bu atıktan elde edilecek kompost miktarının 17-22 milyon ton aralığında olacağı kabul edilir.

TÜİK istatistiklerine (2015) göre kanatlı hayvan sayıları Tablo 3’te gösterilmektedir. Atık miktarı hayvan ağırlıklarına göre tahmin edilmiştir. Elde edilecek kompost miktarı 5-7 milyon ton aralığında olacaktır.

Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların atığından elde edilen toplam kompost miktarı, 117-155 milyon ton aralığında olacaktır. Kompostta ortalama %2 azot bulunduğu kabul edilirse, elde edilen kompostun 2-3 milyon ton azot içereceği düşünülebilir. Komposttaki azotun %10’luk kısmı ilk yıl toprakta

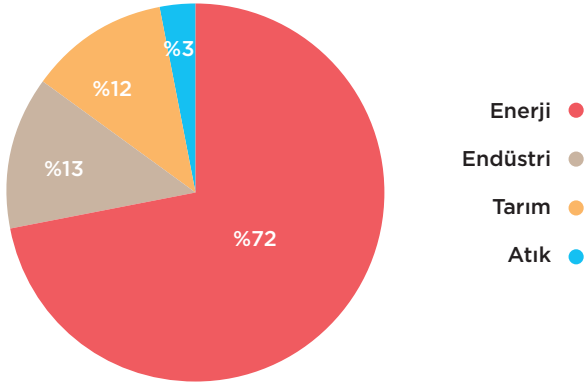
yarayışlı hale geçecektir. Bu durumda uygulama yılında 200-300 bin ton aralığında azotun mineralize olacağı hesaplanmıştır. Kompostun kalitesi değerlendirildikten sonra mevcut tarım alanlarında kullanılması durumunda, 3-4 ton/hektar kompost uygulaması söz konusu olacaktır.

Türkiye’de mineral gübre uygulamalarına bakılacak olursa, aynı yıl 5,5 milyon ton gübre tüketilmiş olup, bunun yaklaşık 1,5 milyon tonunu azot oluşturmaktadır. Öncelikle toprak analizleriyle bu miktarda gübre kullanımının gerekliliği değerlendirilmelidir. Ayrıca kompost uygulamalarıyla toprağın iyileştirilmesi, kompostta mineral ilavesi yapılarak mineral açısından zengin bir ürün eldesi mümkün olabilmektedir. Tarımda kompost kullanımının yaygınlaşması sadece toprak kalitesini ve verimliliğini iyileştirmekle kalmayacak, aynı zamanda mineral gübre üretimi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan emisyonların da azaltılmasını sağlayacaktır.

## Türkiye'de Sera Gazı Emisyonları ve INDC

Türkiye'nin İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında 2017 yılında sunduğu ulusal envanter raporuna göre, 2015 yılı için toplam sera gazı emisyonu 475 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeridir. Toplam emisyonun 340 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri (%72) enerjiden, 61 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri (%13) endüstriyel proseslerden, 57 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri (%12) tarımdan, 17 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri (%3) atıktan kaynaklanmaktadır (Şekil 4).<sup>15</sup>

**Şekil 4. Sektörlere göre sera gazı emisyonları dağılımı (%) 2015**



Türkiye, UNFCCC'ye taraf bir ülke olarak 2030 yılı itibarıyla emisyonlarını azaltmayı kabul etmiştir. Yirmi birinci İklim Değişikliği Konferansı (COP21) öncesinde sunulan Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı Belgesi'ne (INDC) göre, Türkiye önlem alınmaması durumunda 2030 yılında 1175 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri emisyonu, önlem olarak 929 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri emisyonu sebep olacağını beyan etmektedir. Yani önlem alınması durumunda mevcut durum projeksiyonu üzerinden 246 Mt (%21) bir

azaltım yapılması söz konusudur. Tarım sektöründe uygulanacak azaltım stratejileri, aynı beyanda tarım alanlarının toplulaştırılması sonucu yakıt tasarrufu, otlakların iyileştirilmesi, kontrollü gübre kullanımı ve modern tarım örneklerinin uygulanması, toprak işlemez tarım yöntemlerinin desteklenmesi olarak belirtilmiştir.<sup>16</sup> Bu stratejiler, tarımda en önemli emisyon kaynağı olan enterik fermantasyonu kapsamamaktadır. Ayrıca kontrollü gübre kullanımının nasıl yapılacağı da net belirtilmemiştir. Tarım sektörüne özel bir emisyon azaltım hedefi bulunmamaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın bu alanda yaptırdığı çalışmalar genel olarak tarım sektörünün mevcut durum değerlendirmesi şeklinde olmuştur. Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023 başlıklı dokümanda arazi kullanımı, tarım ve ormancılık için kısa, orta ve uzun vade stratejileri belirlenmiş ancak net azaltım hedefleri belirlenmemiştir.<sup>17</sup> Türkiye İklim Değişikliği 6. Bildirimi'nde ise bu alanda yapılan kanun değişiklikleri anlatılmış ancak net bir azaltım hedefi gösterilmemiştir.<sup>18</sup> Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın azaltım konusunda çalışmalar yaptırması, toplam emisyonların %12'sine sebep olan tarım sektöründen önemli ölçüde azaltım yapılmasını sağlayacaktır.

