

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

TÜRKİYE'DE BELEDİYELERE BAĞLI HAL, PAZARYERİ, KESİMHANE VE MEZBAHA ATIKLARINA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME*

Osman ŞENAYDIN¹

Türkiye Belediyeler Birliği, Doktora Öğrencisi

E-posta: osmansenaydin@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-0462-4107

Tahir ATICI

Prof. Dr.

Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi

E-posta: tatici@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3396-3407

Öz

Türkiye'de belediyelerin yönetiminden sorumlu olduğu yaklaşık 18 milyon ton biyobozunur atık bulunmaktadır. Bu atıkların önemli bir kısmı gıda endüstrisinin hayati lojistik merkezleri konumundaki hal, pazaryeri, kesimhane ve mezbaha gibi yerlerde oluşmaktadır. 5216 sayılı Kanun uyarınca büyükşehirlerde bu yerlerin atıklarının toplanması ve taşınması ilçe belediyelerinin, bertaraf edilmesi ise büyükşehir belediyelerinin sorumluluğundadır. Yapılan veri toplama çalışmasının sonuçlarına göre 519 büyükşehir ilçesinin 271'inden geri dönüş alınmıştır. Bu ilçelerde yıllık olarak hal, pazaryeri, kesimhane ve mezbaha kaynaklı 153.392,28 ton atık oluştuğu ve bu belediyelerin %67'sinin atıklarını değerlendirmek yerine

* Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyulmuştur.

¹ **Sorumlu Yazar:** zeynep.sadikoglu@istanbul.edu.tr

Atf (APA): Şenaydın, O. & Atıcı, T., (2023), Türkiye'de Belediyelere Bağlı Hal, Pazaryeri, Kesimhane ve Mezbaaha Atıklarına İlişkin Değerlendirme, Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi, 15 (2): 124-139., <https://doi.org/10.55978/sobiadsbd.1300795>.

Lisans: Bu makalenin kullanım izni Creative Commons Attribution-NoCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND3.0) lisansı aracılığıyla bedelsiz sunulmaktadır.

düzenli depolama tesisine gönderdiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada bu atıkların düzenli depolama tesisine gönderilmesi sonucu çürütülerek metan gazına dönüştürülmesi, anaerobik çürütme tesisinde metan gazına dönüştürülmesi ve siyah asker sineği larvası (Hermetia Illucens) yetiştiriciliği yöntemiyle hayvan yemine dönüştürülmesi alternatifleri arasında ekonomik mukayese yapılmıştır. Anaerobik çürütme prosesi 204.204.439,00 TL potansiyel getiri ile en yüksek ekonomik faydayı işaret etmekle birlikte, hayvan yemi üretimi mevcut yöntem olan düzenli depolama tesisine yakın bir seviyede 106.211.810,27 TL potansiyel getiriye işaret etmektedir. Ortaya çıkan sonuçlar 174 belediyenin kaynağında ayrı topladıkları organik atığın alternatif yöntemlerle değerlendirilmesinden daha yüksek ekonomik fayda elde edilebileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Organik Atık, Anaerobik Çürütme, Larva Üretimi, Belediye, Pazar Yeri

Alan Tanımı: Mühendislik Ekonomisi

ASSESSMENT ON THE WASTES OF MUNICIPAL FOOD MARKET HALLS, MARKET PLACES, ABATTOIRS AND SLAUGHTERHOUSES IN TÜRKİYE

Abstract

In Türkiye there are 18 million tons of biodegradable waste of which municipalities are responsible of management. An important part of this waste is created at locations such as food market halls, market places, abattoirs and slaughterhouses which are crucial logistic centers of food industry. According to Law no. 5216, in metropolitan cities, district municipalities are responsible of collection and transfer of these waste, whereas metropolitan municipalities are responsible of disposal. According to the data collection results, data was provided by 271 out of 519 metropolitan districts. It is assessed that in those districts, due to halls, market places, abattoirs and slaughterhouses 153.392,28 tons of waste is created annually and %67 of those municipalities send their waste to landfills instead of utilizing. In this research, an economic comparison between alternatives of conversion to methane gas by digestion of these waste due to sending to landfills, conversion to methane gas at anaerobic digestion plant and conversion to animal feed by black soldier fly larvae (Hermetia Illucens) cultivation method was done. Although anaerobic digestion process points to highest profit with 204.204.439,00 TL

potential benefit, animal feed production points at 106.211.810,27 TL potential benefit that is close to the current method of landfilling. Results show that 174 municipalities can gain higher economic benefits by utilizing alternative methods for organic waste that was collected separate at the source.

