

## Türkiye'de Kompost Üretim Teknolojileri ve Yasal Düzenlemeler

Osman YALDIZ<sup>1</sup> Recep KÜLCÜ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Bölümü, yaldiz@akdeniz.edu.tr, Antalya

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Tarım  
Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, recepkulcu@isparta.edu.tr, Isparta

### ÖZET

*Kompostlaştırma, organik atıkların aerobik mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması ve bu işlem sonucunda toprak düzenleyici ve gübre değeri olan bir ürünün üretilmesi işlemidir. Kompostlaştırma sırasında organik materyaller içerisindeki bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından kullanılabilirliği artmakta ve açığa çıkan ısı enerjisiyle ürün pastörize edilmektedir. Kompost, topraklarda organik madde seviyelerinin yükseltilmesi, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin düzenlenmesi ve bitki besleme gibi amaçlarla tarımsal üretim, erozyonla mücadele ve peyzaj düzenlemeleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır.*

*Türkiye'de kompost üretimi 3 farklı amaçla gerçekleştirilmektedir. Bu amaçlar tarımsal gübre üretmek, kentsel atıkların bertarafını sağlamak ve mantar yetiştirme ortamı oluşturmaktır. Kentsel atıkların bertarafı için kurulan kompostlaştırma tesisleri genellikle kar hedefi olmayan, önceliği atık kütlesi ve hacminin azaltılması ve patojen mikroorganizmaların pastörizasyonudur. Tarımsal gübre ve mantar yetiştirme ortamı üretilen tesisler ticari önceliklerle kurulmuş kompost tesislerdir. Ülkemizde tarımsal amaçlı lisanslı kompost üretimi 1988 yılında başlamıştır. Bu yıllarda ne sektör ne de yasa koyucular kompostlaştırma işlemine ve teknolojisine tam olarak hâkim değildiler. Bu nedenle ilk kurulan kompost tesislerinde, mikrobiyolojik işlem doğru yönetilemiyordu ve kompost yerine kurutulmuş ürün üretiliyordu. Ancak ülkemizde kompostlaştırma sektörü 2000'li yıllardan itibaren büyük bir ivme kazandı, üretim kapasiteleri arttı, yasal düzenlemelerle sektörün standartları oluşturuldu. Sektördeki büyüme ve yasal düzenlemeler günümüzde sektörü teknolojik altyapısını yükseltmeye zorlamaktadır.*

*Bu çalışmada ülkemizde kompostlaştırma sektörünün gelişimi, yasal düzenlemelerdeki değişiklikler ile üretim teknolojilerindeki gelişmeler ve sorunlar değerlendirilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler: Kompost, kompost teknolojisi, yasal düzenlemeler**

### Composting Technologies and Regulations in Turkey

#### ABSTRACT

*Composting is the process of digesting organic wastes by aerobic microorganisms and producing a product that is soil-regulating and organic fertilizer. During composting, the usability of plant nutrients in organic materials increases and the product is pasteurized by the heat energy that is released. Compost is used to regulate the physical and chemical properties of soils, to combat erosion and to feed plants.*

*Compost production in Turkey occurs for 3 different purposes. These aims are to produce agricultural fertilizers, to provide the disposal of urban wastes and to create a mushroom*

*growing media. Composting facilities for urban wastes are generally not profit targets, priority is to reduce waste mass and volume, and pasteurization of pathogenic microorganisms. Agricultural fertilizers and mushroom growing facilities are commercial priority compost plants. Compost production licensed for agricultural purposes in our country began in 1988. In these years neither the sector nor the legislator was fully dominant in the composting process and technology. For this reason, in the first compost plants, the microbiological process could not be managed properly and the dried product was produced instead of the compost. However, the composting sector in our country has gained momentum since 2000, the production capacities have increased, and the legal standards have set the sector standards. Growth and legal regulations in the sector today are pushing the sector to upgrade its technological infrastructure.*

*In this study, the development of the composting industry in our country, the changes in legal regulations and the changes and problems in production technologies are evaluated.*

**Keywords: Compost, Composting technology, legal regulations**

## **GİRİŞ**

Ülkemizde ve dünyada nüfusun hızlı artışı, sanayi ve tarım sektöründeki gelişmelere paralel olarak atık miktarları da artmaktadır. Atıkların yönetimi çevre ve insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi yaklaşımı içerisinde atıklar işe yaramayan materyaller olarak değil, doğaya ve ekonomiye kazandırılması gereken hammaddeler olarak görülmektedir. Bu yaklaşımla atıkların geri dönüşümü ve değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Tarımsal atıklar da bu yaklaşım içerisinde doğaya ve ekonomiye kazandırılması gereken materyallerdir. Tarımsal üretimden açığa çıkan atıklar, bitkisel ve hayvansal kökenli atıklardır. Bitkisel atıklar organik madde Karbon, hayvansal atıklar ise Azot içerikleri açısından zengindirler. Ülkemizde hayvansal üretim sonrasında yılda yaklaşık 160 milyon ton gübre ve bitkisel üretim sonrasında yaklaşık 12.8 milyon ton organik atık açığa çıkmaktadır (Başçetinçelik vd, 2006). Dünyada tarımsal atıkların değerlendirilmesinde kompost ve biyogaz teknolojileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki işlemde mikroorganizmalar aracılığıyla gerçekleştirilmekte fakat farklı kullanım amaçları bulunmaktadır. Biyogaz işlemi organik atıkların oksijensiz (anaerob) şartlarda çürütülerek yanıcı bir gazın (CH<sub>4</sub>) üretildiği bir işlemdir ve hedefi enerji üretmektir. Kompostlaştırma organik atıkların oksijenli şartlar altında (aerob) mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması işlemidir. Bu işlem sonucunda organik atıklardan toprak düzenleyici ve gübre değeri olan bir ürün elde edilmektedir (Sönmez, 2012; Sarangi and Lama, 2013).