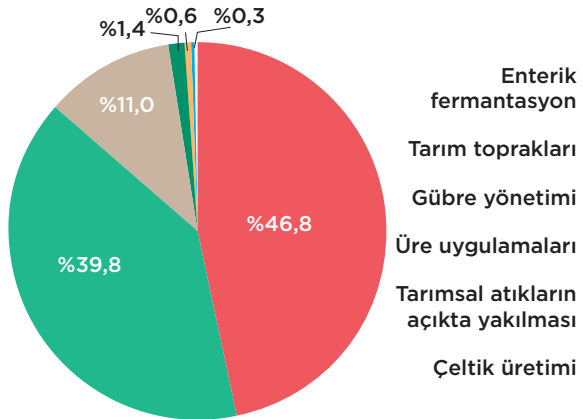
### Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının alt sektörler göre dağılımı Tablo 4'te gösterilmektedir. Genel toplama göre, enterik fermantasyonun %47'lik oranla tarımdaki en önemli emisyon kaynağı olurken, %40 ile tarım toprakları ikinci sırada, %11 ile gübre yönetimi üçüncü sıradadır (Şekil 5).<sup>19</sup> Metana sebep olan en önemli alt sektör enterik fermantasyon iken, nitroz oksite sebep olan en önemli sektör tarım topraklarıdır. Metan dışı uçucu organik bileşiklerin sebebi ise tarım toprakları ve gübre yönetimi alt sektörleridir.

**Tablo 4. Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyon Miktarları ve Dağılımları (2015)**

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NM VOC	CO <sub>2</sub> eşdeğeri
<b>Toplam (kt)</b>	811	1220	88	420	57424
<b>Enterik fermantasyon</b>		1076			26888
<b>Gübre yönetimi</b>		126	11	200	6304
<b>Çeltik üretimi</b>		8			200
<b>Tarım toprakları</b>			77	220	22878
<b>Tarımsal atıkların açıkta yakılması</b>		11	0,3		343
<b>Üre uygulamaları</b>	811				811

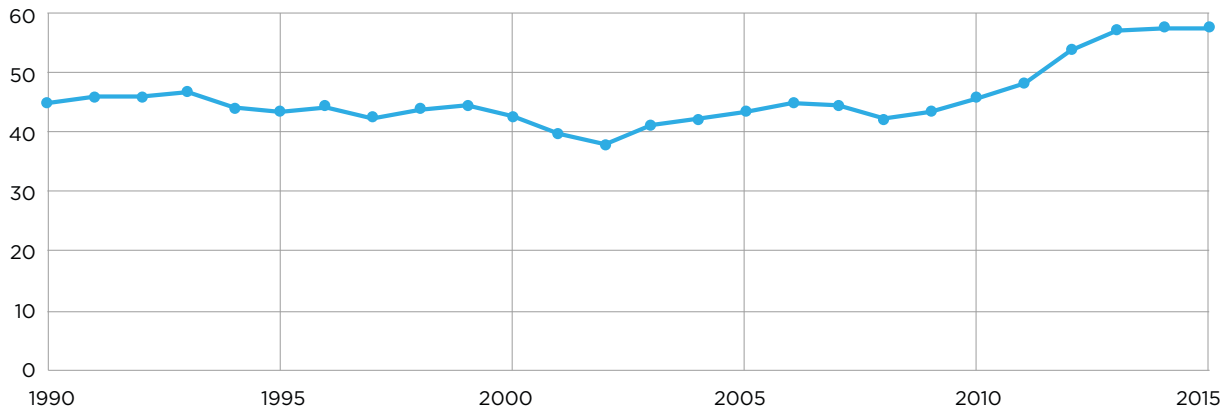
**Şekil 5. Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyon Dağılımları (2015)**



