T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEMEKHANE MUTFAKLARINDA OLUŞAN ORGANİK ATIKLARIN MİKTAR VE NİTELİĞİNİN HESAPLANMASI VE YÖNETİMİ

Mehmet GENÇOSMANOĞULLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Ömer APAYDIN

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEMEKHANE MUTFAKLARINDA OLUŞAN ORGANİK ATIKLARIN MİKTAR VE NİTELİĞİNİN HESAPLANMASI VE YÖNETİMİ

Mehmet GENÇOSMANOĞULLARI tarafından hazırlanan tez çalışması 18.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ömer APAYDIN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ömer APAYDIN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Bestami ÖZKAYA, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Atakan ÖNGEN, Üye
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa _____

Danışmanım Doç. Dr. Ömer APAYDIN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Yemekhane Mutfaklarında Oluşan Organik Atıkların Miktar ve Niteliğinin Hesaplanması ve Yönetimi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Mehmet GENÇOSMANOĞULLARI

İmza

Aileme

TEŞEKKÜR

Türkiye'nin önde gelen üniversitelerinden biri olan Yıldız Teknik Üniversitesi öğrencisi olmaktan gurur duyuyorum. Aynı zamanda Türkiye'nin önde gelen çevre şirketlerinden biri olan İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş. bünyesinde çalışıyor olmaktan büyük zevk alıyor ve onur duyuyorum. Bu çalışmada bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Ömer Apaydın'a ve her türlü kolaylığı ve imkânı tanıyan İSTAÇ A.Ş. yöneticilerime çok teşekkür ederim. Ayrıca bu çalışmayı yazarken bana destek olan eşim Gözde'ye yaşama sevincim oğlum Eymen'e minnettarım.

Mehmet GENÇOSMANOĞULLARI

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ vi

TABLO LİSTESİ vii

ÖZET x

ABSTRACT xii

1 Giriş 1

1.1 Literatür Özeti ... 1

1.1.1 Gıda-Yemek Atıkları ... 5

1.2 Tezin Amacı ... 7

1.3 Hipotez ... 8

2 Materyal Metot 10

2.2 Yapılan Analizler ... 10

2.2.1 Analizlerin Yapılışı ... 15

3 Karakterizasyon Sonuçları 25

3.1 Atık Miktarlarının Belirlenmesi İle İlgili Çalışmalar ... 25

3.2 BMP Test Sonuçları ... 29

4 Organik Atıkların Yönetimi 31

4.2 Organik Atık Miktarının Hesaplaması ... 31

4.2.1 Üniversiteler ... 33

4.2.2 Hastaneler ... 34

4.2.3 Yemek Üretim (Catering) Firmaları ... 38

4.2.4 Toplam Yemek Mutfak Atığı Miktarı ... 42

4.2.1 YMA'nın Termal Prosesler Açısından Değerlendirilmesi 42

4.2.2 YMA'nın Biyolojik Prosesler Açısından Değerlendirilmesi..... 43

5 Sonuç ve Öneriler **47**

Kaynakça **50**

Tezden Üretilmiş Yayınlar **53**

KISALTMA LİSTESİ

AÇ	Aşı Çamuru
BMP	Biyometan Potansiyeli
DDT	Düzenli Depolama Tesisi
FKW	Food Kitchen Waste
GC	Gaz Kromotografi
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İSTAÇ A.Ş	İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Km	Kilometre, Kilometer
KWh	Kilowat-saat, Kilowat- hour
Nm^3	Normal Metreküp, normal cubicmeter
TCD	Termal İletkenlik Dedektörü
TKM	Toplam Katı Madde
TKN	Toplam Kjeldahl Azot
TN	Toplam Azot
UKM	Uçucu Katı Madde
VSM	Volatile Solid Matter
YMA	Yemek Mutfak Atıkları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Entegre organik atık geri kazanım sistemi 9
Şekil 2.1 İSTAÇ Yemekhaneler 11
Şekil 2.2 İBB Lojistik Merkezi 11
Şekil 2.3 Yıldız Teknik Üniversitesi 12
Şekil 2.4 120 litrelik çöp konteyneri 13
Şekil 2.5 Kurutulmuş ve öğütülmüş yemek ve mutfak atıkları (YMA) 21
Şekil 2.6 Kullanılan BMP test düzeneği 23
Şekil 2.7 Kullanılan BMP test düzeneğine ait fotoğraf 23
Şekil 3.1 Normalize edilmiş kümülatif metan üretim sonuçları (0°C ve 1 atm). 29
Şekil 4.1 İstanbul yoğunluk haritası 31
Şekil 4.2 Atık miktar çalışması alanı 32
Şekil 4.3 Tanner Üçgeni 43
Şekil 4.4 İstanbul YMA Kaynakları 46
Şekil 5.1 YMA toplama modeli 49

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Oluşan yemek atığı miktarları ve içeriği referans çalışmaları 4
Tablo 2.1 Çalışma yapılan atık lokasyonları ve özellikleri.....10
Tablo 2.2 Yapılan analizler ve standartları 14
Tablo 2.3 BMP testinde uygulanan koşulları.....22
Tablo 3.1 Üretim ve servisin aynı yerde yapıldığı yemekhanelerde oluşan organik atık miktarları (Kış Sezonu).....25
Tablo 3.2 Üretim ve servisin aynı yerde yapıldığı yemekhanelerde oluşan organik atık miktarları (Yaz Sezonu).....26
Tablo 3.3 Yaz ve Kış aylarında yapılan miktar hesabının ortalaması.....26
Tablo 3.4 Dört lokasyondan alınan yemekhane atıklarının analiz sonuçları 28
Tablo 3.5 BMP testi ile elde edilen metan üretim verimi, TKM ve UKM giderimi değerleri.....30
Tablo 4.2 Devlet Hastanelerin Yatak Sayılıarı.....34
Tablo 4.3 Özel Hastanelerin Yatak Sayıları 36
Tablo 4.4 Hastane yatak sayıları.....38
Tablo 4.5 Üretim kapasitesi bilinen yemek üretim firmaları 39
Tablo 4.6 Toplam atık miktarları özeti.....42
Tablo 4.7 Toplam metan eldesi.....45

ÖZET

Yemekhane Mutfaklarında Oluşan Organik Atıkların Miktar ve Niteliğinin Hesaplanması ve Yönetimi

Mehmet GENÇOSMANOĞULLARI

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ömer APAYDIN

Bu çalışmada, İstanbul'da oluşan yemek-mutfak atık (YMA) potansiyeli araştırılmıştır. YMA türü atıklar, atık yönetimi kapsamında azaltılması ve değerlendirilmesi gereken önemli bir potansiyele sahiptir. Bu tür organik atıkların değerlendirilmesi için en önemli yöntemlerden biri, biyogaz tesislerinde enerji geri kazanımı amaçlı bertarafıdır. Uygun bertaraf ve geri kazanım metodlarının uygulanabilmesi için, oluşan organik atığın miktarı ve özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada YMA potansiyelinin belirlenmesi amacıyla; 355 öğün üretim kapasiteli İSTAÇ A.Ş. merkez yemekhanesi için yemek üretimi sırasında ve sonrasında oluşan öğün başına atık miktarı hesaplanmıştır. YMA nicelik çalışması için yaz ve kış sezonu olmak üzere en az 5 kez ölçüm yapılmıştır. Bu çalışmaya ek olarak üç farklı organik atık kaynağında toplanan organik atıkların karakterizasyon çalışmaları yapılmış ve biyometan potansiyelleri ölçülmüştür. Toplanan atıkların miktarı ölçüldüğünde yemek hazırlama aşamasında 63 ± 2,5 gram/öğün, servis sonrasında 86 ± 1,3 gram/öğün atık oluştuğu belirlenmiştir. İBB Lojistik merkezi, İSTAÇ A.Ş. merkez yemekhanesi, Yıldız Teknik Üniversitesi yemekhanesi ve Odayeri DDT yemekhanesinden toplanan YMA numuneleri analiz edilmiştir. Yapılan analizler

neticesinde elde edilen sonuçlara göre, yemekhanelerde oluşan YMA'ların biyometan potansiyelleri sırasıyla 380, 533, 465, 496 Nm^3 CH_4/ton UKM olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca İstanbul'un nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerini kapsayacak şekilde üç farklı YMA kaynağı ve potansiyelleri tespit edilmiştir. 80 yatak üstü hastaneler, devlet üniversitesi yemekhaneleri ve yemek üretim firmaları gibi yüksek miktarda YMA üreten kaynaklardan 56 ton/gün YMA elde edilebileceği hesaplanmıştır. İstanbul'da 30 km çaplı çalışma alanında oluşması beklenen YMA'nın biyogaz tesislerinde işlenmesi ile 2628 Nm^3 CH_4 ve 433 kWh elektrik enerjisi elde edilebileceği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İstanbul, yemek-mutfak atıkları, karakterizasyon, biyometan potansiyeli, enerji

ABSTRACT

Management and Determination of Quantity and Quality of Organic Wastes Originated from Kitchens of Dining Hall

Mehmet GENÇOSMANOĞULLARI

Department of Environmental Engineering

MSc in Environmental Engineering

Advisor: Assoc.Prof. Dr. Ömer APAYDIN

In this study, the food-kitchen waste (FKW) potential in Istanbul was investigated. FKW have an important potential to be reduced and evaluated within the scope of waste management. One of the most important methods for the evaluation of such organic wastes is the disposal of biogas plants for energy recovery. In order to apply appropriate disposal and recovery methods, it is necessary to know the amount and characteristics of the organic waste generated.

In this study; with 355 meals capacity, the dininghall of İSTAÇ A.Ş. headquarter, the amount of waste produced during meals preparation and after meals was calculated. For the quantitative study of FKW, at least 5 measurements were made, including summer and winter season. In addition to this study, characterization studies of organic wastes collected were made for three different organic waste sources and biomethan potentials were measured. When the amount of collected wastes were

measured, it was determined that 63 ± 2,5 grams per meal was produced in the food preparation stage and 86 ± 1,3 grams per meal was produced after the service.

FKW samples collected from İBB Logistics Center, dining hall of İSTAÇ A.Ş. headquarter, Yildiz Technical University dining hall and the Odayeri landfill site dining hall were analyzed. According to the results of the analyzes, it was determined that the biomass potentials of the FKW in the dining halls were 380, 533, 465, 496 Nm3 CH4 per ton VSM, respectively. In addition, three different FKW sources and their potentials were determined to cover the high density of Istanbul. It has been concluded that 56 tons FKW per a day can be obtained from the sources that generate high amounts of organic waste such as hospitals which has capacity over 80 beds, public university dining halls and food production companies. It is calculated that 2628 Nm3 CH4 and 433 kWh energy can be obtained by processing the YMA, which is expected to occur in the 30 km diameter working area, in biogas plants.

Key words: Istanbul, food-kitchen waste, characterization, biomethan potential, energy

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Katı atık yönetimi, dünyadaki her bir kişiyi etkileyen evrensel bir konudur. Bireyler ve hükümetler, toplumların günlük sağlığını, üretkenliğini ve temizliğini etkileyen tüketim ve atık yönetimi hakkında kararlar alır. Kötü yönetilen atıklar, dünyanın okyanuslarını kirletiyor, drenajları tıkıyor, sellere neden oluyor, vektörlerin solunması yoluyla hastalıkları iletiyor. Atıkların yakılması sonucu havadaki partiküller yoluyla solunum problemlerini arttırıyor, bilinmeyen atıkları tüketen hayvanlara zarar veriyor ve turizmi azaltarak ekonomik kalkınmayı etkiliyor. On yıllarca süren ekonomik büyümeden dolayı yönetilmeyen ve yanlış yönetilen atıklar, toplumun her kademesinde acil eylem planları gerektirmektedir(Silpa Kaza, 2018).

Dünya kentsel geleceğe doğru ilerledikçe, kentsel yaşam tarzının en önemli yan ürünlerinden biri olan belediye katı atıkları, kentleşme oranından bile daha hızlı artıyor. 2000'li yıllardan önce, kişi başına günde yaklaşık 0.64 kg MSW (yılda 0,68 milyar ton) üreten 2,9 milyar kent sakini vardı. Bu miktarların, kişi başına günde 1,2 kg (yaklaşık 1,3 milyar ton) üreten yaklaşık 3 milyar kişiye yükseldiği tahmin edilmektedir. 2025 yılına kadar ise muhtemelen yaklaşık 1,42 kg / kişi / gün belediye katı atığı (yılda 2,2 milyar ton) üreten 4,3 milyar şehir sakinine yükselecektir. (Hoornweg vd., 2012)

Atık toplama, atık yönetiminde kritik bir adımdır. Ancak oranlar, atık toplama olanağı sağlayan üst-orta ve yüksek gelirli ülkelerle, gelir seviyelerine göre büyük ölçüde değişmektedir. Düşük gelirli ülkeler şehirlerde atığın yaklaşık yüzde 48'ini topluyor, ancak bu oran kentsel alanların dışında yüzde 26'ya düşüyor. Bölgeler arasında kıyaslama yapacak olursak Sahra Altı Afrika atıkların yaklaşık yüzde 44'ünü toplarken, Avrupa ve Orta Asya ve Kuzey Amerika atıkların en az yüzde 90'ını topluyor. (Hoornweg vd., 2012)

Belediye atıklarının kontrolsüz sahalara atılması, gelişmekte olan dünyada en yaygın atık bertaraf şeklidir. Hem sınırlı teknik hem de sınırlı finansal kaynakların sonucudur. Bu son bertaraf yöntemi, çevreyi veya halk sağlığını korumak için çok az şey yaptığı için çevresel ve sosyal olarak kabul edilemez. Yüzey ve yeraltı suyunun sızıntı suyu ile kirlenmesi, yanıcı gazların (metan) göçü, kokuları ve hastalık taşıyıcılarının üremesi tüm ortak sonuçlardır. Çöplükler bugün ve gelecekte önemli sağlık riskleri oluşturur. Organik atığın belediye atıklarından ayrılması, gelişmekte olan ülkelerdeki atık depolama alanlarına giren atık miktarını %50'ye kadar (ağırlıkça) azaltmak için bir fırsattır. Bu atığın doğru şekilde işlenmesi ayrıca, sızıntı suyu oluşumunun ana kaynağının, yanıcı gazların ve kokuların giderilmesiyle kirlilik ve sağlık sorunlarını da önemli ölçüde azaltacaktır. (McDougall vd., 2008)

Atık yönetimi, birçok parçadan oluşan karmaşık bir konudur. Her durumda uygulanabilecek bir plan yoktur, ancak AB atık yönetimi yaklaşımının dayandığı sağlam ilkeler vardır.