Ülkemizde kentsel ve tarımsal atıkların değerlendirilmesinde kompostlaştırma işlemi yetersiz bir oranda da olsa kullanılmaktadır. Ülkemizde kentsel organik atıklardan kompost

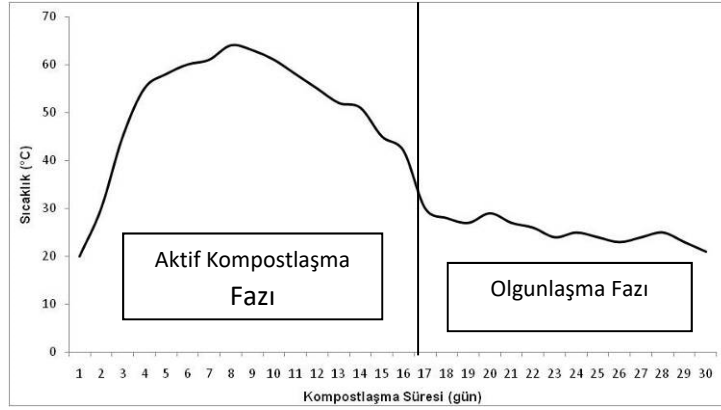
üreten 4 tesis bulunmaktadır. İzmir, Antalya, Denizli ve İstanbul'da bulunan bu tesislerde organik atıklardan aerob şartlarda kompost üretimi gerçekleştirilmektedir. Antalya ve İstanbul'da bulunan kompost tesisleri etkin olarak çalışmakta ve üretilen kompost ağırlıklı olarak peyzaj düzenlemelerinde kullanılmaktadır. Antalya GATAB (Güney Antalya Turizmi Geliştirme ve Altyapı İşletme Birliği tarafından işletilen kompost tesisinden üretilen kompostun bir kısmı bölgedeki seralarda ve diğer tarımsal uygulamalarda da kullanılmaktadır.

Tarımsal organik atıklar hayvancılık ve bitkisel üretim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde bitkisel kaynaklı organik atıklar kontrolsüz olarak yakılmakta veya alıcı ortamlara bırakılmaktadır. Hayvansal atıklar (büyük oranda hayvan dışkıları) ise kontrolsüz yığınlar haline getirilmekte ve büyük oranda anaerobik ve uzun süren ayrıştırma işlemi sonrasında tarımsal alanlarda organik gübre olarak uygulanmaktadır. Kontrolsüz anaerobik yığınlardan metan gazı oluşumu nedeniyle küresel ısınmanın sorumlusu olarak kabul edilen sera gazı emisyonu açığa çıkmakta, uzun süren ayrışma ve yıkanma yoluyla bitki besin elementleri kaybolmakta ve mikrobiyolojik dezenfeksiyon sağlanamamaktadır (Kulcu ve Yaldiz 2004).

### **Kompostlaştırma Prosesi**

Kompostlaştırma işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesinin temel şartları; yığın içerisinde aerob şartların korunabilmesi (min. %5 oksijen), karışımların C/N oranlarının 30/1 düzeylerinde ayarlanması, karışımların porozitelerinin %30-35 aralığında olması ve materyalin su içeriği seviyesinin %55'in altına düşmemek koşuluyla %55-65 arasında olmasına bağlıdır. Bu koşullarda gerçekleştirilen kompostlaştırma işlemi doğru proses yönetimiyle kontrol edilerek başarılı bir kompostlaştırma sağlayabilmektedir.

Kompostlaştırma işlemi 2 temel aşamadan oluşmaktadır bunlar; aktif kompostlaşma ve olgunlaşma fazlarıdır. Kompostlaştırma işleminin aktif fazında mikroorganizma faaliyeti hızlanmakta ve sistemin oksijen ihtiyacı hızla artmaktadır. Bu aşamada mikroorganizma faaliyetinin en önemli göstergesi olan sıcaklık hızlı bir şekilde artmakta ve 55°C'nin üzerine çıkmaktadır. Aktif faz kullanılan karışım ve sistemin özelliklerine bağlı olarak 7-30 gün arasında sürmektedir. Olgunlaşma fazında ise mikroorganizma faaliyeti azalmakta ve sıcaklık düşmektedir (Şekil 1). Olgunlaşma fazı kullanılan karışım ve sistemin özelliklerine bağlı olarak 15-60 gün sürebilmektedir (Hogland vd., 2003; Kulcu ve Yaldiz, 2004; Grewal vd., 2007; Dadhich et al., 2012)



Şekil 1. Kompostlaştırma fazları

Kompostlaştırma işleminde prosesin takibi için ölçülmesi veya analiz edilmesi gereken parametreler; yığın sıcaklığı, yığın içerisindeki havanın oksijen veya karbondioksit konsantrasyonu ve yığın içerisindeki karışımın su içeriğidir. Kompostlaştırma işleminde proses başarımının belirlenmesi için; yığın sıcaklığı, sıcaklık eğrisi altında kalan alan, oksijen ve/veya karbondioksit içeriği, enerji tüketimi ve ayrışma oranı kullanılmaktadır (Haug, 1993; Baptista et al., 2010).

### Kompostlaştırm Sistemleri

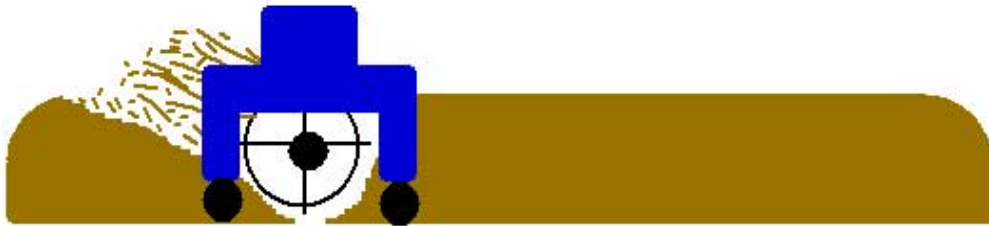
Kompostlaştırma sistemleri temel olarak açık ve kapalı sistemler olarak ayrılmaktadır. Açık sistemlerde kompostlaştırma işlemi namlu halinde hazırlanmış yığınlar gerçekleştirilmektedir. İşlem süresince aerob mikroorganizmaların ihtiyacı olan oksijen statik sistemlerde fanlar tarafından hava üflenerek, karıştırmalı yığın sistemlerinde ise yığın karıştırıcılarla periyodik karıştırma yapılarak sağlanmaktadır. Kapalı sistemlerde işlem ortam şartlarından izole edilmiş hacimler içerisinde gerçekleştirilmektedir. Uygulamada yaygın olarak kullanılan kompostlaştırma sistemleri (Haug, 1993; Rynk vd., 1992);

- Karıştırmalı yığın,
- Statik yığın (Doğal havalandırma),
- Statik yığın (Zorlamalı havalandırma),
- Konteynir sistemleri,
- Tünel tipi sistemler,
- Dönen tambur tipi olarak sıralanabilir.