Keywords: *Organic Waste, Anaerobic Digestion, Larvae Production, Municipality, Market Place*

JEL Code: P50, Q42, Q53

1. GİRİŞ

Türkiye’de hanelerden ve iş yerlerinden kaynaklanan evsel nitelikli atıkların karakterizasyonu incelendiğinde, biyobozunur nitelikli organik atıkların diğer atıklara kıyasla çok daha yüksek bir oranla %55,54 ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir (UAYEP, 2018). TÜİK verilerine göre 2020 yılı içinde 32,3 milyon ton evsel nitelikli atık oluştuğu göz önünde bulundurulursa, biyobozunur nitelikli atıkların yaklaşık 18 milyon ton olduğu tahmin edilebilir (TÜİK, 2021).

Bu atıklar genellikle evlerde ve iş yerinde yemek servisi sonrası ortaya çıkan artık gıda maddesi veya park ve bahçe düzenlemesi sırasında oluşan budama sonrası kalıntılardan oluşmaktadır (Abdel-shafy vd., 2018). Dolayısıyla, özellikle hanelerde oluşan biyobozunur atığın türünün ve miktarının vatandaşların sofrasıyla yakından ilişkili olduğunu söylemek mümkündür. Gıda maddelerinin vatandaşa ulaştırılabilmesi için yaygın bir tedarik ağının kurulması gereklidir. Ülkemizde bu fonksiyon özellikle büyükşehirlerde önemli ölçüde toptancı marketleri ile yerine getirilmekle birlikte gıda lojistiğinin en önemli halkalarından biri de toptancı halleri ile pazaryerleridir.

Kentlerin önemli bir kısmında vatandaşların günlük veya haftalık taze meyve ve sebze erişimini sağlayan pazaryerleri aynı zamanda önemli bir biyobozunur atık kaynağıdır (Ouadi vd., 2019). Gün içerisinde satış sırasında yere düşen, dökülen, satışa uygun bulunmayarak kenara ayrılan veya gün sonunda satılmadığı için artan gıda ürünleri lojistik maliyetler gözetilerek tezgâh sahipleri tarafından pazaryerinde atık olarak bırakılmaktadır. Tek noktada, topluca ve başka atıklara karışmamış olarak biyobozunur atık elde edilebilecek noktalar olan pazaryerlerinin atıklarının yönetimi önemlidir.

2. MATERYAL VE METOT

2010 yılından bu zamana kadar belediyelere bağlı pazaryerlerinin sayısı veya burada oluşan atıkların miktarına ilişkin kapsamlı bir araştırma yapılmamıştır. Bu doğrultuda, mevcut durumun ortaya konulması ve daha sonra yapılacak çalışmalara kaynak teşkil etmesi bakımından TBMM Dilekçe Komisyonu'nun talebi üzerine Türkiye Belediyeler Birliği adına bir veri talep formu hazırlanarak belediyelere iletilmiştir.

Form hazırlanırken, olası diğer biyobozunur atık kaynaklarına ilişkin de bilgiler edinilmesi amacıyla çalışma kapsamına pazaryerlerinin yanı sıra mezbaha, kesim yeri ve balık hali gibi yerler de eklenmiştir. 12 sorudan oluşan form Türkiye Belediyeler Birliği e-belediye veri tabanı üzerinde bir web form oluşturularak dijitalleştirilmiştir.

Yalnızca ilgili belediyelerin erişim sağlayabileceği bir internet bağlantısı hazırlanarak ilgili belediyelere resmi yazı ile iletilmiştir. Belediyeler bu bağlantıyı kullanarak elektronik forma erişim sağlamıştır. Görevli personelin isim ve iletişim bilgilerinin girildiği kısım doldurulduktan sonra aşağıdaki sorulara cevap verilmesi istenilmiştir:

- Belediyenize bağlı kaç tane sebze meyve hali vardır?
- Belediyenize bağlı sebze meyve hallerinden çıkan toplam organik atık miktarı nedir? (ton/ay)
- Belediyenize bağlı kaç tane pazaryeri vardır?
- Belediyenize bağlı pazaryerlerinden çıkan toplam organik atık miktarı nedir? (ton/ay)
- Belediyenize bağlı kaç tane mezbaha vardır?
- Belediyenize bağlı mezbahalardan çıkan toplam organik atık miktarı nedir? (ton/ay)
- Belediyenize bağlı kaç tane kesim yeri vardır?
- Belediyenize bağlı kesim yerlerinden çıkan toplam organik atık miktarı nedir? (ton/ay)
- Belediyenize bağlı kaç tane balık hali vardır?
- Belediyenize bağlı balık hallerinden çıkan toplam organik atık miktarı nedir? (ton/ay)
- Bu atıkların değerlendirilme yöntemi nedir?

- Hal ve pazaryeri atıkları için yürütmekte olduğunuz proje, faaliyet veya ürün varsa bunlar nelerdir?