- Önleme ilkesi- atık üretimi mümkün olan en aza indirilmeli ve kaçınılmalıdır.
- Üreticinin sorumluluğu ve kirleten öder prensibi- atıkları üreten veya çevreyi kirletenlerin eylemlerinin tüm masraflarını ödemeleri gerekir.
- İhtiyati ilkesi- Atıklar mümkün olduğu kadar üretildiği yerde bertaraf edilmelidir.

Bu ilkeler, atık yönetimi operasyonlarının tercih edilen bir hiyerarşisini ortaya koyan atıklarla ilgili 1996 AB'nin genel stratejisinde daha somutlaştırılmıştır:

- Atıkların önlenmesi
- Geri dönüşüm ve yeniden kullanım
- Optimum nihai bertaraf ve atık kalitesinin arttırılması

Strateji ayrıca aşağıdakilere olan ihtiyacı da vurgulamaktadır:

- Azaltılmış atık hareketleri ve iyileştirilmiş atık kalitesi
- Yeni ve daha iyi atık yönetimi yöntemleri (atıklarla ilgili güvenilir ve karşılaştırılabilir istatistikler)
- Atık yönetimi planları
- Mevzuatın uygun şekilde uygulanması (Parfitt vd.,2010)

Tüm bu stratejiler ışığında organik artıkların değerlendirilmesinin birçok alternatif yöntemleri çalışılmaktadır. Organik atıklar içerisinde Tablo 1.1 (Parfitt vd.,2010) verilen çalışmada görüldüğü gibi önemli bir bölümü oluşturan yemek atıkları ciddi geri kazanım potansiyeline sahiptir.

Tablo 1.1 Oluşan yemek atığı miktarları ve içeriği referans çalışmaları

			Evsel nitelikli yemek atıklarının tanımı					
ÜLKE	**KAYNAK**	**METOD**	**Yıllık hane başına yemek atık miktarı (kg)**	**Evsel nitelikli olmayan belediye atığı dahil mi?**	**İsraf edilen/evsel kompost olan/hayvan yemi olanlar dahil mi?**	**Yenebilir yemek atıkları dahil mi?**	**Yenemeyen yemek atıkları dahil mi?**	**Güçlü yönleri/Zayıf yönleri**
AMERİKA	JONES (2004)	Yemek sektörü verileri ile kompozisyon analizi ve depolama sahası arkeolojisi kombinasyonu	212 kg	✓	X	✓	X	Metod hiçbir detay içermiyor.
AMERİKA	USEPA (2010)	Makro seviye kütle akış modellemesi tekniği, Endüstriyel veriler, kompozisyon analizi 1960-2008	154 kg 1970 233 kg 2004	✓	X	✓	✓	Kütle akışı atık ile üren üretimi arasındaki ilişki tahminine dayalı, İtahal ve ihracat verilerinin dahil edilmesi güç
İNGİLTERE	DEFRA (2010)	Ulusal istatistik verileri ile doğrudan atık kompozisyonu entegrasyonu	240 kg	✓	X	✓	✓	Kompozisyon analizi farklı atık türleri için detay vermiyor.
BİRLEŞİK KIRALLIK	WRAP (2009)	Atık kompozisyonu analizi ve hane günlük anketi	270 kg	X	✓	✓	X	Farklı ölçüm metodları sıralaması içermekte, garanti etmek için karmaşık, atık türleri ve nedenleri ile ilgili detay sağlamakta
TÜRKİYE	PEKCAN (2006)	Türkiye Ankara'da hanelerde anketlerle dayalı enine kesit çalışması	298 kg	X	X	✓	✓	Sınırlı örnekleme ve etkili anket tekniği

1.1.1 Gıda-Yemek Atıkları

Dünyada oluşan atıkların %46'sı organik atıklardır. (Hoornweg vd., 2012) Bu atıklarında büyük çoğunluğu da gıda ve yemek atıkları olarak kabul edilebilir. Yemek atıklarının miktarı ve içeriğinin ölçülmesi süre gelen bir konu olmuştur. Konuyu ölçeklendirmenin ardındaki belirsizlik, en azından kısmen gıda atıklarının tanımı ve ölçümünün sorunlu olmasından kaynaklanmaktadır. (Scherhaufer vd., 2018) Tahminler, büyük miktarda yiyeceğin tüketim düzeyinde boşa harcandığını ve farklı ülkelerde farklılık gösterdiğini göstermektedir. (Parfitt vd.,2010). Kabaca yılda 1,3 milyar tonu bulan küresel gıda üretiminin üçte biri yok olmaktadır veya israf edilmektedir. (Gustavsson vd., 2011).

Finladiya'da yapılan bir çalışmada hazırlanan yiyeceklerin yaklaşık beşte biri boşa gitmiştir. Hazırlanan yemeklerle karşılaştırıldığında yemek atıklarına en büyük katkı, gündüz bakım merkezlerinde, işyerinde ve öğrenci kantinlerinde olmuştur. Yemek atıklarının ana kaynağı self servis açık büfeler gibi yerler olduğunu anlaşılmıştır. Ayrıca tabaklarda en fazla yemek atığı, restoranlarda akşam yemeğinde oluştuğu görülmüştür. (Silvennoinen vd.,2015)

AB ölçeğinde üretilen gıda atığı miktarını ölçme çalışmasında, üretim aşamasından tüketime kadar üretilen gıda atığının, AB'de yıllık bazda yılda yaklaşık 180 kg/kişi gıda israfı yapıldığı tahmin edilmiştir. Bu miktarın 101 kg / kişi-yıl'ı tüketici düzeyinde üretildiğini belirlenmiştir. (hane halkı için 76 kg, yemek hizmeti sektörü için 25 kg). Bu nedenle, yapılan çalışmaya göre, hane halkı, gıda atıklarının oluşumuna en fazla etkiyi gösteren faktör olarak görülmüştür. Ayrıca Avrupa birliği sera gazı emisyonlarının % 3 ü olan 170 Milyon ton sera gazı yemek atıklarından kaynaklanmaktadır. (Monier vd,2010), Bir diğer çalışmada da Avrupa'da oluşan 173 kg/kişi-yıl gıda atığı miktarının 21 kilogramının yemek sektörünün, 92 kilogramının hane halkının neden olduğu belirtilmiştir. (Fusion,2016).

Sadece Birleşik Krallık'ta yılda 15 milyon ton yemek atığı oluşmaktadır. (Salemdeeb vd., 2017). ABD'de yıllık olarak yaklaşık 567 ila 726 milyon ton yemek atığı (toplam gıda üretiminin% 40'ına eşdeğer) üretilmektedir. Bu miktar YMA, 218 milyar ABD

dolarına eşittir. (Gunders ve Bloom,2012). ABD'de yapılan bir tüketici araştırması, tüketicilerin% 37'sinin son tüketim tarihine yakın olduğunda gıdaları her zaman veya genellikle attığını bildirmektedir. (Neff vd., 2019). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki evsel atıkları önemli ölçüde farklılıklar göstermektedir. Örneğin Çin'deki evsel atıklar %50 oranında mutfak atığı içermektedir. (Chen vd., 2010a)

Temmuz 2014'te, Avrupa Komisyonu döngüsel ekonomi ve atık yönetimi için hedeflerini açıkladı ve "gıda atıkları" nı gıda arzı zincirinden kaybedilen "gıda (yenmeyen parçalar dahil)" olarak tanımlamıştır. Besinlerden biyo-temelli ürünleri, hayvan yemlerini ya da yeniden dağıtılmak üzere gönderilen yiyecekleri (örneğin yiyecek bağışı) yemek atığı olarak nitelendirmemektedir. Aynı zamanda, Avrupa Birliği'nin tüm üye ülkeleri, tüm sektörlerdeki gıda atığı seviyelerini benzer bir şekilde toplamak ve raporlamak için çerçeveler oluşturacaktır. 1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2025 tarihleri arasında gıda atıklarını en az %30 azaltma hedefine ulaşmasını amaçlayan ulusal gıda atıkları önleme planlarının geliştirilmesi istenmiştir. Süreci mümkün kılmak için, Komisyon, AB üyesi ülkeler tarafından alınan gıda atığı önleme önlemlerinin uygulanmasını izlemek için tek tip koşullar oluşturmak amacıyla 31 Aralık 2017 tarihine kadar uygulama yasaları kabul etmeyi hedeflemiştir. Ancak süreçte tüm atıkları içeren yeni döngüsel ekonomi modeli oluşturulmuştur. (Galanakis,2015)

Tedarik zinciri boyunca gıda israfını azaltmak ve 2030 yılına kadar tüketim ve perakende aşamalarında gıda atıklarını yarıya indirmek, 2015 yılında kabul edilen 2030 sürdürülebilir Kalkınma Gündemi (SDG 12.3) tarafından öngörülen Sürdürülebilir Kalkınma hedeflerinden biridir (BM, 2015). Yiyecek atıklarının çok sayıda faydalı kimyasal, malzeme ve yakıt elde etmek için kullanılabilecek değerli biyolojik kaynaklar olduğu gösterilmiştir. (Lin et al.,2013) Gıda -yemek atıkları gibi organik atıklar oksijensiz çürütme (AD), kompostlaştırma ve malçlama gibi yenilenebilir enerji ve toprak şartlandırıcı elde edilmesi yöntemiyle değerlendirilerek atık bertaraf azaltımı sağlanabilir. (Wei vd., 2017) Şekil 1'de(Pace vd., 2018) bu sistemlerin birada kullanılabildiğini gösteren bir system şeması verilmiştir. AD organik maddelerin oksijensiz ortamda çürütülmesi, kompostlaştırma ise oksijen varlığında çürütülmesi prosesidir. Her iki yöntem

organik atıkların değerlendirilmesi için Kabul edilebilir yöntemler olsa bile depolama sahalarında ki çevresel etkiler ile benzer etkilerin görülmemesi için iyi yönetilmelidirler. (Pace vd., 2018)

1.2 Tezin Amacı

İstanbul'daki potansiyel yemekhane/mutfak atıkları (YMA) ile ilgili olarak yapılan bu tez çalışmasında, seçilen 4 farklı kaynaktan temin edilen numunelerde karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu kaynaklar; İSTAÇ A.Ş. yemekhaneleri (2 farklı yemekhane), Yıldız Teknik Üniversitesi Yemekhanesi ve İBB Lojistik Merkezi'dir. Kaynaklardan her bir aşamada alınan YMA kütlesinden iki ayrı numune hazırlanarak karakterizasyon ve biyometan potansiyel testine tabi tutulmuştur. Bu lokasyonlar seçilirken atıkların oluşma şekli ve tek kaynakta yüksek miktarda atık oluşması durumları göz önüne alınmıştır. Seçilen lokasyonlarda yemek üretim hizmeti veren firmalar bulunmaktadır. Bu firmalar, müşteri yemekhanelerinde yemek üretim ve dağıtım yaptığı gibi, bazı müşteriler için kendi yemekhanelerinde üretim yapmaktadırlar. Kendi yemekhanelerinde üretim yaptıkları zaman yemek üretim aşamasında oluşan atık ile yemek dağıtımı sonrası oluşan atık farklı lokasyonlarda toplanmak zorundadır. Müşteri yemekhanesinde oluşan atıklar bu iki tür atığı da içermektedir. Bu nedenle hizmet şekli atığın miktarını ve özelliğini değiştirmektedir. Bu çalışma kapsamında; yemek üretim aşamasında oluşan atık, yemek servisi sonrası oluşan atık ve her ikisini birlikte içeren atıkların nicel olarak karakteriszasyonu yapılmıştır. Yemek üretim aşamasında oluşan atık için İBB Lojistik Merkezi, yemek servisi sonrası oluşan atık için Yıldız Teknik Üniversitesi Yemekhanesi, her iki tür atığı birlikte içeren atık için İSTAÇ A.Ş. yemekhaneleri seçilmiştir. Kişi başına oluşan atık miktarlarını belirlemek amacıyla İSTAÇ A.Ş. merkez yemekhanesi göz önüne alınmıştır. Ayrıca, eş zamanlı olarak her bir lokasyondan elde edilen YMA için biyolojik ayrışabilirlik belirteci olarak kullanılan biyometan potansiyeli (BMP) de ayrı ayrı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak İstanbul'da bulunan YMA potansiyeli hesaplanmış ve yönetim alternatifleri araştırılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında; 30 km efektif toplama alanı içerisine yer alan, incelenen yemek-mutfak atık kaynaklarına benzer diğer kaynaklarla ilgili atık potansiyelleri