Kapalı sistemlerde işlem başarısı ve pastörizasyon etkisi oldukça yüksektir. Ancak kapalı sistemlerin yatırım ve işletme maliyetleri yüksektir. Kapalı sistemler pastörizasyon etkisinin tarımsal atıklardan daha önemli olduğu artıma çamurları ve koku kontrolünün önemli olduğu kentsel atıkların kompostlaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarım sektöründe kapalı sistemler mantar kompostu üretiminde tercih edilmektedir. Tarımsal gübre ve/veya toprak düzenleyici ürün olarak kompost üretiminde büyük oranda açık sistemler kullanılmaktadır. Ülkemizde tarımsal kompost üretiminde genellikle karıştırmalı sistemlerin kullanıldığı bilinmektedir. Proses başarısı düşük olmasına rağmen karıştırmalı sistemlerin tercih edilmesinin en önemli nedeni, statik yığın sistemlerinin ihtiyaç duyduğu işlem kontrol ve komuta düzenlerinin yurt dışından ithal ediliyor olmasıdır (Külcü, 2013).

### **Karıştırmalı yığın sistemleri**

Karıştırmalı yığın sistemlerinde, ön işlemlerde kompostlaştırma için uygun özellikler kazandırılan materyaller yığınlar haline getirilir ve oluşturulan yığınlar belirli periyotlarla karıştırılarak havalandırılmaları sağlanır. Karıştırma işleminde traktörden hareket alan karıştırıcılar veya kendi yürür karıştırıcılar kullanılmaktadır. Karıştırma işleminin periyodu materyalin özelliklerine, teknik ve ekonomik imkânlarla bağlıdır. Yapılan araştırmalar bu periyodun 3-5 günde bir olmasının işlem açısından uygun olduğunu göstermiştir (Diaz vd.,1993). Karıştırma işlemi sırasında materyal boyutları küçülür ve karışımın daha homojen hale gelmesi sağlanır (Şekil 2).

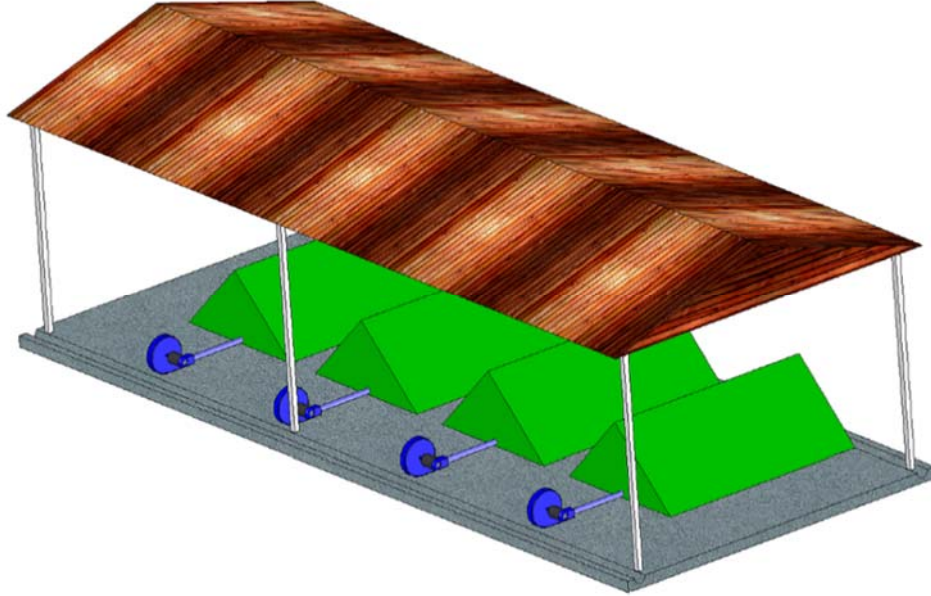


Şekil 2. Yığınların karıştırılması

### **Statik yığın sistemleri**

Statik yığın sistemlerinde ön işlemlerden geçirilmiş materyaller biyolojik işlem aşamasında, işletmenin ve sistemin özelliklerine göre yığınlar haline getirilirler. Yığınlar genellikle üçgen veya trapez kesitlidirler. Yığınlar havalandırılma şekillerine göre zorlamalı havalandırılmalı ve doğal konveksiyonlu olarak adlandırılırlar (Haug, 1993). Doğal konveksiyonlu sistemlerde materyallerin havalandırılması için herhangi bir mekanizasyon

uygulanması yapılmaz, kompostlaştırma işleminde oluşan ısı ile yığınların kendiliğinden havalanması sağlanır. Zorlamalı havalandırılmalı sistemlerde ise yığınların havalandırılmasında aspiratör veya vantilatörler kullanılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Statik yığın tipi kompostlaştırma sistemi

Karıştırmalı yığın tipi tesislerde oksijen desteği karıştırma periyoduna bağlıdır ve pratikte haftada iki kere karıştırma yapılır. Bu karıştırma sonucunda sağlanan oksijen ise kısa sürede mikroorganizmalar tarafından tüketildiği için kompostlaşma süreci daha uzun, proses sıcaklığı düşük olmaktadır. Statik yığın tipi tesisler; mikroorganizmalar için gerekli olan oksijen desteğinin sürekli olarak sağlanması ve sistemin otomasyona açık olması nedeniyle dünyada hızla yaygınlaşmaktadır. Ancak bu tesislerin kurulması ve işletilmesi karıştırmalı yığın tipi tesislerden daha fazla teknik bilgi gerektirmektedir. Ayrıca statik yığın sistemlerinde yığınların porozite değerlerinin doğru ayarlanması gerekir. Porozite değerlerinin doğru ayarlanmaması yığın içerisinde havanın her bölüme nüfuz etmesine engel olmakta ve yığınlarda kompaksiyon sorununu ortaya çıkartmaktadır. Bu nedenle statik yığın sistemlerinde yığınlara boşluk yapıcı materyallerin eklenmesi gerekmektedir (Diaz vd., 2002; Kulcu ve Yaldiz, 2007). Statik yığın sistemlerinde karıştırmalı yığın sistemlerinde olduğu gibi, yığınlar periyodik olarak karıştırılmadığından yığınlara yapılacak C/N oranı düzenleyici, gübre değerini arttırıcı ve porozite oranını düzenleyici katkıların ilave edilmesi için hammadde karıştırıcıları kullanılması gerekmektedir. Bu durum statik yığın sistemlerinde yatırım maliyetini arttırmaktadır.