Formdaki sorulara rakamlarla cevap verilmesi için her sorunun yanında boş alan bırakılmış ve son sorunun cevaplanabilmesi için metin girişi yapılmasına müsait alan oluşturulmuştur. Elde edilen veriler, yüzde (%) frekans olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında veriye ulaşımın kolay olması ve nüfusun yoğun olarak yaşadığı yerlerin kapsanması amacıyla çalışma büyükşehir ilçe belediyeleri ile sınırlı tutulmuştur. 25 Ağustos 2022 tarihinde resmi yazı ile 519 büyükşehir ilçe belediyesine gönderilen bağlantıya veri girişi yapılması için 9 Eylül 2022 tarihine kadar süre tanınmıştır. Bürokratik gecikme ihtimali gözetilerek 14 Eylül 2022 tarihine kadar form erişime açık tutulmuştur. Bu zaman aralığında 519 büyükşehir ilçe belediyesinden 271 tanesi sisteme veri girişi yapmıştır. Bu sayı toplam hedef kitlenin %52'sine karşılık gelmektedir.

3. BULGULAR

Toplanan veriler araştırma alanına göre gruplanmıştır.

Sebze Meyve Halleri

Toplamda 35 belediyede 42 adet sebze meyve hali bulunduğu bildirilmiştir. Bu hallerde yıl boyunca oluşan toplam atık miktarı 19.850 ton olarak belirtilmiş olup hal başına ortalama aylık 48 ton atık oluştuğu anlaşılmaktadır. Bazı belediyeler bölgelerindeki hallerin yönetiminin büyükşehir belediyesinde bulunduğunu bildirmiştir.

Pazaryerleri

258 belediyede 1.860 adet pazaryeri bulunduğu bilgisi verilmiştir. Bildirim yapan belediyeler arasından 9 tanesi elinde bu pazaryerlerine ilişkin atık verisi bulunmadığını bildirmiştir. Geriye kalan 249 belediyenin pazaryerlerinde yıllık toplam 146.273 ton atık oluştuğu anlaşılmaktadır. Pazaryerlerinin aylık ortalama atık miktarı 49 ton olarak bildirilmektedir. Pek çok belediye pazaryeri atığını 0 ton olarak bildirmiştir. Bunun sebebinin not kısmında şu şekilde açıkladıkları görülmektedir; kırsal kesimde yer alan ilçelerde vatandaşlar pazaryeri atıklarını

hayvanlarına yem olarak toplayıp götürmekte, şehir merkezlerindeki bazı ilçeler ise kompost üretiminde kullandıkları pazaryeri atıklarını faydalı ürüne dönüştürdüğü için atık olarak bildirim yapmamayı tercih etmektedir.

Mezbahalar

39 belediyede 45 adet mezbaha bulunduğu bildirilmiştir. Bu belediyelerden 9'u atık miktarına ilişkin elinde veri bulunmadığını bildirmektedir. Bu belediyelere bağlı 10 tesis haricinde kalan 35 tesiste aylık ortalama 13 ton atık olduğu bildirilmektedir. Yıllık toplam atık miktarı 5481,48 ton olarak bildirilmiştir. Bazı belediyelerde mezbahaların ruhsatlandırılması ve atıklarının toplanması hizmetlerinin büyükşehir belediyesi tarafından gerçekleştirildiği ifade edilmiştir.

Kesim Yerleri

Mezbahaların haricinde pek çok ilçede hayvan kesimini kolaylaştırmak amacıyla kesim yerleri tesis edilmektedir. Bu kesim yerlerinin bazılarının Kurban Bayramı vesilesiyle dönemsel olarak kurulduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ankete cevap veren belediyeler arasından 29 belediyede 46 kesim yeri olduğu bildirilmiştir. Ancak belediyelerin önemli bir kısmı atık miktarına ilişkin veri iletmemiştir. Atık verisi bildiren 12 belediyenin kesim yerlerinde yıllık toplam 2040 ton atık olduğu belirtilmiş olup kesim yeri başına aylık ortalama 6,3 ton atık olduğu söylenebilir.

Balık Halleri

Çalışma kapsamında 18 belediyede 19 balık hali bulunduğu bildirilmiştir. Bu hallerde yılda toplam 8083 ton atık olduğu ifade edilmiş olup hal başına ayda ortalama 45 ton atık oluşmaktadır.