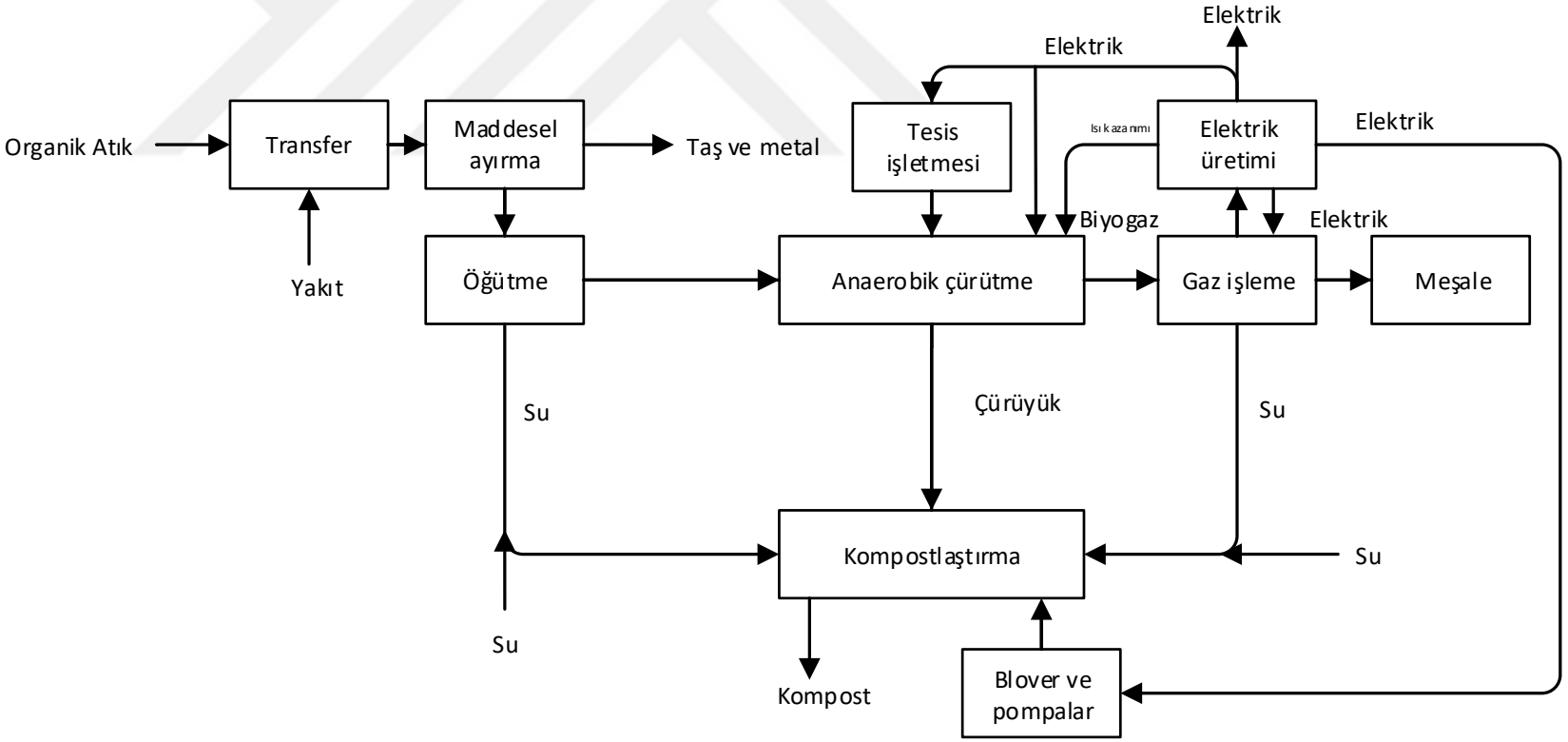
hesaplanmıştır. Sınırları çizilen alan içerisinde bulunan kaynklar hastaneler (yatak sayısı>80), yemek üretim firmaları ve devlet üniversiteleri yemekhaneleri olarak belirlenmiştir. İstanbul'da önemli bir potansiyele sahip yemek üretim firmaları bilgileri (İstanbul Sanayi Odası, 2016) ve (Yemek Üreticileri Derneğin, 2016)'den alınmıştır. Üretim kapasiteleri ise ulaşılabilen firmalardan tek tek sorularak elde edilmiştir. Üretim kapasitelerini bu tez kapsamında tarafımıza sunan firmalar atık potansiyel hesaplarına dahil edilmiştir. Üretim kapasitelerini paylaşmayan firmalar atık potansiyel hesaplarına katılmamıştır.

Çalışmada İstanbul'da bulunan YMA potansiyelinin belirlenmesi ve yönetim alternatiflerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, YMA potansiyelinin ve dağılımının belirlenmesinin mevcut atık bertaraf teknolojilerin uygulanabilirliği açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

1.3 Hipotez

İstanbul gibi büyük bir metropolde YMA potansiyelinin atık yönetim stratejileri kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma sonucunda biyomatanizasyon, kompostlama gibi geri kazanım yöntemleri için gereken YMA verilerinin temini mümkün olacaktır. Elde edilen veriler ışığında atık hiyerarşi (önleme-azaltma-tekrar kullanım-geri kazanım-depolama) sürecine uygun bir YMA yönetim modelinin oluşturulmasına katkı sağlanacağı düşününlmektedir. Yapılan çalışmayla elde edilen veriler kullanılarak herhangi bir proje bölgesindeki YMA potansiyeli tahmin edilebilecektir.

Bu kapsamda planlanan entegre organik atık yönetim sistemine ilişkin bir akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Entegre organik atık geri kazanım sistem

2
Materyal Metot

Çalışmada kullanılan YMA atıkları Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliğindeki 20 01 08 kodlu Biyolojik olarak bozunabilir mutfak ve kantin atıklarını, organik arıklar ibaresi ise aynı yönetmeliğin 20 02 01 kodlu Biyolojik olarak bozunabilen atıkları ifade etmektedir.

2.2 Yapılan Analizler

Bu çalışmada 4 farklı lokasyondan atık temini yapılmıştır. Bu lokasyonlar Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Çalışma yapılan atık lokasyonları ve özellikleri

Lokasyon Adı	Açıklama
İSTAÇ Merkez Yemekhane	Yemek üretim firması kendi personeli ile üretimi merkez yemekhanede yapmaktadır. Oluşan atık üretim öncesi ve sonrası ayrı toplanmış ve analiz edilmiştir. Kapasite 355 öğün/gün'dür. İçeriği Şekil 2.1'de gösterilmiştir.
Odayeri DDT Yemekhanesi	Yemek üretim firması kendi personeli ile üretimi yemekhanede yapmaktadır. Oluşan atık üretim öncesi ve sonrası ayrı toplanmış ve analiz edilmiştir. 550 öğün/gün'dür
İBB Lojistik Merkezi	Yemek üretimi yapılıp ilgili belediye birimlerine transfer edilmektedir. Yemek hazırlama aşamasında ki atıklar bulunmaktadır. Atığın karakteristiği analiz edilmek için numune alınmıştır. Miktar hesaplaması yapılmamıştır. Kapasite 20.000 öğün/gün'dür. İçeriği Şekil 2.2'de gösterilmiştir.
YTÜ Yemekhanesi	Bu lokasyonda oluşan atığın karakteristiği analiz edilmek için numune alınmıştır. Yemek servis edildikten sonraki atık alınmıştır. Miktar hesabı yapılmamıştır. İçeriği Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 İSTAÇ Yemekhaneler



Şekil 2.2 İBB Lojistik Merkezi



Şekil 2.3 Yıldız Teknik Üniversitesi

YMA miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalarda İSTAÇ A.Ş. Merkez yemekhanesi kullanılmıştır. Yemek hazırlama esnasına oluşan ve servis sonrası oluşan yemek atıkları ayrı ayrı toplanmıştır. Bu işlem bir hafta pazartesi, Çarşamba ve Cuma, bir hafta da Salı, Perşembe günü olmak üzere iki haftada 5 defa YMA toplanarak tekrarlanmıştır. Örneklerin farklı günlerde alınmasının amacı, haftanın belli günleri aynı karakterde yemeklerin planlanmış olması nedeniyledir. Örneğin pazartesi günleri baklagiller kullanılarak yemek hazırlanmaktadır.

YMA miktarının hesaplanması için yaz ve kış sezonu ayrı ayrı atık temini yapılmıştır. Yemekhanede yemek üretim firmasının personeli tarafından yemek üretimi sırasında oluşan atıklar ve servis sonrası oluşan atıklar ayrı ayrı toplanıp tartılmıştır. Tartım işlemleri sonunda elde edilen verilerden (2.1), (2.2), (2.3), (2.4), (2.5) ve (2.6) eşitlikleri kullanılarak öğün başına oluşan atık miktarı hesaplanmıştır.

$$Aritmatik\ Ortalama\ (A) = \frac{Yemek\ üretimi\ sırasında\ oluşan\ atık\ toplamı}{Yapılan\ Çalışma\ sayısı} \quad (2.1)$$

$$Aritmatik\ Ortalama\ (B) = \frac{Servis\ sonrası\ oluşan\ atık\ toplamı}{Yapılan\ Çalışma\ sayısı} \quad (2.2)$$

$$Yemek\ hazırlama\ sırasında\ oluşan\ atık(\frac{gram}{\text{öğün}}) = \frac{Aritmatik\ Ortalama\ (A)}{günlük\ üretilen\ öğün\ adedi} \quad (2.3)$$

$$Servis\ sonrası\ oluşan\ atık(\frac{gram}{\text{öğün}}) = \frac{Aritmatik\ Ortalama\ (B)}{günlük\ üretilen\ öğün\ adedi} \quad (2.4)$$

$$Fire\ Oranı\ = \frac{Günlük\ yemek\ üretimi\ sırasında\ oluşan\ atık\ miktarı\ (Kg)}{Günlük\ yemek\ üretimi\ için\ kullanılan\ malzeme\ miktarı\ (Kg)} \quad (2.5)$$

$$Ortalama\ Fire\ Oranı\ = \frac{Fire\ oranları\ toplamı}{Yapılan\ Çalışma\ sayısı} \quad (2.6)$$

YMA, yemek öncesi ve sonrası ayrı ayrı olmak üzere iki farklı numune grubu olarak Şekil 2.4'de gösterilen darası 9 kg ve efektif hacmi 120 litre olan plastik çöp konteynerleriyle toplanmıştır.



Şekil 2.4 120 litrelik çöp konteyneri

Toplanan atıklardan alınan numunelerde Tablo 2.2'de verilen analizler aynı tabloda belirtilen metotlara göre yapılmıştır. Analizler yapılmadan önce kaba olarak toplanan atıklar önce öğütülmüş daha sonra analize göre uygun miktarlarda örnek hazırlanmıştır.

Tablo 2.2 Yapılan analizler ve standartları

Bakılan Parametreler	Standartlar
Nem	TS 10459/Kasım 1992
Toplam Fosfor (TP)	SM 4500-P ve D /2012
Toplam Karbon (TC)	TS ISO 10694 /Aralık 1995 TS 12089 EN 13137/Şubat 2003
Toplam Azot (TN)	TS ISO 13878 / Mart 2001 TS EN 13654-1 / Şubat 2004
Kızdırma Kaybı (LOI)	EN 15169 /Temmuz 2007 TS EN 12879/ Mart 2003
Kül	EN 15169 / Temmuz 2007 TS EN 12879 / Mart 2003
C/N	TS ISO 10694 / Aralık 1995 TS ISO 13878 / Mart 2001
Toplam Kükürt (TS)	ASTME E 775-87

2.2.1 Analizlerin Yapılışı

2.2.1.1 Nen Analizi

Su muhtevası tayini için ve diğer parametre analizlerinde gerekli kuru numune işlemi için, uygun miktarlarda atık numunesi alınmıştır.

Daha önce kurutulmuş, desikatörde bekletilmiş ve darası alınmış kurutma kabına alınmıştır.

Daha sonra uygulanacak sıcaklıkta bulunan etüve numune konulmuştur.

24 saat bekletildikten sonra kurutma işlemine son verilmiş ve numune desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Çamur kütlesinin su muhtevası denklem (2.7) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\boldsymbol{Ww} = (\boldsymbol{Mb} - \boldsymbol{Mc}) \,/\, (\boldsymbol{Mb} - \boldsymbol{Ma}) \times \boldsymbol{f} \qquad (2.7)$$

Burada;

Ww: Çamur kütlesinin su muhtevası (%)

Ma: Boş kap darası

Mb: Çamur numunesi ihtiva eden kap

Mc: Kuru çamur ihtiva eden kap

f : % sonuç için 100

2.2.1.2 Toplam Fosfor

Prensip

Bu metot toplam fosfor değerinin, asitle parçalama işlemi yapıldıktan sonra molibdofosforik asit varlığında kalay klorür ile indirgenerek açığa çıkan molibden mavisinin spektrofotometrede 690 nm dalga boyunda kolorimetrik tayinini kapsar. Minimum dedeksiyon konsantrasyonu 3 µg P/L'dir.

Alet Ve Ekipmanlar

Genel laboratuvar malzemeleri:

- Balon joje, pipet.

- Spektrofotometre
- Toplam fosfor parçalama seti
- Süzme seti
- 0,45 µm gözenek çaplı membran filtre

Kullanılan Reaktifler ve Hazırlanışı

- Fenolftaleyn indikatörü (sulu solüsyon)
- 1 N NaOH
- Amonyum Molibdat Reaktifi I:

25 g (NH 4)6Mo7O24. 4H2O 175 ml distile suda çözülür, 280 ml conc. H2SO4 400 ml distile suda çözülür, soğutulur ve molibdat solüsyonuna eklenerek 1 litreye tamamlanır.

- Kalay Klorür Reaktifi I:

2,5 g taze SnCl2.2H2O 100 ml gliserolde çözülür. Kolay çözünmesi için su banyosunda ısıtılarak cam baget ile karıştırılır. (Bu reaktif stabil olduğu için özel bir koruma ve saklama gerektirmez.)

- Standart Fosfat Solüsyonu:

219,5 mg kuru KH2PO4 distile suda çözülür ve1000 ml'ye seyreltilir. (1 ml= 50 µg PO -3 fosfat içerir.)