## Kapalı Sistemler

Kapalı sistemler kompostlaştırma işleminin iklim şartlarından izole edilmiş kontrollü şartlarda gerçekleştirildiği teknolojilerdir. Bu sistemlerde kompostlaştırma işlemini gerçekleştiren mikroorganizmaların ihtiyacı olan oksijen ortam havasının kapalı hacim içerisindeki yığına üflenmesi yoluyla verilmektedir. Buna ilave olarak bazı sistemlerde karıştırma işlemi de uygulanmaktadır. Kapalı sistemler, işlem başarısı açısından açık sistemlerden daha üstündür ancak bu sistemlerin yatırım ve işletme maliyetleri açık sistemlere göre daha yüksektir.

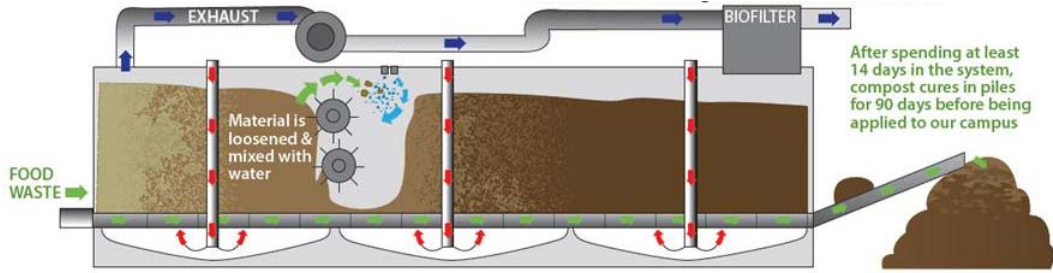
Günümüzde kompostlaştırmada kullanılan kapalı sistemler, konteyner, tünel ve döner tambur tipi sistemlerdir. Konteyner tipi sistemlerde bir veya birden fazla kontayner içerisinde işlem gerçekleştirilmektedir. Sistemlerde karıştırma yapılmamakta, fanlar yardımıyla havalandırma işlemi uygulanmaktadır. Sistemlerin modüler yapısı ve taşınabilir olması önemli bir avantaj sağlamaktadır.



Şekil 4. Konteyner tipi kompostlaştırma sistemi

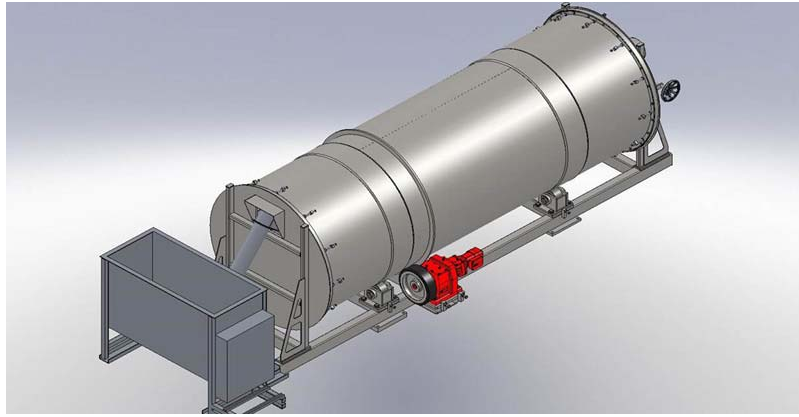
Tünel tipi sistemler ülkemizde mantar kompostu üretiminde tercih edilmektedir. Bunun temel nedeni gelişmiş bir havalandırma kontrol sistemine sahip olmalarıdır. Sistemlerde hava geri dönüşüm uygulamaları yapılarak, hem yığın içerisinde sıcaklık dağılımının tekdüzeliği sağlanmakta hem de mantar kompostu için önemli olan yüksek sıcaklıklarda pastörizasyon

etkisi arttırılmaktadır. Bazı sistemlerde havalandırmayla birlikte karıştırma uygulaması da gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5. Tünel tipi kompostlaştırma sistemi

Dönen tambur tipi sistemler, kompostlaştırma işleminde aktif aşamayı hızlandırma özellikleriyle bilinmektedir. Bu sistemlerde aktif aşama 24 saate kadar düşürülmektedir. Yatırım maliyeti yüksek olan bu sistemde hem havalandırma hemde tamburun döndürülmesi yoluyla karıştırma işlemi birlikte uygulanmaktadır.