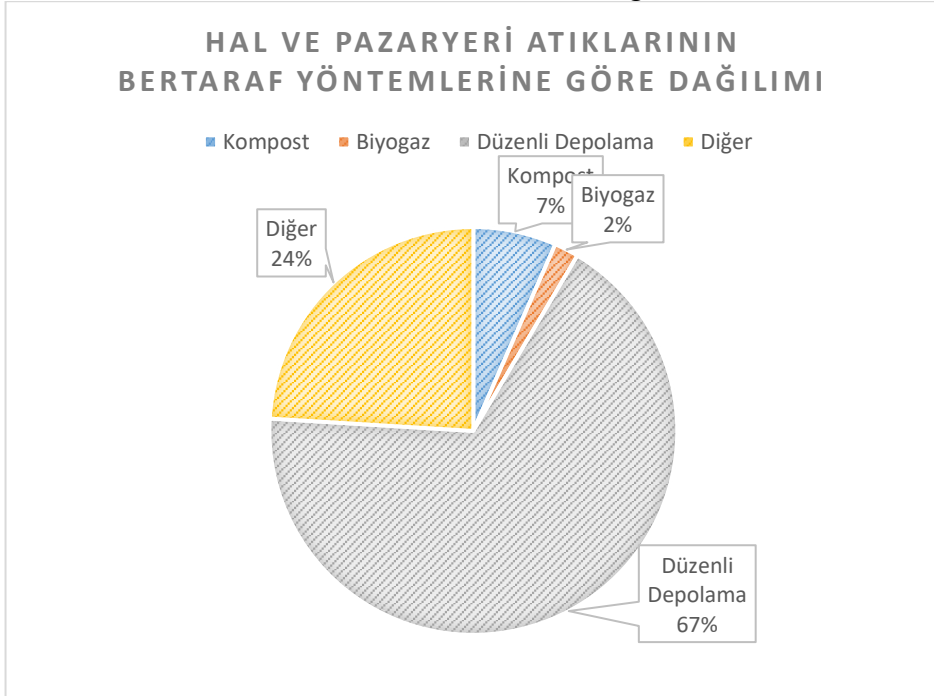
Atıkların Değerlendirilme Yöntemleri

Hal ve pazaryeri atıklarının değerlendirilmesi için belediyelerin hangi yöntemi tercih ettikleri sorusuna verilen cevaplarda büyük bir çoğunluğu teşkil eden 174 belediyenin atıkları düzenli depolanmak üzere bağlı buldukları büyükşehir belediyesinin tesislerine yönlendirdikleri anlaşılmaktadır. 62 belediye diğer yöntemler seçeneğini tercih etmiştir. Bu belediyeler arasından kırsal kesimde bulunan bazı belediyelerde özellikle pazaryeri atıklarının çiftlik hayvanlarına yem yapılmak üzere vatandaşlar tarafından götürüldüğü veya geliri kısıtlı aileler

tarafından gıda olarak değerlendirildiği, kent merkezlerinde ise belediyelerin kompost prosesini tercih ettiği anlaşılmaktadır. Seçenekler arasında kaynağında ayrı toplayarak kompostlaştırma seçeneği de yer almakta olup 17 belediye bu yönde bildirim yapmıştır. 5 belediye biyogaz prosesinde kullanılmak üzere atıklarını İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne yönlendirdiğini ifade etmiştir.

Atıkların değerlendirme yöntemlerinin yüzdesel dağılımı Grafik 1'de görülmektedir.

Grafik1: Atıkların Bertaraf Yöntemine Göre Dağılımı



4.SONUÇ

Veri toplama çalışmasının sonuçlarına bakıldığında 174 belediyenin hal ve pazar yeri atıklarını kaynağında ayrı toplamış olduğu halde diğer atıklarla beraber düzenli depolama sahasına yönlendirdiği anlaşılmaktadır. Bu belediyeler, büyükşehir statüsü kazanmış 30 ile dağılmış vaziyettedir.

Türkiye’de bazı büyükşehir belediyelerinde düzenli depolama sahası kurma çalışmaları halen devam etmekle beraber, illerin büyük bir çoğunluğunda düzenli depolama tesisleri kurulmuştur. Düzenli depolama hizmeti verilen nüfus oranı %86’dır (ÇŞİDB, 2022). Ancak özellikle taşrada bulunan ve henüz aktarma istasyonu altyapısına erişimi olmayan bazı ilçelerin yakın bölgelerde vahşi depolama yapmaya devam ettiği görülmektedir.

Düzenli depolama tesisleri, içerisine gömülen organik atıkların çürümesi sonucu ortaya çıkan metan gazlarının toplanıp yakılarak enerji üretilmesine imkân tanısa da, çürümeye bırakılan atıklardan alternatif yöntemlerle elde edilebilecek gaz miktarıyla mukayese edildiğinde deponi gazının atmosfere karışmadan yakalanma ve enerjiye dönüştürülme oranı çok daha düşüktür. Gaz toplama tesisatı bulunan aktif hücrelerde gaz yakalama verimliliği %35 olarak belirtilirken, geçici örtü ile muhafaza edilen hücrelerde bu oran %65’lere çıkmaktadır (Spokas vd., 2006).