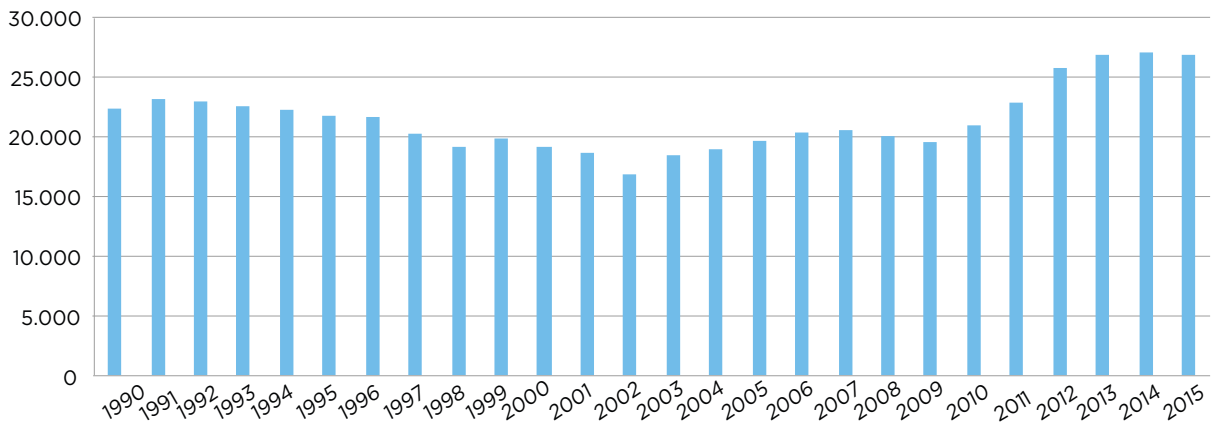
Şekil 6'da yıllara göre tarım emisyonları trendi görülmektedir. Tarım sektörü 1990-2010 yılları arasında 40 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri civarında iken, 2010 yılından sonra artmaya başlamış, 2015 yılında 57 MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri seviyesine ulaşmıştır.<sup>20</sup> Bunun en önemli sebebi, hayvan sayısında ve buna bağlı olarak gübre miktarında artış gerçekleşmesidir.

**Şekil 6. Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyon Miktarı (1990-2015)**

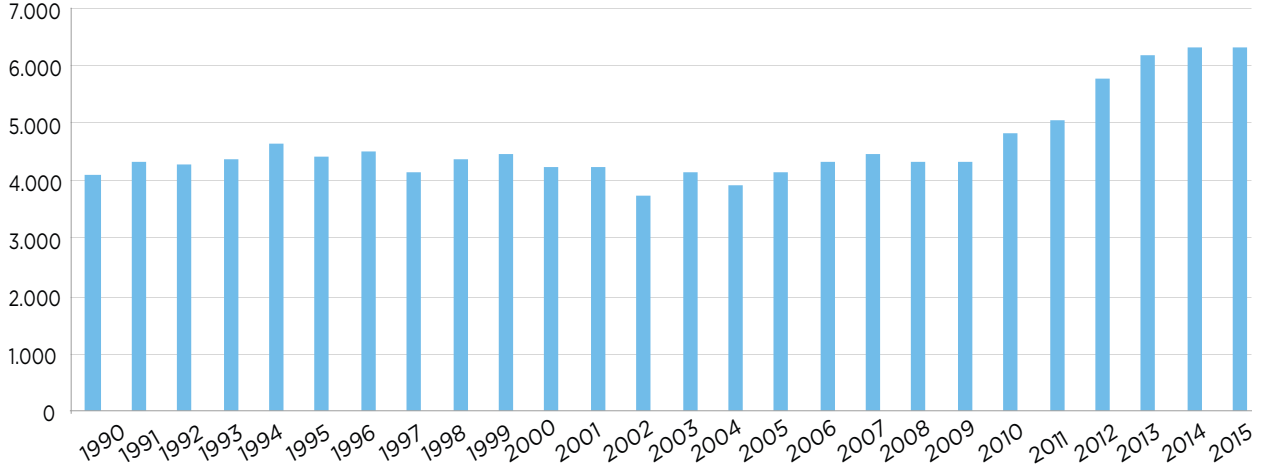
Tarımdan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları (MtCO<sub>2</sub> eşdeğeri)