- Benzen Isobütanol Solventi:

1:1benzen ile ısobutil alkol karışımı

- Amonyum Molibdat Reaktifi II:

40,1 g (NH4)6Mo7O24. 4H2O 500 ml distile suda çözülür, 396 ml amonyum molibdat reaktifi eklenir. Soğuduktan sonra 1 L'ye tamamlanır. (Ekstraksiyon yapılacaksa hazırlanır ve kullanılır.)

- Alkolik sülfürik Asit:

20 ml konsantre H2SO4 980 ml metil alkol ile karıştırılır. Kalay Klorür Reaktifi II: 8 ml kalay klorür reaktifi I 50 ml gliserol ile karıştırılır. (Ekstraksiyon yapılacaksa hazırlanır ve kullanılır.)

Analizin Yapılışı

- Analizi yapılacak numune ön işlemden geçirilerek, kurutulmuş ve öğütülmüştür. Yaklaşık 0,02-0,04 gram aralığında tartılıp ve balonun içine kaynama taşı atılmıştır. Üzerine 2 ml sülfürik asit ve 5 ml nitrit asit eklenerek sete yerleştirilmiştir.
- Setin ısıtıcısı en yüksek sıcaklık değerine ayarlanmıştır.
- Parçalama sırasında balonda ilk önce kahverengi buhar daha sonra beyaz buhar görülür. Beyaz buhar nitrik asitin uçtuğunu gösterir. Beyaz buhar bir süre daha gözlemlendikten sonra ısıtıcılar kapatılıp ve numuneler soğumaya bırakılmıştır.
- Numuneler soğuduktan sonra tekrar 5 ml nitrik asit eklenerek parçalama işlemine devam edilmiştir. Aynı işlem üçüncü kez tekrarlanmıştır.
- Parçalama işlemi bittikten sonra soğuyan numuneyi içeren balona bir miktar saf su eklenerek, birkaç damla fenolftaleyn damlatılmış ve pembe renk gözlemlenene kadar NaOH çözeltisinden damlatılmıştır.
- Pembe renk olan numune balonu 100 ml'lik balon jojeye aktarılarak saf suyla tamamlanmıştır.
- Balon joje içindeki numuneye 4 ml amonyum molibdat ve 0,5 ml (10 damla) kalay klorür reaktifi eklendi. 12 dk içerisinde 690 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans değerleri okunmuştur.
- Numuneler okutulmadan önce spektrofotometre saf su ile sıfırlanmıştır.

2.2.1.3 Karbon Azot Tayini

Prensip

Bu metot, numunede bulunan toplam karbonun; CO2 içermeyen oksijen gazı akışında en az 900 º C ye kadar ısıtılarak CO2' e yükseltgenmesi, açığa çıkan CO2 miktarının infrared absorption metot ile ölçülmesi esasına dayanır.

Numunede bulunan toplam azotun; Oksijen gazı bulunan ortamda en az 900 º C sıcaklığa kadar ısıtılarak tayin edilmesi ve bu esnada mineral yapılı ve azot içeren organik bileşiklerin yükseltgenerek ve/veya uçucu hale gelerek yanma ürünleri NOx ve N2 `nin oluşması ve oluşan bütün bileşiklerin N2'ye dönüştürüldükten sonra termal iletkenlik metodu ile ölçülmesi esasına dayanır.

Alet Ve Ekipmanlar

- C – N cihazı
- Hassas terazi
- Analiz için gerekli cihaz aparatları
- Etüv

Kullanılan Reaktifler Ve Hazırlanışı

- HCI asit çözeltisi (4 mol/L): Derişik HCI `den (ρ= 1.19 g/ml) 340 mL alınır, ultra saf su ile 1000 mL`ye seyreltilir.
- Corn Flour (85℃'de 2 saat kurutulmuş N kalibrasyon standardı. % N 1.46± 0.02)
- $CaCO_3$ (C kalibrasyon standardı % C 12.0) (105 derecede 1 saat kurutulmuş)
- EDTA (C ve N Kalibrasyon Standardı C 41 % N 9,58 %)
- %11, 7 C içeren X R KARTI Standardı
- %1,64 N içeren X R KARTI Standardı

Analizin Yapılışı

- Cihaz uygun standartlar kullanılarak kalibre edilmiştir, kalibrasyon maddesinin azot ve karbon muhtevası numunenin azot ve karbon muhtevasına yakın kullanılmıştır.
- Numune okutmadan önce; boş yakma yapılarak okumanın 0 değerine yakın olması sağlanmıştır.
- Organik madde kaybı düşünülerek numunenin orjinal, 40℃, 75℃ veya 105 ℃'de kurutulmuş olarak sisteme verilmiştir.
- Analiz sonucu % C ve % N olarak direkt alınmıştır.

2.2.1.4 Kızdırma Kaybı Analizi

Prensip

Kuru numunenin 550℃'de en az 60 dakika yakılarak, kızdırma sonucunda gaz olarak açığa çıkan maddelerin kütlesinin % olarak hesaplanması prensibine dayanmaktadır.

Alet ve Ekipmanlar

Kroze: 50 mm – 70 mm çapında, porselen krozeler kullanılır.

Kül fırını: 550℃ ±25℃ sıcaklık sağlama özelliğine sahip.

Desikatör: Silika jel aktif nem tutucu madde ihtiva eden desikatör kullanılmıştır.

Hassas terazi: 0,1 mg hassasiyetinde

Analizin Yapılışı

Darası alınmış kroze içine kuru numuneden homojen olarak alınmıştır.
İçine konulan numunenin miktarı ölçüldü.
Kroze oda sıcaklığındaki fırına konulmuştur.
Fırın sıcaklığı 550℃'ye geldikten sonra en az 60 dakika yakılmıştır.
Yakma işlemi sonrasında bekletilen krozeler kızıllığını kaybettiğinde desikatöre alınmıştır. Oda sıcaklığına kadar soğutularak ve tartım alınmıştır.

Bu işlem tekrar edilerek yakma işlemi ikinci kez yapılmıştır.

Yakma işleminden sonra numunede hala yanması tamamlanmamış parçalar bulunuyor ise (bazı organik bileşikler 55^0C de yavaş yanabilir.) kalıntı Amonyum nitrat çözeltisi (100 ml ultra saf suya 10 g amonyum nitrat, NH_4HNO_3) kullanılarak ıslatılır. Tutuşma ile meydana gelen kayıpları önlemek için kurutma işlemi tekrarlandıktan sonra kalıntı tekrar kızdırma sıcaklığına kadar ısıtılır.

550°C'de ve 775°C 'de yanma işleminin tam gerçekleşmediği gözlemlendiğinde ve/veya TOC değerinin LOİ den büyük veya eşit olduğu durumda 900°C' de fırında en az 1 saat yakma işlemi gerçekleştirilir. Sabit tartımla ilgili kısımlar aynı 550°C'deki gibi uygulanır. Hesaplama sonrası çıkan sonuçlar göz önünde bulundurulur.

Hesaplama

Çamurun kuru kütlesinin kızdırma kaybı kütlece % olarak (2.8) eşitliğinden hesaplanmıştır.

$$Wv = (mb - mc) / (mb - ma) \times 100 \qquad (2.8)$$

Burada;

W_V: Çamurun kuru kütlesinin kızdırma kaybı, % (m/m)

mb: Kuru kütle içeren kroze kütlesi, g

mc: Kızdırılmış kuru kütle içeren kroze kütlesi, g

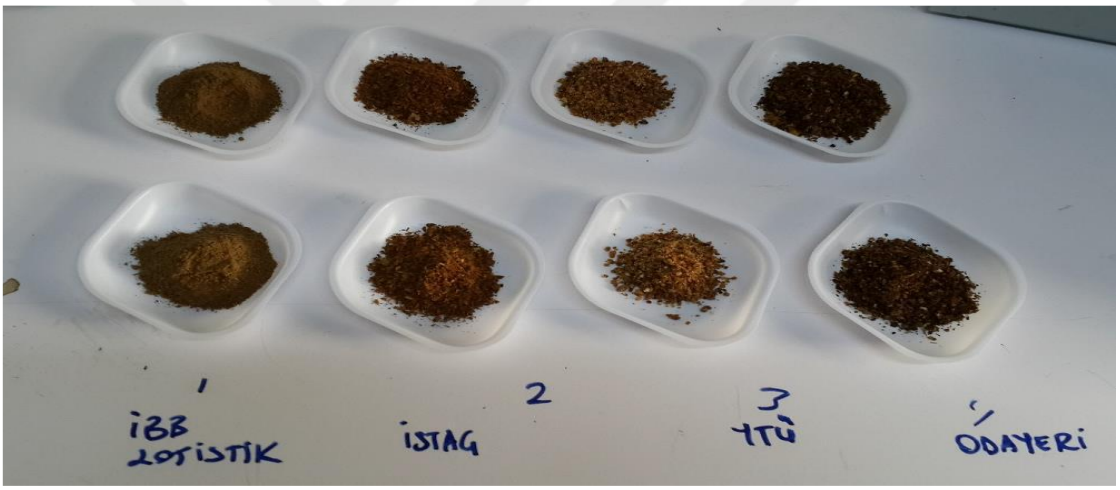
ma: Boş kroze kütlesi, g

2.2.1.5 Biyometan Potansiyeli Belirleme Testi

Yapılan analizlere ek olarak biyo-metan potansiyel testi yapılmıştır. Bu analiz için farklı günlerde alınan numunelerden yarım kilo alınarak 70 ° C nemi alınmıştır. Elde edilen bu 5 numuneden 100 er gram örnek alınarak karıştırılmıştır. Numunelerin alındığı 4 lokasyon için de aynı işlem uygulanarak biyometan potansiyel testine girecek 4 numune hazırlanmıştır.

Deneysel Çalışma

Biyo-metan potensiyellerinin (BMP) belirlenmesi için 4 farklı yerden alınan ve akabinde kurutulup öğütülerek toz haline getirilen yemek ve mutfak atığı (YMA) kullanılmıştır. Numunelere ait fotoğraflar Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5 Kurutulmuş ve öğütülmüş yemek ve mutfak atıkları (YMA)

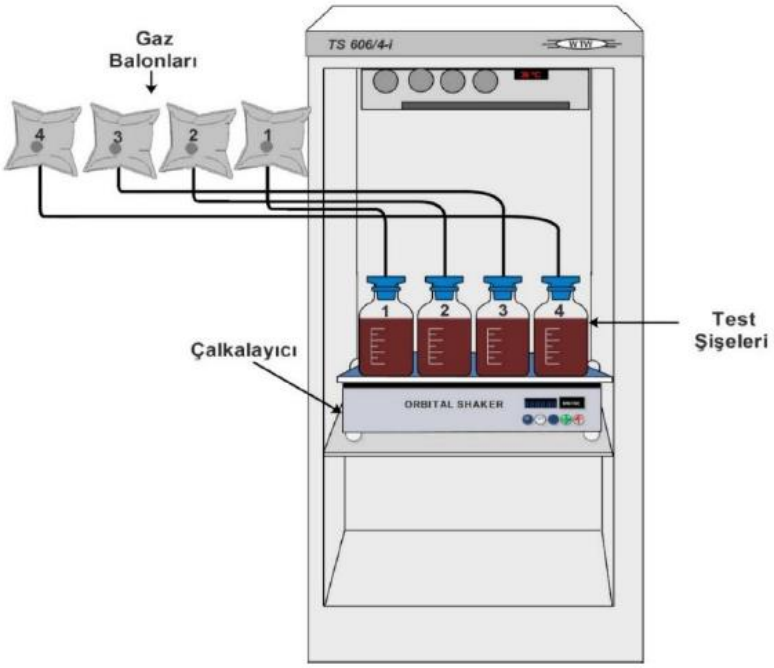
BMP testleri toplam hacmi 600 ml olan cam şişelerde 400 ml aktif sıvı hacim ile gerçekleştirilmiştir. Aşı çamuru (AÇ) olarak tavuk atığı ile beslenerek işletilen anaerobik çürütücüden alınan çamur kullanılmıştır. Aşı çamuru kaynaklı metan üretimini belirlemek için hiç YMA eklenmeyen kontrol seti dâhil her atık için iki tekrarlı olmak üzere toplam 10 adet test düzeneği kullanılmıştır. İlk BMP testleri %9 TKM ile (%4.5 AÇ + %4.5 YMA) gerçekleştirilmiş ancak YMA'lar çok hızlı şekilde

fermente olup organik asit ürettiği için reaktörlerde pH ciddi şekilde düşmüştür. Bu nedenle 5. gününden sonra hiçbir sette biyogaz üretimi elde edilememiştir. Sonuç olarak deney durdurulmuş ve test şişeleri boşaltılmıştır. Hemen akabinde şişelerdeki TKM miktarı %4 (%2 AÇ + %2 YMA) olacak şekilde yeni bir BMP testi başlatılmıştır. Bu BMP testine ait koşullar Tablo 2.3'te görülmektedir.

Tablo 2.3 BMP testinde uygulanan koşulları

	AÇ (g)	YMA (g)	TKM-AÇ (g)	TKM-YMA (g)	UKM - AÇ (g)	UKM - YMA (g)	C/N	AÇ/YMA (g/g)
İBB Lojistik	96,4	8,44	8,0	8,0	6,7	6,5	15	1,03
İSTAÇ Merkez	96,4	8,57	8,0	8,0	6,7	6,8	16,1	0,99
YTÜ	96,4	8,32	8,0	8,0	6,7	7,2	15,2	0,92
Odayeri DDT	96,4	8,41	8,0	8,0	6,7	6,7	18,9	0,99
Kontrol	96,4		8,0		6,7			

Her bir test şişesine Tablo 2.2'de belirtilen miktarlarda atık ve aşı çamuru eklendikten sonra anaerobik şartları sağlamak için reaktörlerin gaz fazı azot gazı ile yıkanmış ve 36±1 0C'de çalışan bir inkübatöre yerleştirilmiştir. Şişeler inkübatörün içine yerleştirilen bir çalkalayıcı yardımıyla sürekli olarak karıştırılmıştır. Deney düzeneğinin şematik olarak gösterimi Şekil 2.6'te verilmiştir. Deney düzeneğine ait fotoğraf ise Şekil 2.7'te görülmektedir.