Dolayısıyla, düzenli depolama sahası organik atıkların enerji potansiyelinin değerlendirilmesi açısından en verimli yöntem değildir. Dahası, depolama sahalarına gömülen organik materyalin çürüme sonrası gübre veya toprak zenginleştirici amaçlı kullanılması da mümkün olamamaktadır. Bu bakımdan, özellikle kaynağında ayrı toplanan organik atıkların, kısmen tekrar toprağa döndürülmelerine imkân sağlayacak yöntemlerle işlenerek kullanılmasında döngüsellik sağlanması ve toprak verimliliğinin geliştirilmesi açısından da fayda vardır (Nasir vd., 2013).

Alternatif Değerlendirme Yöntemleri

Hal, pazaryerleri ve kesimhane gibi yerlerden kaynaklanan gıda atıklarının işlenmesinde ve faydalı ürüne dönüştürülmesinde kullanılan pek çok farklı organik atık işleme prosesi bulunsa da yaygın olan yöntemler kompost, anaerobik çürütme ve hayvansal işlemedir. Bu tekniklerden kompost kesimhane veya balık hali atıkları için kullanılamayacağı ve yüksek katma değere sahip ürün çıktısına sahip olmadığı için değerlendirmeye dâhil edilmemiştir.

Atıklarını düzenli veya vahşi depolama yöntemiyle bertaraf eden 174 belediyede 1 yılda oluşan toplam pazaryeri atığı 114.264,72 ton, sebze-meyve hali atığı 22.152,72 ton, mezbaha atığı 4.683,84 ton, kesim yeri atığı 6.180 ton ve balık hali atığı 6.111 ton olarak bildirilmiştir. Pazaryeri ve sebze-meyve hali atıklarının bitkisel tabanlı gıda atığı olduğu gözetilerek bu kaynaklardan elde edilecek toplam

bitkisel gıda atığı 136.417,44 ton olarak görünmektedir. Mezbaha ve kesim yeri atıkları hayvansal nitelikli organik atık olarak bir arada değerlendirildiğinde toplam hayvansal nitelikli organik atık miktarı 10.863,84 ton olarak görünmektedir. Bütün bu atık kaynaklarında bir yılda oluşan toplam organik atık miktarı 153.392,28 ton olarak hesaplanmaktadır.

Bu atıkların biyogaz üretiminde kullanılması durumunda; hayvansal nitelikli organik atıkların tonu başına 550 m³, hal ve pazaryeri kaynaklı atıkların tonu başına 500 m³, balık atıkları tonu başına 524 m³ biyogaz üretmek mümkün olabilmektedir. Bu tür atıkların işlendiği anaerobik tesisler kapalı sistem çalıştığı için ortaya çıkan gazın yakalanma oranı %99 olarak gerçekleşmektedir, ayrıca bu atıkların çürümesinden ortaya çıkan biyogazın metan oranı sırasıyla %77, %65 ve %50 mertebelerindedir. (Braun vd.,2002, Kafle vd., 2012)

Buna mukabil bu atıkların düzenli depolama sahasına gönderilerek diğer organik atıklarla beraber çürümesi dolayısıyla ortaya çıkan deponi gazının metan muhtevası en fazla %60 mertebesinde, ortaya çıkan gazın yakalanabilme oranı ise %35-65 mertebesinde (Spokas vd., 2006).

Organik atıkların bir diğer değerlendirilme yöntemi olan hayvansal işleme, genellikle gıda atıklarının böcek veya solucan benzeri hayvanlara besin olarak verilmesi akabinde ortaya çıkan ikincil ürünlere dönüştürülmesi süreçlerini kapsar. En yaygın kullanım alanları Kaliforniya solucanı (*Eisenia Foetida*) çiftliklerinden gübre üretimi veya siyah asker sineği larvası (*Hermetia Illucens*) beslenmesi yoluyla irileşen larvaların tavuk veya balık çiftliklerinde doğrudan hayvan yemi olarak kullanılmasıdır. Solucan yetiştirilmesinde her türlü atığın besin olarak kullanılmayacağı göz önünde bulundurularak bu çalışma kapsamında siyah asker sineği larvası ile hayvan yemi üretimi temel alınmıştır. Bu yöntemle günde 1 ton atığın işlenmesiyle 290 kg kuru hayvan yemi üretmek mümkündür, atığın yarısı bu süreçte yeme dönüştürülürken kalan yarısı verimli bir kompost dönüşmektedir (M. Oppong, 2017, Diener vd., 2009).

Bu yöntemlerin getirilerinin düzenli depolama yöntemi ile kıyaslanmasında bazı kabuller yapılmıştır. Hal ve pazaryerlerinden getirilen atıkların içerisinde poşet gibi bazı biyobozunur nitelikte olmayan atıklar olacağı tahmin edilmesine rağmen bunların neticeye etkisinin minimal olacağı kabulüyle etkileri göz ardı edilmiştir.