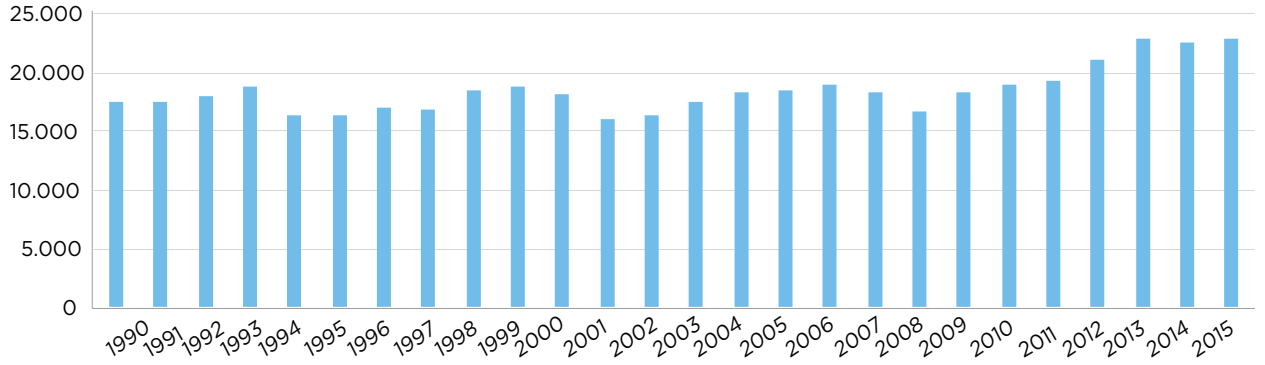
Enterik Fermantasyon (ktCO<sub>2</sub> eşdeğeri)



### Gübre Yönetimi (ktCO<sub>2</sub> eşdeğeri)



### Tarım Toprakları (ktCO<sub>2</sub> eşdeğeri)



### Emisyon Azaltım Stratejileri

Türkiye'de tarım sektörü 2015 yılı itibarıyla toplam sera gazı emisyonlarının %12'sine sebep olsa da emisyon azaltımı düşük maliyetli ve uygulama açısından kolay olduğundan, Türkiye'nin emisyon azaltım stratejileri arasında önemli bir sektör olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle emisyonların çok büyük bir kısmına neden olan enterik fermantasyon (%47), tarım toprakları (%40), gübre yönetimi (%11) konularında önlemler alınması bu sektörden kaynaklanan emisyonların azaltılmasını sağlayacaktır. Ancak enterik fermantasyondan kaynaklanan emisyonların kontrolü, tarım toprakları ve gübre yönetiminden görece daha zordur.

Emisyon azaltım yöntemleri yerel şartlara bağlı olarak değişmekte ve bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir.<sup>21</sup> Tarım sektörü emisyonlarının azaltım yöntemleri, doğrudan emisyon azaltımı, gidermenin arttırılması veya emisyondan kaçınma olarak üç

ana kategoride toplanabilmektedir.<sup>22</sup> Aşağıda IPCC Dördüncü ve Beşinci Değerlendirme Raporu'nda verilmiş olan stratejiler, ülkemizin tarım emisyonlarının azaltımı için değerlendirilmektedir.

#### a. Enterik fermantasyon

Enterik fermantasyon hayvanların sindirimi sırasında gerçekleşen mayalanma prosesidir. Bu proses sırasında metan oluşur ve hayvanların solunumu yoluyla atmosfere atılır. Türkiye'de enterik fermantasyon tarım emisyonlarının %47'lik kısmına sebep olmaktadır.<sup>23</sup> Dolayısıyla tarım emisyonlarının azaltılması büyük ölçüde bu alt sektörden kaynaklanan metan emisyonlarının azaltılmasına bağlıdır. Bu alt sektörde azaltım stratejisi belirleyebilmek için öncelikle hayvanların beslenmesine dayalı metan üretimindeki değişkenliği gözlemlemek gerekir.<sup>24</sup>

Enterik fermantasyonda metan emisyonlarını azaltma yöntemlerinden biri hayvancılıkta yemlerin daha

verimli kullanılmasıdır.<sup>25</sup> Ayrıca, yeme ilave edilecek özel katkı maddeleriyle ve uzun dönemli yönetim değişiklikleriyle enterik fermantasyondan kaynaklanan emisyonlar azaltılabilir.<sup>26</sup> İyileştirilmiş beslenme uygulamaları ve özel beslenme katkıları ile emisyon azaltımı aşağıda detaylı şekilde açıklanmaktadır.

**İyileştirilmiş beslenme uygulamaları:** Bu uygulamada hayvanların yemlerinin değiştirilerek, yoğun yemle beslenmesine dayalı olarak metan emisyonlarının azaltılması sağlanır.<sup>27</sup> Bazı yağlar veya yağ çekirdeklerinin besine eklenmesi,<sup>28,29</sup> otlatma koşullarının iyileştirilmesi, dolayısıyla hayvan verimliliğinin artırılması ve metan atılması yoluyla enerji kaybının önlenmesi<sup>30</sup>, protein alımının düzenlenerek azot atımının ve dolayısıyla azot oksitlerin azaltılması<sup>31</sup> diğer stratejiler olarak değerlendirilebilir.