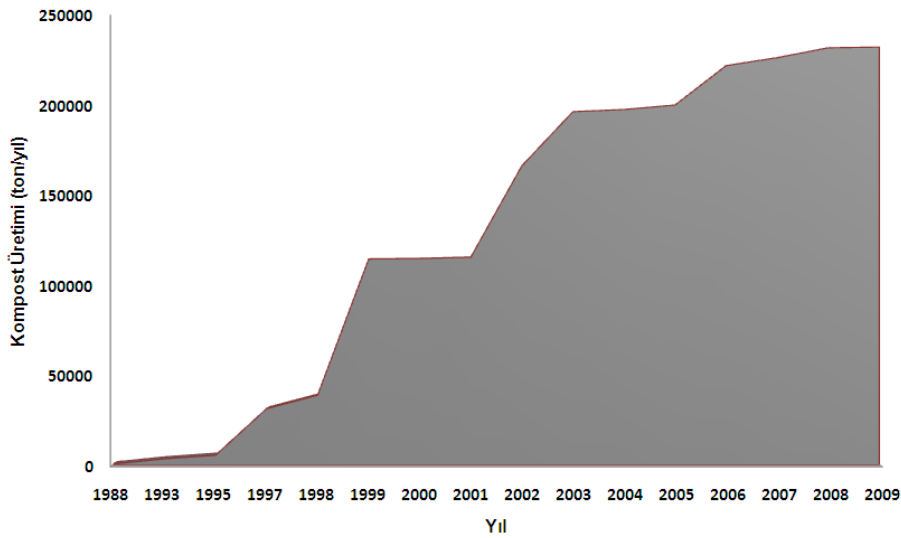


Şekil 5. Dönen tambur tipi kompostlaştırma sistemleri



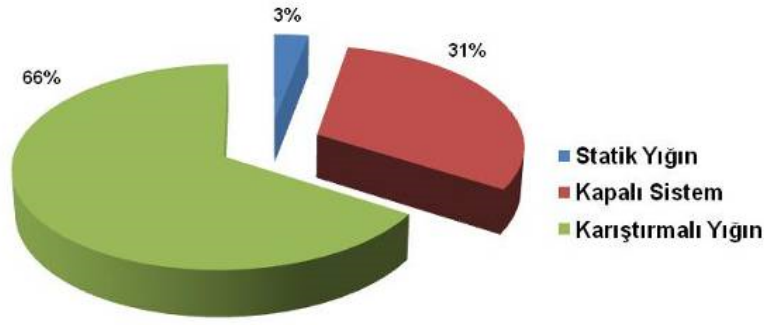
## Türkiye’de Tarımsal Atıklardan Kompost Üretimi

Külcü ve Çaylak (2012) ülkemizde faaliyet gösteren tarımsal atıklardan kompost üreten işletmeler ile bir anket çalışması gerçekleştirmiştir. Bu tesislerle gerçekleştirilen anket çalışmasında tesislerin kapasiteleri, teknolojileri, kullanılan hammaddeler ve yaşanan sıkıntılar ile üniversitelerden beklentileri sorulmuştur. Anket sonuçlarına göre ülkemizde tarımsal atıklardan lisanslı olarak kompost üretimi 1988 yılında başlamış ve 2009 yılı rakamlarına göre 29 fabrikayla 236.265 t/yıl üretim kapasitesine ulaşmıştır. Şekil 6’da gösterilen grafik bu sektörün çok hızlı bir şekilde büyüdüğüne işaret etmektedir. Ancak bu kapasite ülkemizin yıllık 160 milyon ton hayvan dışkısı ve 12,8 milyon ton bitkisel atık potansiyeli ile karşılaştırıldığında oldukça yetersizdir.



Şekil 6. Ülkemizde tarımsal atıklardan kompost üretim kapasitesi

Ülkemizde faaliyet gösteren tarımsal kompost işletmelerinin yaklaşık %3’ünde statik yığın, %66’sında karıştırmalı yığın ve %31’inde kapalı sistemler kullanılmaktadır (Şekil 7). Ülkemizde tarımsal alanda kullanılan kapalı sistemlerin tamamı tünel tipi kompostlaştırma sistemleridir ve mantar kompostu üretiminde kullanılmaktadır. Bu sistemler yurt dışından ithal edilmişlerdir. Ülkemizde tarımsal kompostun üretiminde karıştırmalı yığın sisteminin daha çok tercih edilmesine, kompost karıştırıcı üretimini yapan birkaç yerli firmanın bulunması etkili olmuştur. Statik kompost tesislerinde proses kontrolünü yapan cihaz ve havalandırma ekipmanları, tünel sistemlerinde ise inşaat dışındaki tüm aksamalar yurt dışından ithal edilmektedir. Bu durum statik sistemlerde yatırım maliyetini arttırdığı için ülkemizde statik sistemlerin sayısı az olmuştur.



Şekil 7. Ülkemizde faaliyet gösteren kompost tesislerinin kullandıkları sistem tipleri

### Kompostlaştırma Konusunda Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde kompostlaştırma alanında yasal düzenlemeler 1991 yılında 20814 sayılı resmi gazetede yayımlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile başlamıştır. Bu yönetmelik, kentsel atıkların kompostlaştırılması konusunu kapsamaktadır. Yönetmelikte kompostlaştırma ile ilgili olarak; C/N oranının 35 olması, organik madde içeriğinin en az %35 olması, su muhtevasının %50'yi geçmemesi ve içeriğindeki yabancı madde oranının %2'nin üzerinde olmaması gibi maddelere yer verilmiştir. Kompostlaştırma konusunda başlangıç niteliğinde olan bu yönetmelik, kompostun kalitesi üzerinde sınırlayıcı maddelere sahip değildir. Bu durum, özellikle tarımsal kompost üretiminin kontrolsüz kalmasına neden olmuştur.

Kompostlaştırma konusunda en kapsamlı yasal düzenlemeler; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan Kompost Tebliği (5 Mart 2015 Perşembe Resmi Gazete Sayı: 29286) ve T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yayımlanan "Hayvansal Yan Ürün Kullanan Biyogaz ve Kompost Tesislerinin Çalışma Usul İle Esaslarına İlişkin Talimat" olmuştur. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan tebliğ; kompost olgunluğu, hijyeni ve kalitesi gibi parametreleri belirlerken, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yayımlanan talimat; kompost tesislerini teknolojik yönden belirli bir standarda getirmeyi hedeflemiştir.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan kompost tebliğinde kompostun kararlılık ve kalitesi, Çizelge 1 ve 2'de verilen parametrelere göre sınırlandırılmıştır.

Çizelge 1. Kompost kalite parametreleri

Parametre	Değer	
pH	5,5 – 8,5	
Hijyen değeri	Kesintisiz olarak 55 °C'de 2 hafta, 60 °C'de 1 hafta, 65 °C'de 5 gün, 70 °C'de 1 saat, işlem görmüş olacaktır.	
	<b>Patojenler</b>	
	Toplam Bakteri	1x10 <sup>9</sup> kob/g veya kob/ml
	Enterobactericea grubu bakteriler	< 3cfu/ml
	Mycobacterium spp	Yok (25 g veya ml)
	Toplam maya ve küf	1<10 <sup>4</sup> kob/gr-ml
	Salmonella spp	Yok (25 g veya ml)
	Staphylococcus aureus	Yok (25 g veya ml)
	Bacillus cereus	Yok (25 g veya ml)
	Bacillus anthracis	Yok (25 g veya ml)
	Clostridium spp	<2 kob/g veya kob/ml
	Clostridium perfiringens	Yok
	Listeria spp	Yok
	Staphylococcal Enterotoksin	Yok
	E.coli	Yok
E.coli	0157 Yok	
İz elementler	<b>Parametre</b>	<b>Kompostta ppm (mg/kg kuru madde)</b>
	Arsenik (As)	20
	Kadmiyum (Cd)	3
	Krom (Cr)	350
	Bakır (Cu)	450
	Cıva (Hg)	5
	Nikel (Ni)	120
	Kurşun (Pb)	150
	Çinko (Zn)	1100
	Kalay (Sn)	10
Kompostun Nem İçeriği	< % 30	
Karbon/Azot Oranı (C/N)	10-30	
Organik Madde (kuru madde içerisinde)	> %35	
Mineral iyonlar halindeki tuzlar	< 10dS/cm	
Biyobozunur		