Farklı nitelikli biyobozunur atıkların aynı ortamda çürütülmesi ile metan üretiminde farklılıklar gözlemleneceği bilinmekle birlikte çalışma kapsamındaki atıkların hem anaerobik çürütme tesislerinde hem de depolama sahasında münferiden çürümeye uğrayacağı ve aynı şartlarda çürüyeceği kabul edilmiştir.

Biyogazın saflaştırılarak metana dönüştürülmesi teknikleri %95-99 verimlilik aralığında çalışmasına rağmen hesaplama kolaylığı açısından bu değer %100 kabul edilmiştir.

Hem anaerobik çürütme hem de hayvansal işleme tesisi çıktıları arasında kompost da yer almasına rağmen ülkemizde bu tür proseslerden kaynaklanan kompostun tarımsal amaçla kullanımı mevzuat ile kısıtlandığı için nihai ürün olarak değerlendirmeye alınmamıştır.

Ülkemizde hayvansal işleme tesislerinde üretilen hayvan yemlerinin tavuk ve balık yetiştiriciliğinde yem olarak kullanılmasını düzenleyen bir mevzuat hükmü bulunmadığı için bu ürünlerin ticari olarak kullanılabilmesi varsayılmıştır.

Bahsi geçen atık türlerinin düzenli depolama sahasında çürümeye bırakılması ile diğer yöntemlerle değerlendirilmesi neticesinde elde edilecek çıktılar Tablo 1 de gösterilmektedir.

Tablo 1: 174 Belediyede Belirli Kaynaklarda Ortaya Çıkan Biyobozunur Atıkların Anaerobik Çürütme, Düzenli Depolama Ve Hayvansal İşleme Yöntemleriyle İşlenmesi Sonucu Ortaya Çıkan Ürünler

| Atık Türleri | Mezbaha Kesim Atıkları | ve Yeri | Hal Pazaryeri Atıkları | ve Balık Hali Atıkları |
|---|------------------------|---------|------------------------|------------------------|
| Atık Miktarı (ton) | 10.863,84 | | 136.417,44 | 6.180 |
| Biyogaz Potansiyeli (m3) | 5.975.112 | | 68.208.720 | 3.238.320 |
| A.Ç. Tesisinde Biyogaz (m3) | 5.915.361 | | 67.526.633 | 3.205.937 |
| A.Ç. Tesisinde Metan (m3) | 4.554.828 | | 43.892.311 | 1.602.968 |
| D.D. Tesisinde Biyogaz (Açık Hücre) (m3) | 2.091.289 | | 23.873.052 | 1.133.412 |
| D.D. Tesisinde Metan (Açık Hücre) (m3) | 1.254.774 | | 14.323.831 | 680.047 |
| D.D. Tesisinde Biyogaz (Geçici Örtü) (m3) | 3.883.823 | | 44.335.668 | 2.104.908 |
| D.D. Tesisinde Metan (Geçici Örtü) (m3) | 2.330.294 | | 26.601.401 | 1.262.945 |
| Yem Üretimi (ton) | 3.150,51 | | 39.561,06 | 1.792,20 |

Elde Edilen Ürünlerin Ekonomik Faydalarının Mukayesesi

Üretilen doğalgazın piyasa fiyatının belirlenmesinde, doğalgaz dağıtım şirketlerine gaz temin eden BOTAŞ'ın en düşük tarifesi olan 4,08 TL/m³ temel alınmıştır (BOTAŞ, 2023). Siyah Asker Sineği larvasının hayvan yemi olarak piyasa değeri ton başına 127 dolar ile 230 dolar arasında değişmektedir (M. Oppong, 2017). Bu değerler gözetilerek elde edilen ürünlerin ekonomik değeri tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Atıklardan Elde Edilen Ürünlerin Ekonomik Değerinin Kıyaslanması

| Ürün Kaynağı | Ürün Miktarı | Ekonomik Değer (TL) |
|---|---------------|---------------------|
| A.Ç. Tesisinde Metan (m3) | 50.050.107,60 | 204.204.439,00 |
| D.D. Tesisinde Metan (Açık Hücre) (m3) | 16.258.651,92 | 66.335.299,83 |
| D.D. Tesisinde Metan (Geçici Örtü) (m3) | 30.194.639,28 | 123.194.128,26 |
| Yem Üretimi (ton) | 44.503,77 | 106.211.810,27 |