**Özel beslenme katkıları:** Bazı katkı malzemeleri metanojenesi baskılayarak metan emisyonlarını azaltabilmektedir. Probiyotikler, örneğin maya kültürleri bir miktar azaltım sağlayabilmekte,<sup>32</sup> özellikle metanı azaltma yeteneğine sahip türler daha fazla emisyon azaltımı sağlayabilmektedir.<sup>33</sup>

## b. Toprak yönetimi

Toprak karbon tutma kapasitesinin artırılması toprak yönetimi için çok önemlidir. Kompost uygulamaları topraktaki organik madde miktarını ve toprağın karbon tutma kapasitesini arttırmaktadır. Mineral eksikliği durumunda mineral gübre ilavesi toprakta karbon kazanımı sağlayabilir.<sup>34</sup> Ancak azotlu gübreler toprakta yüksek oranda nitröz oksit emisyonuna ve gübre üretimi sırasında karbondioksite sebep olması nedeniyle problem yaratmaktadır.<sup>35</sup> Organik tarım uygulamalarıyla, gübre ve pestisit üretimi ve tüketimi ve bu proseslere bağlı emisyonlar azalacaktır. Aşağıda gübreleme yönetimi ve toprak işleme yönetimi ile emisyon azaltımı detaylı anlatılmaktadır.

**Gübreleme yönetimi:** Toprağa mineral gübre, hayvan gübresi veya diğer kaynaklar yoluyla verilen azot, ürüne her zaman tam olarak ulaşamaz.<sup>36,37</sup> Bitkilerce alınmayan azotun büyük bölümü nitröz oksit emisyonuna dönüşmektedir.<sup>38</sup> Bazı gübre uygulamaları azotun ürünlere daha iyi ulaşmasını sağlayarak nitröz oksit emisyonlarını azaltabilmektedir.<sup>39</sup> İyi azot uygulamalarına örnek olarak, (1)

kritik büyüme dönemlerinde bölünerek uygulama, (2) aşırı gübrelemeden kaçınma, (3) yavaş salımlı azotlu gübre kullanımı, (4) nitrifikasyon inhibitörlerinin kullanımı, (5) serpmeye yerine, banda veya direkt kök bölgesine uygulama sayılabilir.<sup>40</sup>

**Toprak işleme/atık yönetimi:** Yabani otların kontrol metotları toprak işlenmez veya azaltılmış toprak işleme yöntemiyle ürünlerin büyümesini sağlamaktadır. Toprak bozunumu sürecinde erozyon ve ayrışma yoluyla topraktaki mevcut karbon miktarı azalırken,<sup>41</sup> işlenmez veya azaltılmış toprak işleme yöntemleri kullanıldığında ise toprak organik karbonu miktarında artış sağlanabilmektedir.<sup>42</sup> Azaltılmış toprak işlemenin nitröz oksit emisyonu üzerindeki etkisi genel olarak toprak ve iklim koşullarına dayanmaktadır. İşlenmez yöntem ayrıca enerji kullanımından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarını da azaltmaktadır.<sup>43,44</sup> Toprak organik maddesi için büyük önemi olan ürün artıklarını tarlada tutan sistemler, toprak karbon oranını arttırmaktadır. Artıkların yakılmasının önlenmesi, yakma kaynaklı aerosollerin ve sera gazı emisyonlarının oluşumunun engellenmesini sağlayacaktır.

## c. Gübre yönetimi

Hayvan gübresi, depolanması aşamasında önemli miktarlarda nitröz oksit, metan ve metan dışı emisyonuna sebep olmaktadır. Enterik fermantasyonda olduğu gibi gübre yönetiminde de en önemli kontrol stratejisi diyetin düzenlenmesidir.

Lagünlerde veya tanklarda depolanan metan emisyonları, soğutma, çamurun katı kısımdan mekanik olarak ayrılması veya metanın tutulması yöntemleriyle azaltılabilir.<sup>45,46,47,48</sup> Hayvan atıkları ayrıca anaerobik parçalanarak metandan enerji eldesi için kullanılabilir.<sup>49,50</sup> Kompostlaştırma gibi gübreyi katı formda tutma yöntemleri de metan emisyonlarını azaltmaktadır, ancak nitröz oksit oluşumuna sebep olmaktadır.<sup>51</sup> Kompostlaştırma ülkemizdeki atık miktarları açısından değerlendirildiğinde önemli bir emisyon azaltım stratejisi olarak değerlendirilebilir. Ancak kompostlaştırmada havalandırma yetersizse yine önemli miktarda metan emisyonu ortaya çıkabilir.<sup>52</sup> Bazı çalışmalar gübre yığınlarının üstünün örtülmesini de nitröz oksit emisyonlarını azaltan bir strateji olarak ortaya koymaktadır.<sup>53</sup>