Şekil 2.6 Kullanılan BMP test düzeneği



Şekil 2.7 Kullanılan BMP test düzeneğine ait fotoğraf

Test şişelerinde üretilen biyogaz, plastik-alüminyum kompozit gaz sızdırmaz balonlarda toplanmıştır. Gaz balonlarında toplanan biyogazın hacmi, %20'lik NaOH çözeltisinden geçirilerek su deplasmanı prensibine göre çalışan bir gazometre yardımıyla düzenli olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler deneyin sonunda standart şartlara (0 ^{o}C ve 1 atm) göre normalize edilmiştir. NaOH çözeltisinin CO2 tutma kapasitesi periyodik olarak GC-TCD ile kontrol edilmiş, belirlenen düzeltme faktörü ile metan üretim değerleri deney sonunda tekrar hesaplanmıştır.

3
Karakterizasyon Sonuçları

3.1 Atık Miktarlarının Belirlenmesi İle İlgili Çalışmalar

Elde edilen sonuçlara göre yemek hazırlama sırasında 63 ± 2,5 gram/öğün, servis sonrası ise 86 ± 1,3 gram/öğün organik atık oluşmaktadır. Günün menüsünü hazırlamak için kullanılan yemek malzemelerini, üretim aşamasında oluşan atığa oranlayınca ortalama %10 fire verildiği ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3 'te verilmiştir.

Tablo 3.1 Üretim ve servisin aynı yerde yapıldığı yemekhanelerde oluşan organik atık miktarları (Kış Sezonu)

Uygulama Yeri		İSTAÇ Merkez Yemekhane (Kış Sezonu)			
Uygulama No	Günlük üretilen öğün adedi	Yemek Hazırlama Sırasında Çıkan Atık Miktarı (KG)	Servis Sonrası Çıkan Atık Miktarı (KG)	Yemek Malzemesi Liste Ağırlığı (KG)	Fire Oranı
1	355	29,4	30	210	14%
2	355	6,8	25,8	228	3%
3	355	15,5	31,65	155	10%
4	355	30,7	30,8	185	17%
5	355	10,35	42,4	225	5%
Ortalama	355	18,55	32,13	200,6	10%

Tablo 3.2 Üretim ve servisin aynı yerde yapıldığı yemekhanelerde oluşan organik atık miktarları (Yaz Sezonu)

Uygulama Yeri		İSTAÇ Merkez Yemekhane (Yaz Sezonu)			
Uygulama No	Günlük üretilen öğün adedi	Yemek Hazırlama Sırasında Çıkan Atık Miktarı (KG)	Servis Sonrası Çıkan Atık Miktarı (KG)	Yemek Malzemesi Liste Ağırlığı (KG)	Fire Oranı
1	355	22,3	28,3	198	11,2%
2	355	28,7	32,1	225	12,7%
3	355	12,1	27,9	196	6,1%
4	355	17,5	25,3	165	10,6%
5	355	35,6	31,05	280,6	17,96%
Ortalama	355	26,2	28,93	212,92	11,71%

Tablo 3.3 Yaz ve Kış aylarında yapılan miktar hesabının ortalaması

Uygulama No	Günlük üretilen öğün adedi	Yemek Hazırlama Sırasında Çıkan Atık Miktarı (KG)	Servis Sonrası Çıkan Atık Miktarı (KG)	Yemek Malzemesi Liste Ağırlığı (KG)	Fire Oranı
Yaz Sezonu	355	18,6	32,1	200,6	10%
Kış Sezonu	355	26,2	28,9	212,9	11,71%
Oralama	**355**	**22,3**	**30,5**	**206,7**	**10,86%**

Tablo 3.3 Yaz ve Kış aylarında yapılan miktar hesabının ortalaması(devamı)

Standart sapma	**-**	**9,4**	**4,5**	**34,2**	**5%**

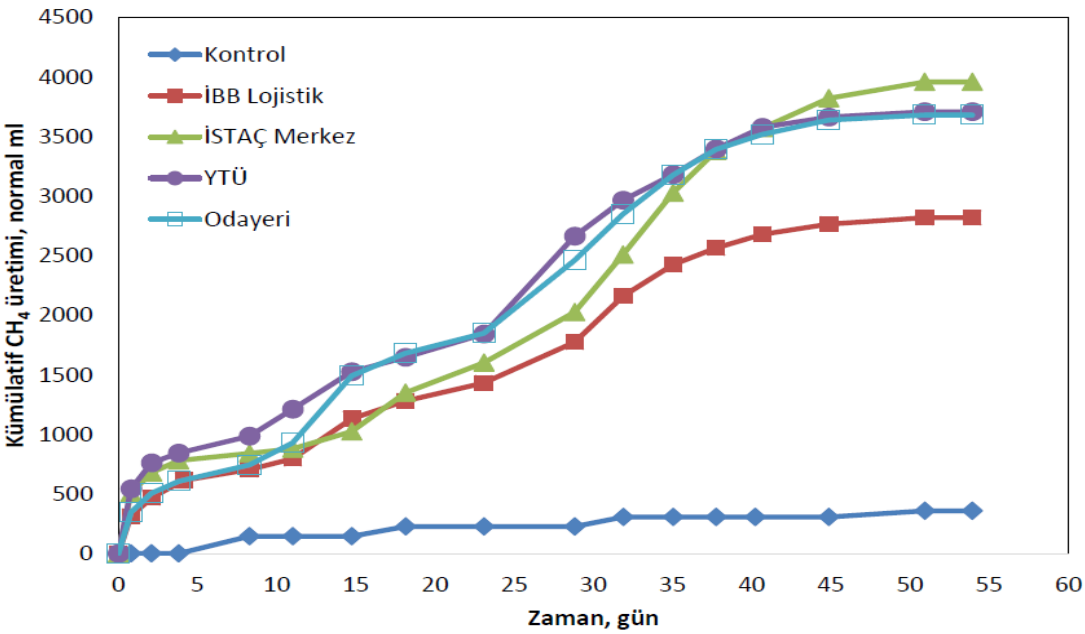
Dört lokasyondan alınan numunelerin analiz sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Dört lokasyondan alınan yemekhane atıklarının analiz sonuçları

Parametreler	Birim	İBB Lojistik Merkezi	Yıldız Teknik Üniversitesi	İSTAÇ A.Ş. Merkez Yemekhane	Odayeri DDT Yemekhanesi
Nem	%	93,2	68,2	81,2	84,2
Toplam Fosfor	g/kg	6,5	4,2	4,7	9,8
Toplam Karbon	%	43,1	47,8	47,0	47,4
Toplam Azot	%	3,1	3,2	2,8	2,4
Kızdırma Kaybı	%	87,7	93,4	93,7	88,6
Kül	%	12,3	6,6	6,3	11,4
C/N	%	13,9	14,9	16,8	19,8
Toplam Kükürt	%	9,2	6,0	10,6	16,1

3.2 BMP Test Sonuçları

BMP deneyleri 51 gün sürmüştür. Elde edilen sonuçların standart şartlara göre normalize edilmesi ve CH_4 içeriğine göre yeniden hesaplanmasıyla çizilen metan üretimi grafikleri Şekil 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.1 Normalize edilmiş kümülatif metan üretim sonuçları (0°C ve 1 atm).

Şekil 3.1'de verilen grafikte görüldüğü üzere, önceki deneyde olduğu gibi ilk 5 gün kolay parçalanabilir organik maddeler hızlıca tüketilmiş ve sabit bir kümülatif metan üretimi değerine ulaşılmıştır. Daha sonra, 10-15. günler ve 25-35. günler arasında metan üretimi yine hızlanmış ve yaklaşık 45. günden sonra İSTAÇ Merkez numunesi hariç sabit kümülatif metan üretimi değerlerine ulaşılmıştır. İSTAÇ Merkez numunesi ile sabit kümülatif metan üretimi değeri 50. günden sonra elde edilmiştir.

Odayeri, İSTAÇ Merkez ve YTÜ'den alınan YMA'lar ile elde edilen kümülatif metan üretimi değerleri birbirine oldukça yakındır. Ancak, UKM/TKM oranı ve karbon içeriği diğerlerine göre daha düşük olan (Tablo 3.4) İBB Lojistik'den alınan YMA ile diğerlerine göre yaklaşık %23-25 daha az metan üretilmiştir.

Kümülatif metan üretimi değerlerini daha iyi karşılaştırabilmek için her bir şişede üretilen metan miktarı, o şişeye eklenen UKM miktarına bölünerek metan üretim verimi değerleri (m^3 CH4/kg UKM) hesaplanmıştır. Hesaplanan metan üretim verimi değerleri ve deney sonunda test şişelerinden alınan numunelerde ölçülen pH ve hesaplanan TKM ve UKM giderimi sonuçları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 BMP testi ile elde edilen metan üretim verimi, TKM ve UKM giderimi değerleri

Lokasyon	Metan Üretimi (m3CH4/tonUKM)	pH	TKM Giderimi (%)	UKM Giderimi (%)
İBB Lojistik	380	7,76	71,9	84,5
İSTAÇ Merkez	533	7,69	80,3	86,8
YTÜ	465	7,75	81,0	85,8
Odayeri DDT	496	7,73	75,8	82,8

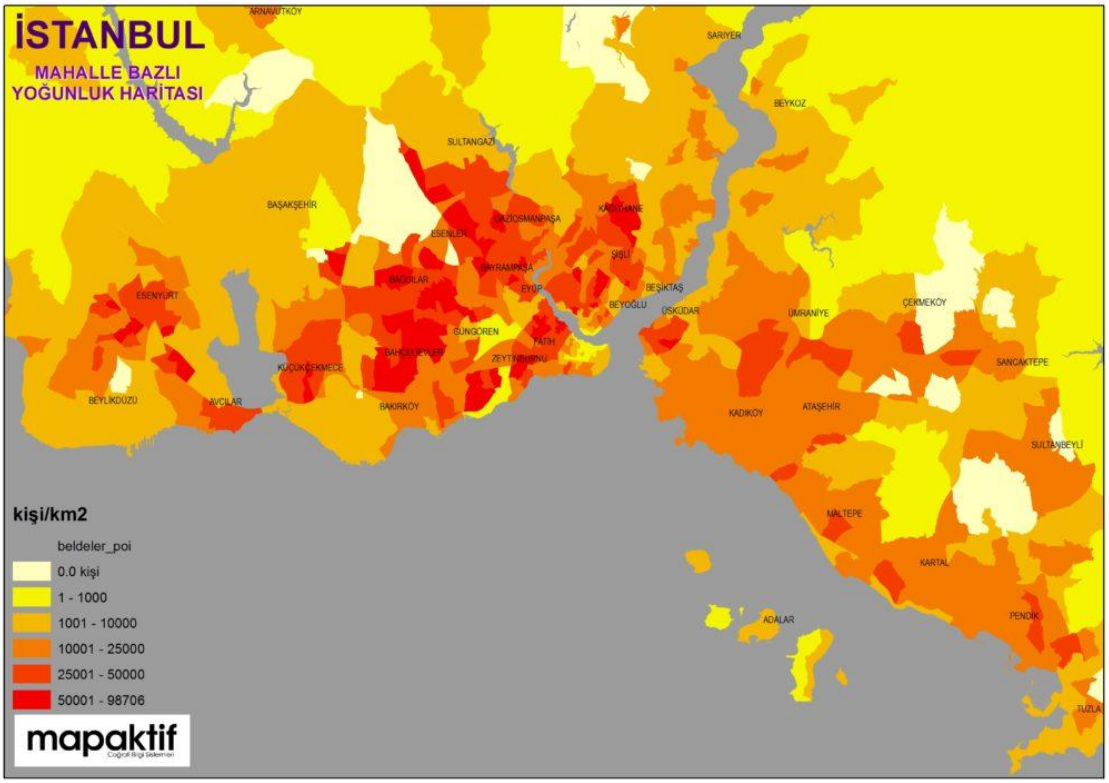
Bu sonuçlara göre, %2 oranında TKM içeren yemek ve mutfak atığı ile yapılan BMP testlerinde pH değerinde hızlı fermentasyon kaynaklı herhangi bir düşüş görülmemiştir. İBB Lojistik, İSTAÇ Merkez, YTÜ ve Odayeri'nden alınan YMA'lar ile gerçekleştirilen BMP testlerinde sırasıyla %71.9, %80.3, %81.0 ve %75,8 TKM giderimi ve %84.5, %86.8, %85.8 ve %82.8 UKM giderimi elde edilmiştir.

Her bir YMA için 2 tekrarlı BMP testi gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde TKM kütlesel oranı %2 olacak şekilde YMA kullanılmıştır. İSTAÇ Merkez, YTÜ ve Odayeri'nden alınan YMA'ların biyo-metan potansiyeli sırasıyla 533, 465, 496 Nm^3 CH_4/ton UKM olarak belirlenmiştir. Toplam karbon içeriği bu atıklara göre daha düşük olan ve İBB Lojistik'den alınan YMA'nın biyo-metan potansiyeli ise 380 Nm^3 CH_4/ton UKM tespit edilmiştir.

