

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TIBBİ ATIKLARIN BERTARAFINDA STERİLİZASYON İŞLEMİ VE  
PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ  
VAN İLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Dilek OKUR  
DANIŞMAN: Dr. Öğretim Üyesi Ayşe ÖZGÜVEN

VAN-2019



T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TIBBİ ATIKLARIN BERTARAFINDA STERİLİZASYON İŞLEMİ VE  
PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ  
VAN İLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Dilek OKUR

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2017-5827No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2019



## KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZGÜVEN danışmanlığında, Dilek OKUR tarafından sunulan "Tıbbi Atıkların Bertarafında Sterilizasyon İşlemi Ve Performans Değerlendirmesi Van İli Örneği" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 18/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DEMİR YETİŞ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Tuba BAYRAM

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZGÜVEN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08.07.2019 tarih ve 2019/48-1. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. G. GENSÖY  
Enstitü Müdürü



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

(Dilek OKUR)





## ÖZET

### TIBBİ ATIKLARIN BERTARAFINDA STERİLİZASYON İŞLEMİ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VAN İLİ ÖRNEĞİ

OKUR, Dilek

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZGÜVEN

Ağustos 2019, 61 sayfa

Bu çalışmada, Van İli Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisinin (TAST) performansını değerlendirmek için karakterizasyon çalışması yapılmıştır. 2017 Kasım- 2018 Ekim tarihleri arasında bir yıl boyunca aylık periyotlarda tıbbi atık sterilizasyon tesisinin çıkış atıksularından alınan numuneler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (SKKY) göre değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, Van ili tıbbi atık sterilizasyon tesisinden alınan atıksu numunelerinde pH, sıcaklık, iletkenlik, KOI, AKM, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P ve ağır metal (Hg, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) analizleri yapılmıştır. pH 7,26-8,07, sıcaklık 22-25°C, iletkenlik 109-182 µS/cm, KOI 200-900 mg/L, AKM 12-86 mg/L, NO<sub>2</sub>-N 0,4 -1,0 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 1.5-8.3 mg/L, NH<sub>4</sub>-N 11-25 mg/L ve PO<sub>4</sub>-P 4,5-7,3 mg/L aralığında bulunmuştur. Ağır metal konsantrasyonlarının SKKY' de belirtilen sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyolojik analizler membran filtrasyon yöntemine göre yapılmıştır. 24-48 saat süre ile bekletilen atıksu numunelerinde herhangi bir faaliyet gözlenmemiştir. Ayrıca TAST katı atıklarının ağır metal açısından liç karakteristikleri incelenmiştir. TAST atıksuları organik kirletici maddeler içermekte olup, KOI değeri bazı aylarda sınır değeri aşmıştır ve yerinde arıtma gerektirmektedir. Bu nedenle SKKY' de belirtilen deşarj standartlarını karşılamak için TAST atık sularına ön arıtma (koagülasyon, flokülasyon vb.) işlemi uygulanmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** Liç, Sterilizasyon tesisi, Tıbbi atık, Van