#### d. Diğer çözümler

Su yönetimi: Tarım alanlarının %18'i sulama yoluyla ekstra su almaktadır.<sup>54</sup> Bu alanı arttırmak ya da daha verimli sulama teknikleri kullanmak topraktaki karbon depolanmasını ürün verimini veya artık dönüşünü arttırarak yükseltir.<sup>55,56</sup> Ancak yine de su iletiminin enerji gerektirmesi nedeniyle ortaya çıkan karbondioksit<sup>57,58</sup> veya gübre girdisinin ve nemliliğin fazla olması nedeniyle<sup>59</sup> oluşan nitröz oksit emisyonları gözden kaçırılmamalıdır. Nem oranı yüksek bölgelerdeki tarım alanlarının drenajı ürün verimliliğini ve toprak karbon miktarını arttırabilir. Havalandırma ise nitröz oksit emisyonlarını azaltabilir.<sup>60</sup> Ancak drenaj yoluyla azot kaybı her zaman nitröz oksit kaybını sağlamayabilir.<sup>61</sup>

Arazi örtüsü değişiklikleri: En verimli yöntemlerden biri arazi örtüsünün doğal örtüye benzer bir bitki örtüsüyle değiştirilmesidir. Bu değişiklik bütün alanda veya seçilmiş bir bölgede yapılabilir. Bu tip değişiklikler çoğunlukla karbon tutulumunu arttırmaktadır. Özellikle ormanlar karbon tutulumunu arttırarak emisyon azaltımına katkı sağlamaktadır.

Yangın yönetimi: Atıkların yakılması sera gazlarına sebep olması nedeniyle iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Ayrıca kompostlaştırılarak kullanılması mümkün olan organik atıkların değerlendirilmesi topraktaki organik madde miktarını arttırarak karbondioksit tutulumuna katkı sağlamaktadır. Bu ise emisyon azaltımı açısından çok önemli bir stratejidir.

### Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

Su güvenliği ve gıda güvenliği üzerindeki etkileri net bir şekilde gözlenen iklim değişikliğiyle mücadele için öncelikli adım sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması ve azaltılmasıdır. Bunun için sera gazına sebep olan her alt sektör için emisyon azaltım stratejileri geliştirilmeli ve acilen uygulanmalıdır.

Türkiye tarım sektörü emisyonları, tarım alanlarının azalmasına karşın son yıllarda artış göstermektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın tarım sektöründe emisyon azaltımı konusunda çalışmalar yaptırması, toplam emisyonların %12'sine sebep olan tarım sektörünün emisyon azaltımına önemli katkısı olmasını sağlayacaktır.

Özellikle enterik fermantasyon ve gübre yönetimi konularında yapılacak iyileştirmeler ve uygulanacak azaltım stratejileri, ülkemiz tarım sektörü emisyonlarında azaltım sağlamayı mümkün kılacaktır. Tarım topraklarındaki emisyonlar ise özellikle, toprağın karbon tutum kapasitesinin arttırılması ve mineral gübre tüketiminin azaltılması ile sağlanabilir. Aşağıda seçilmiş alt sektörlerde uygulanabilecek stratejiler kısaca özetlenmektedir:

#### 1) Enterik fermantasyon:

- Yemlerin verimli kullanılması ve yem katkı maddelerinin uygulanması
- Yoğun besi yemi uygulamaları
- Bazı yağlar veya yağ çekirdeklerinin besine eklenmesi
- Otlatma koşullarının iyileştirilmesi
- Protein alımının düzenlenmesi
- Özel katkı maddeleri, probiyotikler

#### 2) Gübre yönetimi:

- Metan emisyonlarının tutulması
- Biyogaz üretimi
- Kompostlaştırma

#### 3) Toprak yönetimi:

- Toprak analizlerinin yapılması
- Mineral gübre uygulamalarının kontrolü
- Toprak karbon tutma kapasitesinin kompost uygulamalarıyla arttırılması
- Karbon oranı yüksek atıkların toprakta kullanılması
- Toprak işlemez tarım uygulamalarının arttırılması