Olmayan Yabancı Madde İçeriği (Kuru Ağırlık Olarak)	< % 2
Komposttaki yabancı ot değeri	< 5 adet/lt
10 mm'lik elekten ürünün % 90'ı geçecektir.	
Plastik madde ya da diğer mevcut muhtemelen geri dönüşümü olmayan madde parçacıklarının büyüklüğü 10 mm'yi geçmeyecektir.	

Çizelge 2. Kompost kararlılık parametreleri

	Birim	KARARLILIK	
OUR Testi	mg O <sub>2</sub> / gr OM/saat	< 0,4	
CO <sub>2</sub> Oluşum Oranı	mg CO <sub>2</sub> -C / gr OM /gün	< 2	
Dewar Testi	Sıcaklık Sınıfı	V	
	Dewar İndeksi:		
	Sıcaklık Yükselmesi	Sınıf	Stabilite Tanımlaması
	0-10 °C	V	Tamamen stabil kompost, depolanabilir
Solvita Testi	İndeks Değeri	7 - 8	

\*OM: Organik Madde

T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yayımlanan “Hayvansal Yan Ürün Kullanan Biyogaz ve Kompost Tesislerinin Çalışma Usul İle Esaslarına İlişkin Talimat” içerisinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan kompost tebliğinde yer almayan ve kompostlaştırma tesislerinde bazı teknolojik altyapıları zorunlu kılan maddeler aşağıdaki gibidir.

- Hammadde olarak hayvansal yan ürün kullanan kompost tesislerinde, hayvansal yan ve türev ürünler için dışarıdan herhangi bir müdahaleye imkan vermeyecek şekilde bir kapalı bölüm veya kapalı kompost reaktörü bulunmalı ve bu sistem aşağıdaki koşullarla donatılmış olmalıdır.
- Bir saat boyunca 70 °C'lik ısının korunup korunmadığını sürekli izleyecek donanım (zamana karşı ısının ölçülebilmesi amacıyla bulunan donanım),
- Bu donanımın verilerini sürekli kaydedecek bir cihaz

- Yetersiz ısıtmayı önleyecek bir sistem
- Ünitelerde kullanılan kayıt sistemi dışarıdan müdahale edilemeyecek şekilde otomatik olarak çalışan ve üretim sırasında elde edilen verileri dijital olarak kaydeden bir cihaz veya araç içermelidir.

## **Kompostlaştırma Tesislerindeki Teknolojik Sorunlar ve Yasal Düzenlemeler**

Ülkemizde kompostlaştırma tesislerini kapsamı içerisine alan yönetmelik ve talimatlar birlikte değerlendirildiğinde, bütün düzenlemelerin temel hedeflerinin kompostlaştırmada hijyen etkisini arttırmak ve olgunlaşmayı sağlamak olduğu görülmektedir. Bu şartları sağlayabilmenin yolu tesislerde kullanılan teknoloji seviyesinin artırılması ve kompostlaştırma prosesinin optimum şartlarda gerçekleştirilebilmesidir.

2000’li yılların başından itibaren ülkemizde kompost tesislerinin sayısı hızla artmıştır. Kurulan tesislerin büyük bir kısmını, karıştırmalı yığın tipi sistemler oluşturmaktadır. Mevcut durumda, işletmeler tesislerine sadece sıcaklık ölçüm ve kayıt sistemleri dâhil ederek geçici çözümlerle yasal zorunlulukları yerine getirmeye çalışmaktadırlar. Ancak yönetmeliklerde yer alan kararlılık parametrelerinin sağlanabilmesi için, kompost yığınlarında olgunlaşmayı sağlayacak sistemlere geçiş yapılmalıdır. Bu sistemler ise kapalı sistemler, statik yığın sistemleri ve karıştırmalı/statik hibrit sistemlerden oluşmaktadır.

Kompostlaştırma tesislerini mevcut yasal düzenlemeler karşısından zorlayan temel unsur, karıştırmalı yığın dışındaki sistemlerin büyük kısmının yurt dışından yüksek maliyetlerle ithal ediliyor olmasıdır.

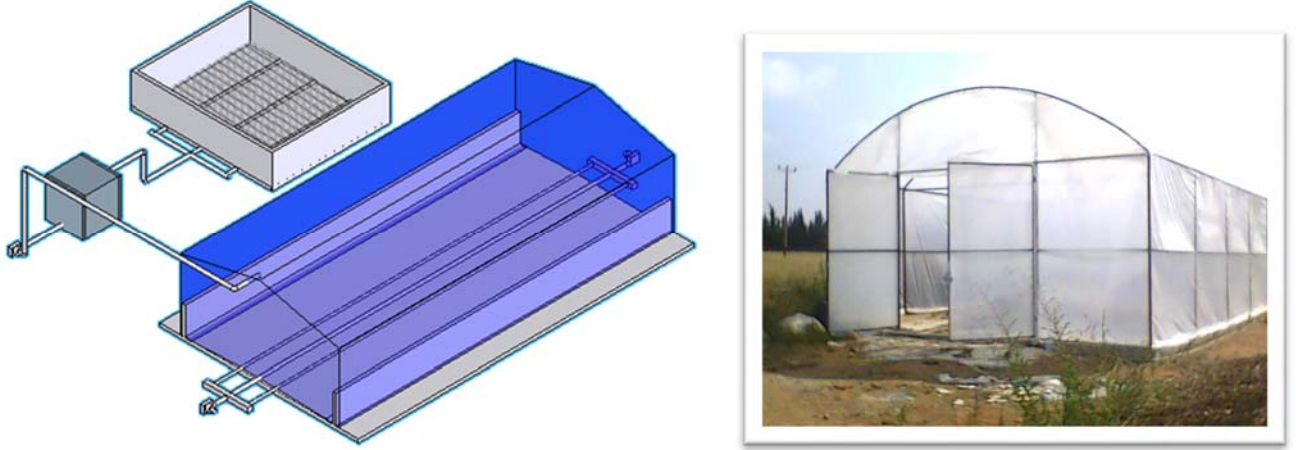
Ülkemizde kompost üreticileri, kullanıcıları ve konuyla ilgili akademisyenlerin bir araya gelerek sorunlar ve çözüm önerilerini görüştikleri 2 çalıştay düzenlenmiştir. Birincisi Prof. Dr. Recep KÜLCÜ başkanlığında 2013 yılında, ikincisi 2014 yılında uluslararası düzeyde biyogaz alanında Prof. Dr. Osman YALDIZ ve kompostlaştırma alanında Prof. Dr. Recep KÜLCÜ başkanlıklarında düzenlenmiştir. Aynı organizasyon 16-18 Kasım 2017 tarihinde Antalya’da düzenlenecektir.