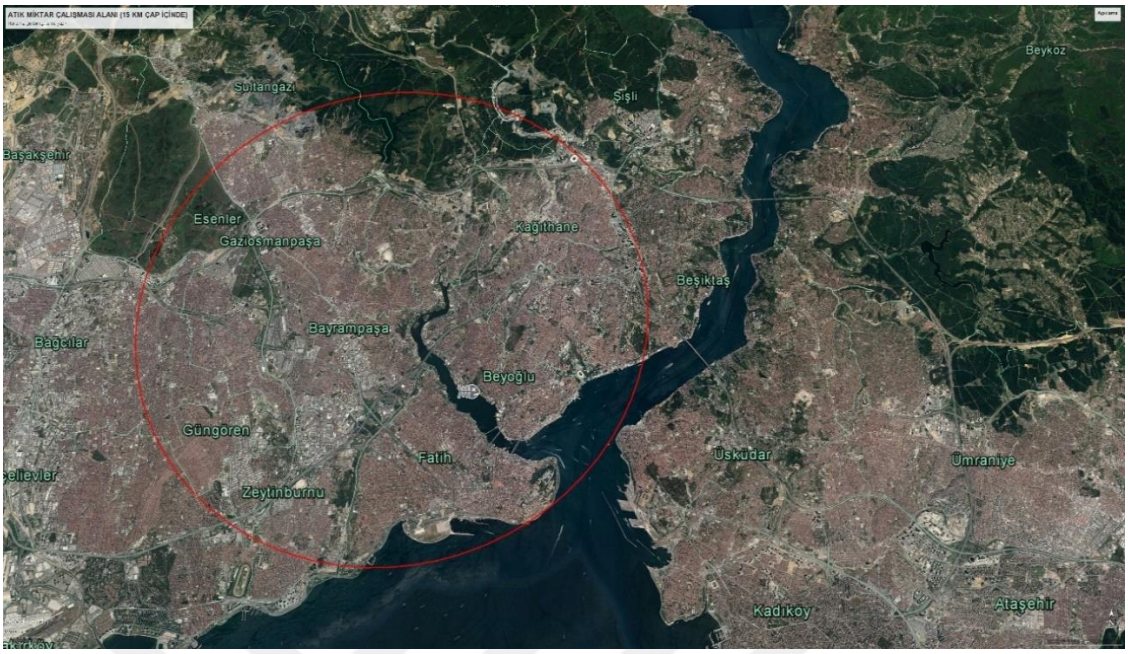
4
Organik Atıkların Yönetimi

4.2 Organik Atık Miktarının Hesaplaması

İstanbul Avrupa yakasında Şekil 4.1'deki haritada gösterilen en yoğun bölgeleri dikkate alarak Şekil 4.2'deki daire içinde görülen 15 km çaplı alanda atık envanteri çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada YMA türü organik atıklarının potansiyeli ortaya konulmaya çalışılmıştır. Haritada seçilen yoğun bölgeler ayrıca yemek atıklarının yoğun oluştuğu üretim ve tüketim noktalarını da içermektedir. Bu yoğun atık üretim noktaları 3 ana kategoriye ayrılmıştır.



Şekil 4.1 İstanbul yoğunluk haritası



Şekil 4.2 Atık miktar çalışması alanı

Bu kategoriler;

1. Üniversiteler (Devlet Üniversiteleri)
2. Hastaneler
3. Yemek Üretim (Catering) Firmaları

olarak belirlenmiştir.

Bu üç kategorideki kaynaklar kendi bünyelerinde bulunan yemekhanelerde üretim yaptıkları gibi dışarıdan yemek üretim firmaları aracılığı ile de hizmet alımı gerçekleştirmektedir. Her bir kategoride oluşabilecek organik atık miktarını hesaplamada bu tez çalışmasında hesaplanan öğün başı organik atık miktarı kullanılmıştır.

Yemek üretimi yapan (Catering) firmaları için yemek hazırlama öncesi verisi, hastaneler için yemek üretim sonrası verisi, üniversiteler içinse hem yemek hazırlama öncesi hem de yemek hazırlama sonrası verileri birlikte kullanılmıştır.

4.2.1 Üniversiteler

Belirlenen sınırlar içerisinde bulunan 5 devlet 1 özel üniversiteden, yemekhanede çıkan öğün sayısı hakkında bilgi alınmıştır. Tablo 4.1'de üniversitelerin mevcut yemekhanelerindeki günlük çıkan öğün adedi bilgileri verilmiştir. İstanbul Üniversitesinin avcılar kampüsü de yoğun üretim kapasitesi nedeniyle hesaplamalara dahil edilmiştir.

Tablo 4.1 Üniversite yemekhanelerindeki öğün üretimleri

Üniversite	**Mevki**	**Kapasite (Adet Öğün/Gün)**
Boğaziçi Üniversitesi	Beşiktaş	5000
İstanbul Teknik Üniversitesi	Maslak	12000
İstanbul Üniversitesi	Beyazıt, Avcılar	25000
Yıldız Teknik Üniversitesi	Beşiktaş, Davutpaşa	6000
Galatasaray Üniversitesi	Beşiktaş	800
Aydın Üniversitesi	Beşiktaş	2000
Toplam		**50800**

Edinilen bilgiye göre toplam 6 üniversitede 50.800 öğün yemek çıkmaktadır. Bu yemekhanelerin çoğunluğu, yemeklerin üniversite yemekhanesinde yapılarak orada dağıtılması üzerine hizmet alımı yapmaktadır. Bu nedenle yemek hazırlama öncesi ve servis sonrası atıklar hesaba katılmalıdır. Oluşan atık miktarı 7,569 ton/gün hesaplanmaktadır.

4.2.2 Hastaneler

Şekil 4.2'de belirtilen daire içinde kalan hastanelerin bilgileri İSTAÇ A.Ş. veri bankasından alınmıştır. Miktar tespiti çalışmasında 80 yatak kapasitesinin üstündeki devlet ve özel hastanelerin tamamı hesaba katılmıştır. Elde edilen verilere göre toplam yatak kapasitesi ve hastanelerin listeleri Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Devlet Hastanelerin Yatak Sayılıarı

DEVLET HASTANELERİ			
S.NO	**SAĞLIK KURULUŞUNUN ADI**	**YATAK ADEDİ**	**İLÇESİ**
1	1 nci Ordu Gümüşsuyu Asker Hastanesi	100	Beyoğlu
2	Arnavutköy Devlet Hastanesi	211	Arnavutköy
3	Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi	498	Bağcılar
4	Bakırköy Devlet (Dr. Sadi Eğitim) Hast.	389	Bakırköy
5	Bakırköy Ruh S. ve Sin.H.Eğ. ve A. Hast.	1.631	Bakırköy
6	Baltalimanı Kemik Hastalıkları Hast.	133	Sarıyer
7	Başakşehir Devlet Hastanesi	100	Başakşehir
8	Bayrampaşa Devlet Hastanesi	100	Bayrampaşa
9	Beyoğlu Göz Hastanesi	100	Beyoğlu
10	Bezm-i Alem Valide Sultan Vakıf Gureba Eğt. Araşt. Hastanesi	352	Fatih
11	Cerrahpaşa Tıp Fak.Hastanesi	1.931	Fatih

Tablo 4.2 Devlet Hastanelerin Yatak Sayılıarı(devamı)

12	Esenler Kadın Doğum ve Çocuk Hast.	150	Esenler
13	Esenyurt Devlet Hastanesi	175	Esenyurt
14	G.O.Paşa Taksim Eğitim Hastanesi	249	G.O.Paşa
15	Haseki Hastanesi	536	Fatih
16	İstanbul Eğt. Ve Araş. Hast. (Samatya)	504	Fatih
17	İstanbul Eyüp Devlet Hastanesi	140	Eyüp
18	İstanbul Fizik Ted. ve Reh. Merk.	149	Bahçelievler
19	İstanbul Okmeydanı Eğitim ve Araş. Hastanesi	761	Şişli
20	İstanbul Tıp Fak.(Çapa) Hastanesi	1.353	Fatih
21	İstanbul Üniv. Kardiyoloji Enstitüsü	200	Fatih
22	İstinye Devlet Hastanesi	125	Sarıyer
23	Kanuni Sultan Süleyman Eğt. Ve Araşt. Hastanesi	505	Bakırköy
24	Kasımpaşa Deniz Hastanesi	300	Beyoğlu
25	Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi	784	Şişli
26	Yedikule Göğ. Hast. Eğt. ve Araşt. Hast.	406	Zeytinburnu
TOPLAM		**11.882**	

Tablo 4.3 Özel Hastanelerin Yatak Sayıları

ÖZEL HASTANELER			
S.NO	**SAĞLIK KURULUŞUNUN ADI**	**YATAK ADEDİ**	**İLÇESİ**
1	Acıbadem Carousel Hastanesi Bakırköy	102	Bakırköy
2	Acıbadem Hastanesi Fulya	86	Beşiktaş
3	Acıbadem Hastanesi Maslak	138	Sarıyer
4	Aile Hastanesi	104	Bahçelievler
5	Alman Hastanesi	302	Beyoğlu
6	Amerikan Hastanesi	262	Şişli
7	Avcılar Hospital	149	Avcılar
8	Avicenna Hospital	82	Esenler
9	Avrasya Hospital	75	Zeytinburnu
10	Bahat Hospital	92	Sultangazi
11	Bahçelievler Medicalpark Hospital	242	Bahçelievler
12	Balat Musevi Hastanesi	85	Fatih
13	Balıklı Rum Hastanesi	222	Zeytinburnu
14	Başarı Hastanesi	75	G.O.Paşa
15	Batı Bahat Hospital	81	K.Çekmece
16	Ethica İncirli Hastanesi	74	Bakırköy

Tablo 4.3 Özel Hastanelerin Yatak Sayıları (devamı)

17	Florence Nightingale Hastanesi	225	Şişli
18	Fransız Lape Ruh ve Sinir Hast. H.	150	Şişli
19	Gaziosmanpaşa Hastanesi	217	G.O.Paşa
20	International Hospital	99	Bakırköy
21	İstanbul Florance Nightingale	219	Şişli
22	İstanbul Memorial Hastanesi	169	Şişli
23	Medicana International Hospital	156	Beylikdüzü
24	Metropolitan Florence Nightingale Hast.	102	Beşiktaş
25	Özel Avrupa Şafak Hastanesi	105	G.O.Paşa
26	Özel Bağcılar Tekden Hastanesi	100	Bağcılar
27	Özel Medicane Hospıtal Bahçelievler	118	Bahçelievler
28	Özel Medipol Mega Hastaneler Kompleksi	450	Bağcılar
29	Özel Yenibosna Safa Hastanesi	111	Bahçelievler
30	Silivri Anadolu Hastanesi	100	Silivri
31	Surp Pirgiç Ermeni Hastanesi	118	Zeytinburnu
32	T.B.V. Ahmet Ermiş Hastanesi	173	Bahçelievler
33	Universal Aksaray Hospital	101	Fatih
TOPLAM		**4.884**	

Tablo 4.4 Hastane yatak sayıları

Devlet Hastaneleri Yatak Adedi Toplamı	11.882
Özel Hastaneler Yatak Adedi Toplamı	4.884
Toplam	16.766

Miktar tespiti için 360 gün öğün çıktığı kabul edilmiştir. Yatak kapasitesi doluluk oranı devlet hastanelerinde %90 özel hastanelerde %70 kabul edilmiştir. Hastanelerde yatak başı üç öğün yemek çıkmaktadır. Her yatak başı bir refakatçi hesaba katılmıştır. Hastanelerde yemekler yerinde veya dışardan hizmet alımı şeklindedir. Bu nedenle öğün başına çıkan YMA miktarı daha önce bulduğumuz servis sonrası değer olan 86 gram/öğün kabul edilmiştir. Yapılan kabullere göre çıkan YMA miktarı 7,3 ton/gün'dür.

4.2.3 Yemek Üretim (Catering) Firmaları

İstanbul Sanayi Odasından, İstanbul Ticaret Odasından ve İstanbul Yemek Sanayicileri Derneğinden alınan veriler doğrultusunda belirlenen sınır dâhilinde 370 firma tespit edilmiştir. Tablo 4.5' te verilen 46 firmanın günlük üretim kapasitesi bilgisine ulaşılmıştır. Bu 46 firmanın günlük üretim miktarı 644.000 öğündür. Yapılan görüşmelerde geri kalan firmalarının günlük 1.000.000 kişilik yemek üretimi yaptıkları tahmin edilmektedir. Bu çalışma kapsamında potansiyeli bilinen firmalar hesaba katılmıştır. Oluşabilecek organik atık miktarı yerinde üretim ve dışarı hizmet şeklinde olabileceğinden, organik atık miktarı miktar hesabı çalışmasında bulduğumuz yemek hazırlama sırasında oluşan atık miktarı olan 63 gram/öğün kabul edilmiştir. Bu kabuller doğrultusunda organik atık miktarı 40,572 ton/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.5 Üretim kapasitesi bilinen yemek üretim firmaları

NO	FİRMA ADI	LOKASYON	ADET
1	ÖZEN YEMEK SANAYİ İÇ VE DIŞ	KAĞITHANE	5000
2	GAKGOŞ YEMEK İNŞAAT OTOMOTİV	KAĞITHANE	3000
3	ERDOĞAN YEMEK ÜRETİM GIDA İNŞAAT	ESENLER	5000
4	DORUK YEMEK HİZMETLERİ SANAYİ VE	ESENLER	15000
5	AŞ-SAN GIDA SANAYİ VE TİCARET	SARIYER	20000
6	ÖZDOĞAN YEMEK ŞENTÜRK GÖKÇE	SULTANÇİFTLİĞİ	3000
7	EVRENSEL HAZIR GIDA ÖZEL SAĞLIK	BALMUMCU	20000
8	Çelebi Catering	ARNAVUTKÖY	2000
9	KAZAN YEMEK	ARNAVUTKÖY	2000
10	GÜLER CATERİNG	ARNAVUTKÖY	2000
11	Sodexho Restaurant Servis A.Ş.	ŞİŞLİ	250000
12	ARAŞ ARNAVUTKÖY İNŞAAT YATIRIM TAAHHÜT HİZMETLERİ NAKLİYAT GIDA SAN. VE TİC. A.Ş.	ARNAVUTKÖY	3000
13	COŞKUNERLER TURİZM SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.	BAĞCILAR	4000
14	DERYA GIDA İNŞAAT VE TURİZM SAN.TİC.LTD.ŞTİ.	BAĞCILAR	10000
15	NESİL BASIM YAYIN GIDA TİC.VE SAN A.Ş.	BAHÇELİEVLER	5000