## Son Notlar

- 1 | Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). 2007. "Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." In *Climate Change 2007: Synthesis Report*, edited by IPCC Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, and Andy Reisinger. Geneva: IPCC.
- 2 | Cline, William. 2007. "Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country." *Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics*.
- 3 | Sen, Omer, Lutfi. 2013. "A holistic view of climate change and its impacts in Turkey." *Mercator-IPC Report*.
- 4 | Bkz. Not 3
- 5 | IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1535.
- 6 | Lebender, U. Senbayram, M. Lammel, J. & Kuhlmann, H. "Effect of mineral nitrogen fertilizer forms on N<sub>20</sub> emissions from arable soils in winter wheat production." *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2014. 177, 722-732.
- 7 | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), "Ulusal Hesaplar 2016, Üretim Yöntemi ile GSYH, 2016." (erişim:9 Ekim 2016). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- 8 | OECD, Agricultural Policy Monitoring and Evaluation, 2014.
- 9 | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), "İstihdam, İşsizlik ve Ücret, 2016, İstihdam Edilenlerin Yıllara Göre İktisadi Faaliyet Kolları, (NACE Rev.2)," (erişim: 9 Ekim 2016). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- 10 | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), "Tarım İstatistikleri 2016, Tarım alanları," (erişim:10 Ekim 2016). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- 11 | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Tarım İstatistikleri 2016, Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alan ve Üretim Miktarları (Seçilmiş Ürünlerde) (erişim:10 Ekim 2016). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- 12 | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Tarım İstatistikleri 2016, Sebze Üretim Miktarları (Seçilmiş Ürünlerde) (erişim:10 Ekim 2016). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- 13 | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Tarım İstatistikleri 2016, Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkilerinin Üretim Miktarları (seçilmiş ürünlerde) (erişim:10 Ekim 2016). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- 14 | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Organik Bitkisel Üretim 2017, (erişim: 20 Ağustos 2017). [www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=1565](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1565).
- 15 | Turkey Greenhouse Gas Inventory,1990 to 2015: Annual Report for Submission under the Framework Convention on Climate Change (Ankara: Turkish Statistical Institute, 2016).
- 16 | INDC, Türkiye Cumhuriyeti Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı, 2015.
- 17 | Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023.T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- 18 | Türkiye İklim Değişikliği 6. Bildirimi, 2016. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- 19 | Turkey National Inventory Report, 2017. (erişim: 1 Haziran 2017). [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/9492.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/9492.php)
- 20 | Bkz. Not 19
- 21 | Bkz. Not 1
- 22 | Bkz. Not 1
- 23 | Bkz. Not 19
- 24 | Beauchemin, K. and S. McGinn, 2005: Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of Animal Science*, 83, pp. 653-661.
- 25 | Clemens, J. and H.J. Ahlgrimm, 2001: Greenhouse gases from animal husbandry: mitigation options. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, pp. 287-300.

- 26 | Soliva, C.R., J. Takahashi, and M. Kreuzer (eds.), 2006: Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update. *International Congress Series*, No.1293, Elsevier, The Netherlands, pp. 377.
- 27 | Beauchemin, K. and S. McGinn, 2005: Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of Animal Science*, 83, pp. 653-661.
- 28 | Machmülller, A., D.A. Ossowski, and M. Kreuzer, 2000: Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 85, pp. 41-60.
- 29 | Jordan, E., D.K. Lovett, M. Hawkins, J. Callan, and F.P. O'Mara, 2006: The effect of varying levels of coconut oil on intake, digestibility and methane output from continental cross beef heifers. *Animal Science*, 82, pp. 859-865.
- 30 | Alcock, D. and R.S. Hegarty, 2006: Effects of pasture improvement on productivity, gross margin and methane emissions of a grazing sheep enterprise. In *Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update*. C.R. Soliva, J. Takahashi, and M. Kreuzer (eds.), International Congress Series No. 1293, Elsevier, The Netherlands, pp. 103-106.
- 31 | Clark, H., C. Pinares, and C. de Klein, 2005: Methane and nitrous oxide emissions from grazed grasslands. In *Grassland. A Global Resource*, D. McGilloway (ed.), Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 279-293.
- 32 | McGinn, S.M., K.A. Beauchemin, T. Coates, and D. Colombatto, 2004: Methane emissions from beef cattle: effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science*, 82, pp. 3346-3356.
- 33 | Newbold, C.J. and L.M. Rode, 2006: Dietary additives to control methanogenesis in the rumen. In *Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update*. C.R. Soliva, J. Takahashi, and M. Kreuzer (eds.), International Congress Series No. 1293, Elsevier, The Netherlands, pp. 138-147.
- 34 | Alvarez, R. 2005: A review of nitrogen fertilizer and conservative tillage effects on soil organic storage. *Soil Use and Management*, 21, pp. 38-52.
- 35 | Gregorich, E.G., P. Rochette, A.J. van den Bygaart, and D.A. Angers, 2005: Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada. *Soil and Tillage Research*, 83, pp. 53-72.
- 36 | Galloway, J.N., J.D. Aber, J.W. Erisman, S.P. Seitzinger, R.W. Howarth, E.B. Cowling, and B.J. Cosby, 2003: The nitrogen cascade. *Bioscience*, 53, pp. 341-356.
- 37 | Cassman, K.G., A. Dobermann, D.T. Walters, and H. Yang, 2003: Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, pp. 315-358.
- 38 | McSwiney, C.P. and G.P. Robertson, 2005: Nonlinear response of N<sub>2</sub>O flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays* L.) cropping system. *Global Change Biology*, 11, pp. 1712-1719.
- 39 | Bouwman, A., 2001: Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land. International Fertilizer Industry Association, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 40 | Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, 2007: Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 41 | Madari, B., P.L.O.A. Machado, E. Torres, A.G. Andrade, and L.I.O. Valencia, 2005: No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Fhodic Ferralsol from southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 80, pp. 185-200.
- 42 | West, T.O. and W.M. Post, 2002: Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 66, pp. 1930-1946.