Tablodaki sonuçlar incelendiğinde, anaerobik çürütme tesislerinde atıkların metan gazına dönüştürülmesinin en yüksek potansiyel ekonomik faydayı sağladığı görülmektedir. Mevcut tekniklerle yürütülen düzenli depolama faaliyetinde, atıkların metana dönüştürülme kapasitesinden açık hücreler için %33, geçici örtülü hücrelerde %60 oranında faydalanıldığı anlaşılmaktadır. Hayvan yemi üretimi düzenli depolamaya kesin bir alternatif olarak görünmemekle birlikte, özellikle atık taşıma maliyetlerinin yüksek, atık miktarının düşük ve daha büyük tesislerin kurulmasının ekonomik açıdan uygunsuz olduğu kırsal yerlerde tavuk ve balık yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerin üretimi için önemli bir alternatif teşkil edebileceği değerlendirilmektedir.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan araştırmada ülkemizde tarım ve hayvancılık kaynaklı atıklar ile bunlara benzer organik niteliklere sahip şehir merkezlerinden kaynaklanan atıkların organik atık işleme prosesleri ile değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkacak çevresel, ekonomik ya da sosyal faydalar üzerine yapılan çalışmaların çok sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Bu konuda daha fazla veri kaynağına ve daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında belediyelerden elde edilen veriler kısıtlı belediye sayısını kapsamaktadır. Sadece büyükşehir ilçelerini değil bütün belediyeleri kapsayan daha geniş çaplı bir araştırma yapılarak hal ve pazaryeri atıklarıyla ilgili ülke çapında daha kapsayıcı sonuçlara ulaşmak mümkün olabilir. Ayrıca veri talep formlarının doldurulması ve zamanında ulaştırılması konusunda belediyelerin gösterdiği kısıtlı katılım, bu alanda veri toplanması için kullanılabilecek alternatif yöntemlerin veya mekanizmaların da geliştirilmesini gerektirmektedir.

Özellikle bu çalışma kapsamında mevzuat kısıtları nedeniyle değerlendirme dışı bırakılan anaerobik çürütme tesisi ve hayvansal işleme çıktısı organik gübrenin tarım faaliyetlerinde kullanılan mevcut suni gübrelere alternatif teşkil edebileceği öngörülmektedir (Song vd., 2021). Bu bakımdan, aslında düzenli depolama tesislerine gönderilmekle tekrar kullanılma ihtimali ortadan kalkan organik materyalin alternatif yöntemlerle organik gübreye dönüştürülmesi sayesinde tarım faaliyetine tekrar kazandırılmasıyla ortaya çıkan döngüsellüğün ekonomik getirileri olabileceği de kıyaslamada hesaba katılmalıdır.

Ayrıca, fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin toprakta kullanım kısıtları, kompost tekniği ile üretilen ürünlere nazaran çok daha azdır: Kompostta aranan en az %40 organik madde muhtevası şartı, fermantasyon sonrası oluşan organik gübreler için %20 seviyesindedir. Organik madde içeriği sınırının yanı sıra, kompost için daha pek çok fiziksel ve mikrobiyal sınırlamalar mevcuttur. (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Anaerobik çürütme tesislerinin yer seçiminin optimum taşıma mesafeleri gözetilerek yapılması durumunda, atıkların taşınacağı mesafeler kısıllanacağı için belediyelerin atık taşıma sistemleri üzerinden önemli bir mali yükü kaldırma potansiyelleri olabilecektir. Düzenli depolama yöntemine kıyasla ortaya çıkan ekonomik avantajlar değerlendirilirken bu hususun da göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Atıkların işlenmesinin olası faydaları değerlendirilirken, daha sağlıklı bir mukayese yapılabilmesi için münferit tesislerin yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alınarak ortaya çıkacak ekonomik fayda gözetilmelidir.

Bu çalışmada organik atıkların çürütülmesi süreçleri sonucunda ortaya çıkan metan gazının değeri hesaplanırken, bu gazın doğrudan gaz dağıtım şebekesine satışından elde edilebilecek ekonomik fayda temel alınmıştır. Ancak, yerel ihtiyaçlar gözetilerek kurulacak tesisin proses seçiminde bu gazların sıkıştırılmış doğalgaza (CNG) dönüştürülmesi suretiyle araç yakıtı amaçlı kullanılması, biyohidrojen üretimi veya yakılarak ısı ve elektriğe dönüştürülmesi tercih edilebilir (Dhanya vd., 2020). Bu faaliyetler sonucunda farklı ekonomik faydalar elde edilebilir.

Dolayısıyla bundan sonra yapılacak çalışmalarda mevcut tesislerin durumunun değerlendirilmesi, olası ürünler için pazar araştırması yapılması ve yerel şartlar

üzerinden mahallî çalışmalar yapılması daha isabetli mukayese sonuçları verecektir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Türkiye’de yaygın bir şekilde kullanılan düzenli depolama tesislerinin organik atıkların ekonomik olarak değerlendirilmesinde en iyi seçenek olmadığı görülmektedir. Anaerobik çürütme tesislerinin yüksek biyogaz tutma kapasitesi ekonomik açıdan kaynağında ayrı toplanmış organik atıkların işlenmesinde bu tesisleri düzenli depolama tesislerinden daha avantajlı duruma getirmektedir.