Çalıştay sonuç bildirgelerinde yer alan maddeler aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Kompost ile ilgili çalışmalar Mühendislik, Agronomi, Bitki Besleme, gibi farklı alanları kapsamından dolayı disiplinler arası çalışma gerektirmektedir. Bu nedenle, bu alanlarda yapılacak proje, eğitim vb. çalışmalar belirtilen disiplinlerin katkısıyla oluşmalıdır.
- Kompost mühendisliği ile ilgili çalışmalar, özellikle ülkemizin ihtiyaç duyduğu havalandırılmalı statik yığın ve reaktör sistemlerinde kullanılan stratejilerin geliştirilmesini ve bu stratejilerin kompostun olgunlaşması, proses kalitesinin artırılması ve enerji tüketimlerinin azaltılmasını içermelidir.
- Türkiye’de kompost ile ilgili mevzuatların ve kalite kriterlerinin oluşturulmasında üniversiteler ve diğer kamu kuruluşları ile ilgili özel sektörle birlikte çalışmalıdır.
- Kompost kullanımı ile ilgili çalışmalarda Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümleri ve Ziraat Fakültelerinin Toprak ve Bitki Besleme bölümleri vb. akademik birimler ile ortaklaşa projeler üretilebilir.
- Kompost ulusal strateji belgesi (SWOT analizi) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı katılımı ile oluşturulmalıdır.
- Akademisyenler, özel sektör ve yerel yönetimlerin beraberliğinde özellikle yerli teknoloji geliştirme amacıyla ortak proje çalışmaları gerçekleştirmelidir.

Çalıştay sonuç bildirgelerinde de ilgili teknolojik altyapılar konusunda yerli teknoloji geliştirilmesi konusuna vurgu yapılmaktadır. Ülkemizde yüksek kaliteli kompost üretimi hedefiyle gerçekleştirilmiş akademik çalışmalar bulunmaktadır. Akdeniz Üniversitesi ve Süleyman Demirel Üniversitesi ortaklığında yürütülen ve sonuçlandırılan bu çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Yaldiz vd. (2009) Akdeniz Üniversitesi tarımsal araştırma çiftliklerinden açığa çıkan atıklardan kompost üretimi gerçekleştiren, statik yığın tipi bir kompostlaştırma tesisi kurmuşlardır (Şekil 8).



Şekil 8. Akdeniz üniversitesinde kurulan statik yığın tipi kompost tesisi

Tesiste yığınlar tabandan havalandırılmış ve sera içerisine alınan yığınlardan çıkan hava biyofiltrede temizlenmiştir. Tesiste havalandırma boruları birçok uygulamada olduğu gibi yığınla temas halinde konumlandırılmıştır. Proje kapsamında yığınlarda porozite düzenleyici ve karbon kaynağı olarak öğütülmüş ağaç kabukları ve saman ile büyükbaş hayvan gübresinden oluşturulan karışımlar kompostlaştırılmıştır. Denemelerinde Rutger's ve Beltsville havalandırma kontrol stratejilerini karşılaştırmışlardır. Denemeler sonucunda Rutger's stratejisinin kompostlaştırma işlemini daha başarılı gerçekleştirdiğini bulmuşlardır. Ancak denemeleri sırasında karşılaştıkları bazı sıkıntıları da not etmişlerdir. Bunlar; her ne kadar porozite artırıcı materyal kullanılmış olsa da yığınlarda kompaktlaşmanın zamanla oluştuğu ve yığınların havalandırma borularının üzerinde ve temas halinde konumlandırılmasının hava çıkış borularından bazılarının tıkanmasına neden olduğudur.

Külcü vd. (2017) Tübitak 1005 proje destekleri kapsamında "Yüksek Kaliteli Kompost Üretimi için Proses Havası Geri Dönüşümlü Mobil Tünel Tipi Kompostlaştırma Sistemi ve Proses Kontrol Cihazının Geliştirilmesi" başlıklı projeyi yönetmiştir. Projede mantar kompostu üretiminde kullanılabilecek tünel tipi kompostlaştırma sisteminin yazılım ve donanımı hazırlanmıştır. Tesiste kullanılan havalandırma, proses kontrol ve ölçüm sistemlerinin yazılım ve donanımları proje personeli tarafından geliştirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Tünel tipi kompostlaştırma tesisi ve yazılımı