- 43 | Marland, G., T.O. West, B. Schlamadinger, and L. Canella, 2003b: Managing soil organic carbon in agriculture: the net effect on greenhouse gas emissions. *Tellus* 55B, pp. 613-621.
- 44 | Koga, N., T. Sawamoto, and H. Tsuruta 2006: Life cycle inventory-based analysis of greenhouse gas emissions from arable land farming systems in Hokkaido, northern Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52, pp. 564-574.
- 45 | Amon, B., V. Kryvoruchko, T. Amon, and S. Zechmeister-Boltenstern, 2006: Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112, pp. 153-162.
- 46 | Clemens, J. and H.J. Ahlgrimm, 2001: Greenhouse gases from animal husbandry: mitigation options. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, pp. 287-300.
- 47 | Monteny, G.-J., A. Bannink, and D. Chadwick, 2006: Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, pp. 163-170.
- 48 | Monteny, G.J., C.M. Groenestein, and M.A. Hilhorst, 2001: Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, pp. 123-132.
- 49 | Clemens, J. and H.J. Ahlgrimm, 2001: Greenhouse gases from animal husbandry: mitigation options. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, pp. 287-300.
- 50 | Clemens, J., M. Trimborn, P. Weiland, and B. Amon, 2006: Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, pp. 171-177.
- 51 | Paustian, K., B.A. Babcock, J. Hatfield, R. Lal, B.A. McCarl, S. McLaughlin, A. Mosier, C. Rice, G.P. Robertson, N.J. Rosenberg, C. Rosenzweig, W.H. Schlesinger, and D. Zilberman, 2004: Agricultural Mitigation of Greenhouse Gases: Science and Policy Options. *CAST (Council on Agricultural Science and Technology) Report*, R141 2004, ISBN 1-887383-26-3, pp. 120.
- 52 | Xu, S., X. Hao, K. Stanford, T. McAllister, F.J. Larney, and J. Wang, 2007: Greenhouse gas emissions during co-composting of cattle mortalities with manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78, pp. 177-187.
- 53 | Chadwick, D.R., 2005: Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering. *Atmospheric Environment*, 39, pp. 787-799.
- 54 | Millennium Ecosystem Assessment, 2005: Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. Findings of the Condition and Trends Working Group. *Millennium Ecosystem Assessment Series*, Island press, Washington D.C., pp. 815.
- 55 | Follett, R.F., 2001: Organic carbon pools in grazing land soils. In *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. R.F. Follett, J.M. Kimble, and R. Lal (eds.), Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, pp. 65-86.
- 56 | Lal, R., 2004a: Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304, pp. 1623-1627.
- 57 | Schlesinger, W.H., 1999: Carbon sequestration in soils. *Science*, 284, pp. 2095.
- 58 | Mosier, A.R., A.D. Halvorson, G.A. Peterson, G.P. Robertson, and L. Sherrrod, 2005: Measurement of net global warming potential in three agroecosystems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 72, pp. 67-76.
- 59 | Liebig, M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany, and G.E. Schuman, 2005: Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada. *Soil & Tillage Research*, 83, pp. 25-52.
- 60 | Monteny, G.-J., A. Bannink, and D. Chadwick, 2006: Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, pp. 163-170.
- 61 | Reay, D.S., K.A. Smith, and A.C. Edwards, 2003: Nitrous oxide emission from agricultural drainage waters. *Global Change Biology*, 9, pp. 195-203.

**IPC-MERCATOR  
POLICY BRIEF**



---

**IPC**

**ISTANBUL POLICY CENTER**  
SABANCI UNIVERSITY  
STIFTUNG MERCATOR INITIATIVE