Tablo 4.5 Üretim kapasitesi bilinen yemek üretim firmaları (devamı)

16	ŞÖLEN GIDA SANAYİİ VE TİC. LTD. ŞTİ. İSTANBUL 2 ŞUBESİ	BAHÇELİEVLER	5000
17	BEKARD GIDA TAŞIMACILIK İNŞAAT TEMİZLİK SANAYİ VE TİCARET LTD.ŞTİ.	BAŞAKŞEHİR	15000
18	NİMET GIDA TAŞIMACILIK İNŞAAT TEMİZLİK SAN. VE TİC. LTD.ŞTİ.	BAŞAKŞEHİR	5000
19	DEMİRTAŞ GIDA TEKSTİL VE İNŞAAT SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ	G.OSMANPAŞA	3000
20	GOPAŞ GAZİOSMANPAŞA İNŞAAT YATIRIM TAAHHÜT HİZMETLERİ SAN.VE TİC.A.Ş.	G.OSMANPAŞA	10000
21	OSMANLI HANIMELİ GIDA TEKSTİL VE TURİZM SAN.VE TİC. LTD. ŞTİ.	G.OSMANPAŞA	3000
22	ÇARDAK YEMEK VE ORGANİZASYON HİZMETLERİ SAN. PAZ. VE TİC. LTD. ŞTİ.	KAĞITHANE	2000
23	AYSO GIDA FABRİKASI SAN.VE TİC. LTD.ŞTİ.	SİLİVRİ	20000
24	ZİBA GIDA SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.	ESENLER	3000
25	ZİBA YEMEK ÜRETİM TESİSİ	ESENLER	3000
26	DOĞUŞZADE GIDA PAZ.TİC.LTD.ŞTİ.	4.LEVENT	4000
27	TAŞ KARDEŞLER GIDA VE DEK.SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.	BAĞCILAR	10000
28	ÜN - AŞ YEMEK ÜRETİM TESİSİ	BAĞCILAR	2000
29	YÜTAŞ YEMEK ÜRETİM PAZ.SAN.VE TİC.A.Ş.	BAĞCILAR	5000

Tablo 4.5 Üretim kapasitesi bilinen yemek üretim firmaları (devamı)

30	BAŞAK ŞEHİR YEMEK	BAŞAKŞEHİR	3000
31	SAFRAN YEMEK sz	BAŞAKŞEHİR	5000
32	BEREKET YEMEK - İTİNA GIDA	BAYRAMPAŞA	5000
33	KLÜH EMİN CATERING SC	ESENLER	10000
34	AŞGANA YEMEK ÜRETİM TİC.VE SAN.A.Ş.	ESENLER	3000
35	LİMON ENDÜSTRİYEL YEMEK	ESENLER	4000
36	AZIK YEMEK SAN.VE TİC.A.Ş.	FATİH	5000
37	METAŞ GIDA İNŞAAT SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.	GAZİOSMANPAŞA	15000
38	ÖZGÜVENLER TOPLU YEMEK	GAZİOSMANPAŞA	10000
39	GUSTA CATERİNG SZ	KAĞITHANE	5000
40	Keyveni Catering	KAĞITHANE	5000
41	ÖZÜM HANIMELİ YEMEK	KAĞITHANE	5000
42	SARAY YEMEK SAN.İNŞ.VE TİC.LTD.ŞTİ.	KAĞITHANE	15000
43	ÜÇLER TABLDOT YEMEK SERVİSİ GIDA SAN.TİC.LTD.ŞTİ.	ŞİŞLİ	3000
44	SARDUNYA ZİYAFET İKRAM VE TİCARET	ARNAVUTKÖY	100000
45	ADA YEMEK ÜRETİM VE PLASTİK AMBALAJ	SEYRANTEPE	10000
46	SARAY MUTFAĞI HAZIR YEMEK SERVİSİ	HALKALI	2000
TOPLAM			**644000**

4.2.4 Toplam Yemek Mutfak Atığı Miktarı

Hesaplanan değerler günlük öngörülen potansiyel değerlerdir. Bu üç ana kaynaktan elde edilebilecek toplam atık miktarı ve özeti Tablo 4.6'te verilmiştir. Ayrıca elde edilen veriler ışığında kaynakların yerleri Şekil 4.3'te verilmeye çalışılmıştır. Yemek atık potansiyelinin önemli bir bölümünü oluşturan yemek üretim firmalarından ulaşım sağlanamayanların yerleri haritada gösterilmemiştir. Fakat aynı bölgede ufak ölçekli birçok işletme bulunmaktadır. Bu kaynakların yanı sıra yemek atıklarının yoğun üretildiği oteller, sosyal tesisler, fabrikalar, yoğun nüfuslu siteler, kışlalar gibi kaynaklar dikkate alınmamıştır. Sadece bu üç kaynağın İstanbul'da ki potansiyeli hesaplananın ¼'ü olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.6 Toplam atık miktarları özeti

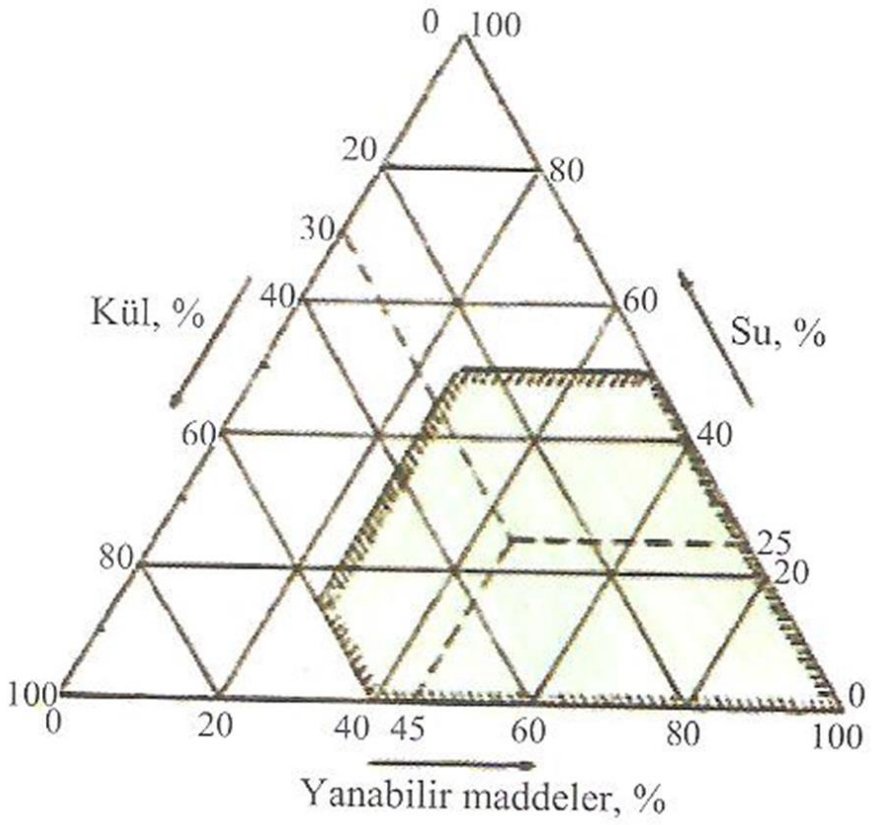
Denklem	Kaynak	Miktar (Ton/gün)
4.1	Üniversite Yemekhaneleri (Devlet Üniversiteleri)	7,569
4.2	Hastaneler (80 yatak üstü kapasiteli)	8,46
4.3	Yemek Üretim (Katering) Firmaları	40,572
Toplam		56,601

4.2.1 YMA'nın Termal Prosesler Açısından Değerlendirilmesi

Atıkların termal proseslerde kullanılabilmelini gösteren en genel gösterge tanner üçgenidir. (Tanner, 1965) Atıkların kül, nem ve organik içeriği açısından değerlendiren üçgen Şekil 4.3'te verilmiştir. Diyagrama göre, kütlesel olarak, kül içeriği ≤ %50, su içeriği ≤ %50 ve yanıcı (organik) madde içeriği ≥ %25 olan atık karışımları, dış yakıt desteği olmadan kendi kendine sürekli yanmayı koruyabilir (Öztürk, İ, 2010; Komilis vd., 2014)

Elde edilen karakterizasyon sonuçlarında görüldüğü üzere YMA atıkları yaklaşık %85 oranında nem içermektedir. Bu sonuçlara göre temiz olarak toplanan YMA'larının ek yakıt kullanılmadan kendiliğinden yanması mümkün

görünmemektedir. Doğrudan yakma prosesleri dışında hidrotermal proseslerde kullanıması mümkün görünmektedir. Fakat bu tarz proseslerin ticari ölçekli tesisleri bilnmemektedir.



Şekil 4.3 Tanner Üçgeni

4.2.2 YMA'nın Biyolojik Prosesler Açısından Değerlendirilmesi

BMP test ve karakterizasyon sonuçlarına göre çalışma yapılan YMA'larının biyolojik prosesler açısından uygun olduğu görülmüştür. Yaklaşık 56 ton/gün atıktan elde edilebilecek biyometan potansiyelinin hesaplanabilmesi için 3 YMA kaynağının karteristiğine göre BMP potansiyelleri ile çarpılmalıdır. Tablo 3.4'te verildiği üzere atıkların UKM içerikleri yaklaşık %90, ve katı madde oranı ise %15 mertebesindedir. Ayrıca Tablo 3.5'te UKM giderim verimi yaklaşık %85 civarında gerçekleşmiştir. Tüm bu veriler ve (4.1) denklemi kullanılarak günlük Metan üretimi Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

$$\boldsymbol{M}\text{Ü} = \boldsymbol{T}YMA \times \boldsymbol{KM} \times \%\, UKM \times \%\, UKM\boldsymbol{G} \times BMP \quad (4.1)$$

Burada;

MÜ: Metan Üretimi

TYMA: Toplam Yemek Atığı Miktarı

UKM: Uçucu Katı Miktarı

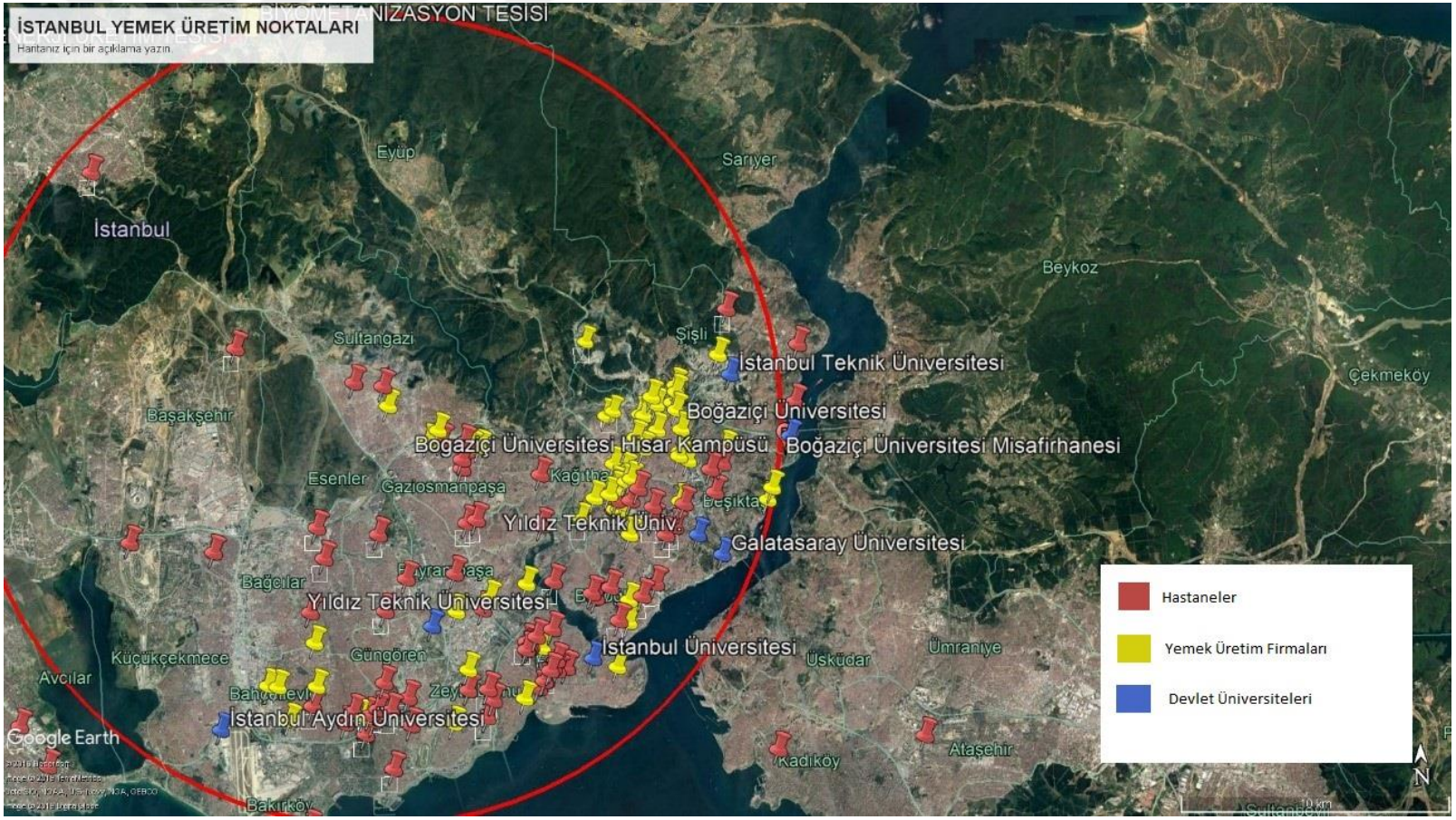
UKMG: Uçucu Katı Miktarı Giderimi

BMP: Biyometan Potansiyeli

Metanın kalorifik değeri 35600 Kj/Nm3'tür ve kojenarasyon ile elektrik üretim verimi %40 alınmaktadır. Elde edilen metan ile 433 kWh elektrik üretimi gerçekleştirilebileceği hesaplanmıştır.