Hali hazırda kaynağında ayrı toplanmış atıkların anaerobik çürütme yöntemiyle gaza dönüştürülmesi sonucunda %40 ila %60 oranında daha fazla ekonomik fayda sağlamak mümkündür. Dolayısıyla ülkemizdeki büyükşehir ve ilçe belediyelerinin kanuni yetki, görev ve sorumlulukları doğrultusunda atık toplama, taşıma ve geri kazanım hizmetlerini optimize ederek toplumsal açıdan en fazla ekonomik faydayı sağlayacak yöntemleri tercih etmeleri kamunun menfaatinedir.

Ülkemizde oluşan organik atıkların miktarı göz önünde bulundurularak, alternatif değerlendirme yöntemlerinin dikkate alınması ve bu tür proseslerden ortaya çıkan kompostun tarım faaliyetlerinde kullanımına dair standartlar ile mevzuatın güncellenerek bu değerli organik materyalin ülke ekonomisine tekrar kazandırılması önemlidir.

YAZARLARIN BEYANI

Katkı Oranı Beyanı: Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

KAYNAKÇA

Braun, R., Holm-nielsen, J. B., and Seadi, T. A. L. (2002). Potential of co-digestion. IEA Bioener. 16, 1–16. doi: 10.1007/s11356-015-4998-1.

B.S. Dhanya, Archana Mishra, Anuj K. Chandel, Madan L. Verma (2020). Development of sustainable approaches for converting the organic waste to bioenergy, *Science of the Total Environment*, 723, 138109.

Büyükşehir Belediyesi Kanunu (2004). Kanun numarası: 5216, Resmî Gazete sayısı: 25531.

BOTAŞ - Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi (2023). 2023 Yılı Ocak Ayı Doğal Gaz Toptan Satış Fiyat Tarifesi, botas.gov.tr, erişim tarihi: 16.03.2023.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018). Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, şekil 3.16, 22.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü (2022). <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/atik-duzenli-depolama-tesis-sayisi-belediye-sayisi-hizmet-verilen-nufus-i-85750>, erişim tarihi: 16.03.2023.

Deiner S, Zurbrügg C, Tockner K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Manag. Res.* 2009 Sep;27(6):603-10. doi: 10.1177/0734242X09103838. Epub 2009 Jun 5. PMID: 19502252

Hussein I. Abdel-Shafy, Mona S.M. Mansour (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization, *Egyptian Journal of Petroleum*, Volume 27, Issue 4, Pages 1275-1290, ISSN 1110-0621, <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>.

Kafle, G. K., & Kim, S. H. (2012). Evaluation of the biogas productivity potential of fish waste: a lab scale batch study. *Journal of Biosystems Engineering*, 37(5), 302-313.

K. Spokas, J. Bogner, J.P. Chanton, M. Morcet, C. Aran, C. Graff, Y. Moreau-Le Golvan, I. Hebe (2006). Methane mass balance at three landfill sites: What is the efficiency of capture by gas collection systems?, *Waste Management*, Volume 26, Issue 5, Pages 516-525, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.021>.

Miloud Ouadi, Muhammad Asif Bashir, Lais Galileu Speranza, Hessem Jahangiri*, Andreas Hornung (2019). Food and market waste—a pathway to sustainable fuels and waste valorization, *Energy & Fuels* 33 (10), 9843-9850, doi: 10.1021/acs.energyfuels.9b01650

Nasir, I.M., Ghazi, T.I.M., Omar, R., Idris, A., (2013). Anaerobic digestion of cattle manure: influence of inoculum concentration. *Int. J. Eng. Technol.* 10, 22–26.

Opong, M. (2017). Black soldier fly larvae-based fish feed production: Financial feasibility and acceptability analysis (University of Ghana. <http://ugspace.ug.edu.gh/handle/123456789/23632>).

Shuang Song, Jun Wei Lim, Jonathan T.E. Lee, Jia Chin Cheong, Sherilyn H. Hoy, Qiang Hu, Jonathan K.N. Tan, Zhongyu Chiam, Srishti Arora, Tiffany Q.H. Lum, Ee Yang Lim, Chi-Hwa Wang, Hugh T.W. Tan, Yen Wah Tong (2021). Food-waste anaerobic digestate as a fertilizer: The agronomic properties of untreated digestate and biochar-filtered digestate residue, *Waste Management*, Volume 136, 2021, Pages 143-152, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.011>.

Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). Tarımda Kullanılan Organik, Mineral Ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi: 23.02.2018, Resmî Gazete Sayısı: 30341, Ek 3 ve Ek 4.

Türkiye İstatistik Kurumu (2021). Atık İstatistikleri 2020 Bülteni, yayımlanma tarihi 23 Aralık 2021, sayı: 37198.