## SONUÇ

Ülkemizde kompostlaştırma sektörü önemli bir dönüm noktasına gelmiştir. 2000'li yıllarda üretim kapasitesi açısından ivmelenen sektör, yasal düzenlemelerin de etkisiyle artık teknolojik altyapısını yükseltmek durumunda kalmıştır. Sektörün daha kaliteli kompost üretmesinin ve çevresel sorunların en alt düzeye indirilmesinin temel şartı bu teknolojik değişimi yaşamaktır. Sektör teknolojik altyapısında gerekli dönüşümleri gerçekleştirdiğinde kompost üretim maliyetleri azalacağı gibi kompostun bitki beslemedeki etkinliği artacağından



pazar payı da genişleyecektir. Sektörün kompostlaştırma tesislerinde gerçekleştireceği teknolojik değişimin aynı zamanda mevcut yönetmelikleri de karşılayacak özelliklerde olması gerekmektedir. Yönetmeliklerde yer alan 70°C’de en az 1 saat süreyle işlem görme ve kapalı reaktör bulundurma şartları, hibrit sistemlerin geliştirilmesi ile sağlanabilir. Bu kapsamda tesislerde tünel, konteyner veya dönen tambur tipi ünitelerin bulunması gerekmektedir. Fakat bu sistemlerin yurt dışından ithal ediliyor olmaları ve işletme giderlerinin yüksek olması üreticiler üzerinde önemli bir yük oluşturabilir. Bu durumu aşmanın yolu; mevcut karıştırmalı yığın veya statik yığın sistemlerine, sadece aktif aşamanın geçirileceği ölçekte küçük boyutta kapalı ünitelerin dahil edilmesi olarak görülmektedir. Böylece öncelikle kapalı sistemde 1 veya 2 gün işleme tabi tutulan karışımlar, hem biyolojik işlem için start-up aşamasına hızlı geçecek hem de pastörizasyon için gerekli şartları sağlayacaktır. 1-2 günlük aktif aşamadan sonra yığınlar karıştırmalı ve/veya statik yığın sistemlerinde biyolojik proseslerine hızlandırılmış bir şekilde devam edebilecektir.

Sektörün öngörülen dönüşümleri yaşarken karşılaşacağı temel sıkıntı yerli teknolojinin bulunmaması ve prosese hakim teknik personel eksikliği olacaktır. Sistemlerin yurt dışı teknolojiler ile kurulması yatırım ve işletme maliyetlerini yükselttiği gibi, sektörün yurt dışına bağımlı hale gelmesine de neden olacaktır. Bu kapsamda, kompostlaştırma sektörü ve konu ile ilgili çalışan akademik personellerin bir araya getirileceği platformların oluşturulması gerekmektedir. Bu platformlarda sektör kendi beklentilerini ortaya koyarken alanda çalışan akademisyenler ve/veya uzmanlar sağlayabilecekleri katkıları sunmalıdırlar. Ancak kurulacak platformların temel eksenini, sektör için stratejik öneme sahip yerli teknolojilerin geliştirmesi olmalıdır. Geçmiş deneyimler maalesef bizlere benzer platformların raporlamanın ötesine gitmediklerini göstermiştir. Bu tür atalet yaratan uygulamaların dışına çıkmanın yolu, sorunu ve ihtiyacı merkeze alan, proje tabanlı işbirlikleri oluşturmaktır.

## KAYNAKLAR

- Baptista, M., Antunes, F., Souteiro Gonçaves, M., Morvan, B., Silveira, A., (2010). Composting kinetics in full-scale mechanical–biological treatment plants. *Waste Management*. 30 (10), 1908–1921.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Kaya, D., Kaçira, K., Ekinci, K., Karaca, C. (2006) Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Kullanımını Geliştirme Olanakları. VI: Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 25-26 Mayıs, Isparta.
- Dadhich, S. K., Pandey, A. K., Prasanna, R., Nain, L., Kaushik, B. D., (2012). Optimizing crop residue-based composts for enhancing soil fertility and crop yield of rice. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 82 (1), 85.
- Diaz, L.D., Savage, G.M., Eggerth, L.L., Golueke, C.G. (1993). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. Lewis Publishers, Florida, 205 ss.
- Diaz, M. J., Madejon, E., Lopez, F., Lopez, R., Cabrera, F. (2002). Composting of vinasse and cotton gin waste by using two different systems, *Resources, Conservation and Recycling*, 34, pp 235-248.
- Grewal, S., S. Sreevatsan., F.C. Michel. (2007) Persistence of Listeria and Salmonella during swine manure treatment. *Compost Science & Utilization* 15(1): 53-62.
- Haug R. T. (1993) *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis. Boca. Raton. Florida. pp. 157.
- Hogland, W., T. Bramryd., M. Marques., S. Nimmermark. (2003) Physical, chemical and biological processes for optimizing decentralized composting. *Comp Sci. Util* 11(4): 330-336.
- Kulcu, R., Yaldiz, O. (2004). Determination of Aeration Rate and Kinetics of Composting Some Agricultural Wastes. *Bioresource Technology*, 93, 49-57.
- Kulcu, R., Yaldiz, O (2007) Composting of Goat Manure And Wheat Straw Using Pine Cones As A Bulking Agent. *Bioresource Technology*, 98, 2700-2704.
- Külcü, R. (2013) Kompostlaştırma İşleminde Proses Yönetimi ve Sistemler. I. Ulusal Kompost ve Biyogaz Çalıştayı 11-14 Nisan 2013, Antalya.
- Külcü, R. Caylak, R. (2012) Türkiye’de Tarımsal Atıklardan Kompost Üretim Sektörünün Gelişimi. 4. Ulusal Katı Atık Kongresi, 17-20 Ekim 2012, Antalya.
- Külcü, R., Yaldiz, O., Ertekin, C., Yılmaz, D., Tosun, İ. (2017). Yüksek Kaliteli Kompost Üretimi için Proses Havası Geri Dönüşümlü Mobil Tünel Tipi Kompostlaştırma Sistemi ve Proses Kontrol Cihazının Geliştirilmesi” Tübitak 1005 214O266 numaralı proje.
- Rynk R., M. Van De Kamp., G. Willson., M. Singley., T. Richard., J.L. Kolega., G. Francis., L. Lucien., D. Kay., D. Murphy., H. Hoitink., W. Brinton. (1992) *On-Farm Composting Handbook (NRAES-54)*. Ithaca, New York, NRAES, Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service.
- Sarangi, S. K., Lama, T. D., (2013). Straw composting using earthworm (*Eudrilus eugeniae*) and fungal inoculant (*Trichoderma viridae*) and its utilization in rice (*Oryza sativa*)-groundnut (*Arachis hypogaea*) cropping system. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83 (4), 420.
- Sönmez, İ. (2012). Determination of the optimum mixture ratio and nutrient contents of broccoli wastes, wheat straw and manure for composting. *Journal of Food, Agriculture and Environment (JFAE)*, 10 (3&4), 972-976.