Tablo 4.7 Toplam metan eldesi

Kaynak	Miktar (Ton/gün)	UKM Mikarı (Ton/gün)	UKM Giderimi (Ton/gün)	Metan Üretimi (m3CH4/tonUKM)	Metan Üretimi (m3CH4/gün)
Üniversite Yemekhaneleri (Devlet Üniversiteleri)	7,5	1	1	465	405
Hastaneler (80 yatak üstü kapasiteli)	7,3	1,3	1	533	457
Yemek Üretim (Katering) Firmaları	40,5	5,5	4,6	380	1766
Toplam	56	8,4	7,5	**Toplam**	2628



Şekil 4.4 İstanbul YMA Kaynakları

5
Sonuç ve Öneriler

Miktar çalışması sonucunda yemek hazırlama aşamasında 63 ± 2,5 gram/öğün, servis sonrasında ise 86 ± 1,3 gram/öğün atık oluştuğu görülmüştür. Bu miktarlar küçük ölçekli yemek üretim firmasının tek bir lokasyonda üretim yapması aşamasında elde edilen sonuçlardır. Daha büyük kapasiteli (yaklaşık 5000 öğün/gün üzeri üretim yapan) firmaların yemek hazırlama aşamasında oluşacak atık miktarı daha az olacağı tahmin edilmektedir. Bunun nedeni öğün adedi arttıkça üretim aşamasında makinelerin kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Makinelerle yapılan üretimlerde fire oranı daha düşük olması beklenmektedir. Elde edilen yemek atıklarının karakteristiğine bakıldığında yemek hazırlama atıklarının daha çok pişmemiş ve yeşil atıkların ağırlıklı oldığu görülmektedir. Diğer taraftan sabit kümülatif metan üretimi değerlerine 45-50 gün gibi normalden uzun bir sürede ulaşılması ve bu süre zarfında metan üretiminin birkaç defa hızlanıp yavaşlaması atıkların içinde nispeten yavaş parçalanan organik maddelerin de olduğunu göstermektedir. YMA içeriğinde pişmiş ve çiğ atıkların birlikte bulunduğu, hayvansal ve bitkisel yağlar gibi yavaş parçalanan organik maddelerin olduğu göz önüne alındığında BMP süreçlerindeki olumsuzlukların normal olduğu düşünülmektedir.

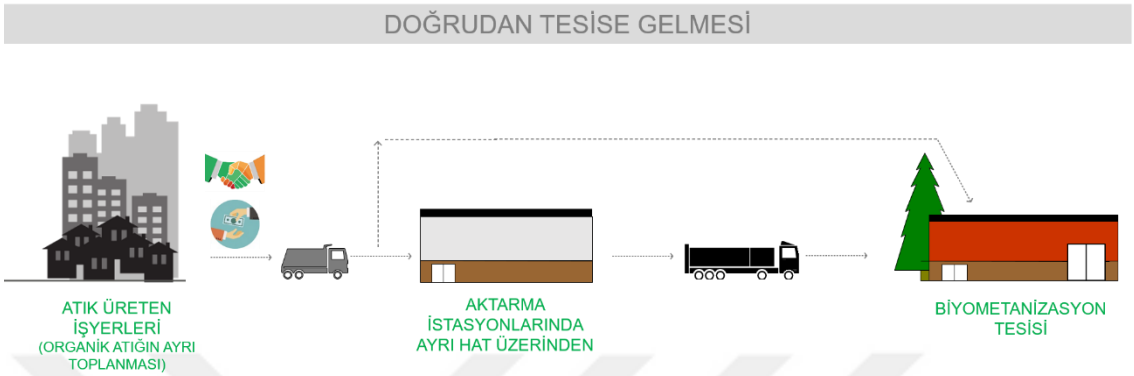
Yemek Mutfak atıklarının BMP sonuçlarına bakıldığında İBB Lojistik'den alınan numuneler hariç diğer atıkların biyo-metan potansiyeli (465-533 m3 CH4/ton-UKM) olarak görülmektedir. Bu değerler (Heo vd.,2004) çalışmasında yemek atıkları için verilen 400-500 Nm3-CH4/ton-UKM aralığında kalmaktadır. Bu atıkların yüksek biyo-metan potansiyeline sahip olmasının nedeni yüksek oranda lipit/yağ içeriyor olması olabilir. Elde edilen sonuçlara göre Yemek hazırlama sonrası veya yemek üretim ve servisin aynı yerde yapıldığı yerlerde ki atıkların, biyogaz elde edilmek için var olan teknolojiler için uygun kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır.

Yemek Üreticileri Derneği tarafından 2015 yılında elde edilen bilgiye göre İstanbul'da yemek üretim firmalarının günlük 2.000.000 öğün yemek üretim kapasitesine sahiptir. Farklı büyüklükteki yemekhanelerin çalışmaya dahil edilmesi durumunda oluşan atık miktarının daha doğru ortaya konulabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca sadece 3 atık üretim lokasyonundan elde edilen YMA potansiyel verileri ile yemek atıklarından enerji elde edilebilecek tesislerin işletilebileceği anlaşılmaktadır. İstanbul gibi büyük bir şehirde sadece atığın yoğun olarak çıktığı kaynaklardan bile elde edilen organik atıklardan tesis veya tesisler kurulabilir. Organik atıkların tüm halk tarafından ayrı toplanması beklenmeden, bu veya benzer kaynaklardan ayrı toplama ile ilgili düzenlemeler yapılabilir. Benzer kaynaklar düşünüldüğünde; Yurtlar, Ceza evleri, Sosyal tesisler, Büyük restorantlar, Market Zincirleri ve Lojistik merkezleri, Gıda fabrikaları, Oteller gibi birçok kaynak bu kapsamda değerlendirilebilir.

Çalışmada hesaplanan atık potansiyelinin doğru ve verimli toplama yöntemleri ile toplanması önemlidir. Organik atıkların bozunması hızlı gerçekleştiği için üretilmesinin üzerinden çok geçmeden toplanmalıdırılar. Toplama işlemi yapılırken organik kaybı yaşanmaması için sızdırmaz toplama araç ve gereçleri kullanılması faydalı olacaktır. Toplama yapılabilecek lokasyon sayısının çokluğu nedeniyle araçların manevra kabiliyeti yüksek 15 ton kapasiteye sahip araçlar olması uygun görünmektedir. Toplama modeli olarak Şekil 5.1 de gösterilen şemaya göre atıklar doğrudan geri kazanım tesisine getirilebilir veya bir aktarma istasyonunda biriktirilerek daha yüksek kapasiteli kamyonlarla taşınablirler. Günlük yaklaşık 60 ton hesaplanan organik atık potansiyeli, örnekte velien iki araç ile günde iki sefer yapılarak toplanabileceği düşünülmekedir. Sabah ve akşam olmak üzere toplama yapılması organik atıkların bekleyerek çürümenin başlaması sonucunda verim kaybını engelleyici bir yöntem olacaktır. Her bir araç için en az 3 personel gerektiğinden toplama işi için 6 personel yeterli olacaktır. Ayrıca her bir lokasyondan atık toplanabilmesi için ayrı çöp konteynerleri tedarik edilmesi gerekmektedir. Yemek mutfak atıklarının yoğunluğu 750 kg/m^3 ölçülmüştür. 60 ton atık için günde iki defa toplama dikkate alındığında 40 m^3 konteyner hacmi

gerekmektedir. 240 litrelik konteynerlerin kullanılması 300 kg'a kadar atığın depolamanmasını sağlayacaktır. Daha fazla atığın oluştuğu noktalarda birden fazla konteyner eklenebilir. Toplamda yaklaşık 170 konteyner gerekmektedir.



Şekil 5.1 YMA toplama modeli

Kaynakça

Chen, Y. M., Zhan, L. T., & Li, Y. C. (2010, November). Development of leachate mounds and control of leachate-related failures at MSW landfills in humid regions. In The 6th International Congress on Environmental Geotechnics, New Delhi (p. 76e98

DEFRA. 2010A review of municipal waste component analyses.

EPA, U. (2014). Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States: facts and figures for 2012. United States Environmental Protection Agency.

FUSIONS, 2016. EU FUSIONS website. https://www.eu-fusions.org/(18.06.2018)

Galanakis, C. M. (Ed.). (2015). Food waste recovery: processing technologies and industrial techniques. Academic Press.

Gunders, D., & Bloom, J. (2017). Wasted: How America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to landfill. New York: Natural Resources Defense Council.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste (pp. 1-38). Rome: FAO.

Hester, R. E., & Harrison, R. M. (Eds.). (2002). Environmental and health impact of solid waste management activities (Vol. 18). Royal Society of Chemistry.

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: a global review of solid waste management (Vol. 15, p. 116). World Bank, Washington, DC.

Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., 2012. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. World Bank, pp. 116. Horwath, W., et al., 2015. Research to Eval

Jones, T. (2004). The value of food loss in the American Household. Bureau of Applied Research in Anthropology, A Report to Tilia Corporation, San Francisco, CA, USA.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Publications.

Komilis, D., Kissas, K., & Symeonidis, A. (2014). Effect of organic matter and moisture on the calorific value of solid wastes: An update of the Tanner diagram. Waste management, 34(2), 249-255.

Lin, C. S. K., Pfaltzgraff, L. A., Herrero-Davila, L., Mubofu, E. B., Abderrahim, S., Clark, J. H., ... & Thankappan, S. (2013). Food waste as a valuable resource for the

production of chemicals, materials and fuels. Current situation and global perspective. Energy & Environmental Science, 6(2), 426-464.

McDougall, F. R., White, P. R., Franke, M., & Hindle, P. (2008). Integrated solid waste management: a life cycle inventory. John Wiley & Sons.

Monier, V., Mudgal, S., Escalon, V., O'Connor, C., Gibon, T., Anderson, G., ... & Morton, G. (2010). Final report–Preparatory study on food waste across EU 27; European Commission [DG ENV–Directorate C]. BIO Intelligence Service, Paris.

Nations, U. (2017). Sustainable Development Goals-17 goals to transform our world.

Neff, R. A., Spiker, M., Rice, C., Schklair, A., Greenberg, S., & Leib, E. B. (2019). Misunderstood food date labels and reported food discards: A survey of US consumer attitudes and behaviors. Waste Management.

Öztürk, İ. (2010). Katı Atık Yönetimi ve ASB Uyumlu Uygulamaları, İSTAÇ A:Ş. Teknik Kitaplar Serisi 2, İstanbul.

Pace, S. A., Yazdani, R., Kendall, A., Simmons, C. W., & VanderGheynst, J. S. (2018). Impact of organic waste composition on life cycle energy production, global warming and Water use for treatment by anaerobic digestion followed by composting. Resources, Conservation and Recycling, 137, 126-135.

Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences, 365(1554), 3065-3081.

Pekcan, G., Köksal, E., Küçükerdönmez, Ö., & Özel, H. (2006). Household food wastage in Turkey. Rome, Italy: FAO.

Salemdeeb, R., zu Ermgassen, E. K., Kim, M. H., Balmford, A., & Al-Tabbaa, A. (2017). Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options. Journal of cleaner production, 140, 871-880.

Scherhaufer, S., Moates, G., Hartikainen, H., Waldron, K., & Obersteiner, G. (2018). Environmental impacts of food waste in Europe. Waste management, 77, 98-113.

Silvennoinen, K., Heikkilä, L., Katajajuuri, J. M., & Reinikainen, A. (2015). Food waste volume and origin: Case studies in the Finnish food service sector. Waste management, 46, 140-145.

Tanner, V. R. (1965). Die Entwicklung der Von-Roll-Müllverbrennungsanlagen (The development of the Von-Roll incinerators). Schweizerische Bauzeitung, 83, 251-260.

Wei, Y., et al., 2017. Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: a critical review. Resour. Conserv. Recycl. 122, 51–65

WRAP, W. (2009). Household food and drink waste in the UK. Report prepared by WRAP. Banbury, UK: WRAP.

Jones, T. (2004). The value of food loss in the American Household. Bureau of Applied Research in Anthropology, A Report to Tilia Corporation, San Francisco, CA, USA.

İstanbul Nüfus Yoğunluk Haritası /https://mapaktif.com/tag/mahalle-bazli-analiz(21.10.2017)

Heo, N. H., Park, S. C., & Kang, H. (2004). Effects of mixture ratio and hydraulic retention time on single-stage anaerobic co-digestion of food waste and waste activated sludge. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 39(7), 1739-1756.

İSTAÇ A.Ş (İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş.)

Yemek Üreticileri Derneği

İstanbul Sanayi Odası

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: mgencosmanogullari@gamil.com

Konferans Bildirileri

Mehmet G., Aynur K., Mevlüt Fatih P., Ömer A. (2018). EurAsia 2018 Waste Management Symposium/Quantification and Qualification of Organic Wastes From Kitchens of Dining Hall