## ABSTRACT

### STERILIZATION PROCESS AND PERFORMANCE EVALUATION IN DISPOSAL OF MEDICAL WASTES A CASE OF VAN PROVINCE

OKUR, Dilek

M. Sc. Thesis, Environmental Engineering Department

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Ayşe ÖZGÜVEN

August 2019, 61 pages

In this study, characterization study was performed to evaluate the performance of Medical Waste Sterilization Plant (MWSP) in Van. From November 2017 to October 2018, samples taken from the effluent from the medical waste sterilization facility for a period of one year were evaluated according to the Water Pollution Control Regulation (WPCR). In the scope of the study, pH, temperature, conductivity, COD, SS, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P and heavy metal analyzes (Hg, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) were carried out in wastewater and solid waste samples taken from the medical waste sterilization facility in Van. pH 7.26-8.07, temperature 22-25°C, conductivity 109-182 µS/cm, COD 200-900 mg/L, suspended solids 12-86 mg/L, NO<sub>2</sub>-N 0.4-1.0 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 1.5-8.3 mg/L, NH<sub>4</sub>-N 11-25 mg/L and PO<sub>4</sub>P were in the range of 4.5-7.3 mg/L. Heavy metal concentrations were found to be lower than the limit values given in the WPCR. Microbiological analyzes were performed according to membrane filtration method. No activity was observed in the samples that were kept for 24-48 hours. In addition, leaching characteristics of solid wastes of MWSP in terms of heavy metal were investigated. MSWP wastewater contains organic pollutants, the COD value has exceeded the limit in some months and requires on-site treatment. Therefore, pre-treatment (coagulation, flocculation, etc.) should be applied to TAST wastewater in order to meet discharge standards specified in WPCR. in order to meet the discharge standards specified in the water pollution control regulation, MSWT wastewater should be pre-treated.

**Keywords:** Leache, Medical Waste, Sterilization facility, Van,



## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında çalışma süresi boyunca sabırla yardımını ve ilgisini esirgemeyen kıymetli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZGÜVEN' e, bilgileri ve destekleriyle yol gösteren Bitlis Eren Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DEMİR YETİŞ' e güleryüzü ve sakin konuşmalarıyla beni her zaman motive eden aynı zamanda bilgilerini benden esirgemeyen Çevre Mühendisliği bölümünden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuba BAYRAM hocama, bilgileriyle beni aydınlatan ve yol gösteren Maden Mühendisliği bölümünden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TÜRKMENOĞLU' na teşekkür ederim.

Ayrıca tezim ile ilgili her türlü bilgi ve belgeyi sağlamama yardımcı Van Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı ve tıbbi atık tesisi çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince benden desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.

2019

Dilek OKUR



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖN SÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Katı Atıklar .....	2
1.1.1. Evsel katı atıklar .....	3
1.1.2. Endüstriyel nitelikli katı atıklar .....	3
1.1.3. Özel atıklar.....	3
1.1.4. Tıbbi atıklar.....	3
1.2. Tıbbi Atıkların Çevresel Etkileri .....	7
1.3. Tıbbi Atık Yönetimi .....	8
1.4. Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemleri .....	10
1.4.1. Termal bertaraf yöntemi (yakma).....	12
1.4.2. Kimyasal bertaraf yöntemi .....	13
1.4.3. Mikrodalga ile yakma yöntemi.....	13
1.4.4. Yüksek ısılu buhar ile dezenfeksiyon yöntemi.....	14
1.4.5 Kuru ısı ile dezenfeksiyon yöntemi .....	14
1.4.6. Hidroklav yöntemi .....	15
1.4.7. Rotoklav yöntemi.....	15
1.4.8. Otoklav yöntemi .....	15

	<b>Sayfa</b>
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	23
3.1. Materyal.....	23
3.1.1 Van ili tanıtımı .....	23
3.1.2. Tıbbi atıkların Van ilinde bertaraf edilmesi.....	24
3.1.3. Sondan parçalama otoklav sistemi .....	28
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Tıbbi atıkların ayrılması ve toplanması.....	32
3.2.2. Atıkların tesise getirilmesi .....	33
3.2.3. Sterilizasyon aşaması .....	34
3.2.4 Karakterizasyon parametreleri.....	38
3.2.4.1. pH.....	38
3.2.4.2. İletkenlik.....	38
3.2.4.3. Askıda katı madde.....	38
3.2.4.4. Kimyasal oksijen ihtiyacı.....	39
3.2.4.5. Fosfat tayini.....	39
3.2.4.6. Amonyum tayini.....	39
3.2.4.7. Nitrit tayini.....	39
3.2.4.8. Nitrat tayini.....	40
3.2.4.9. Mikrobiyolojik analizler.....	40
3.2.4.10 . Katı atık nem tayini ve eluat( özütleme).....	40
3.2.4.11. Ağır metal analizleri.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	43
4.1. Atıksu Kaynakları ve Karakterizasyonu .....	43
4.1.1. Nem içeriği.....	45
4.1.2. pH.....	46
4.1.3. Sıcaklık.....	46



	<b>Sayfa</b>
4.1.4. İletkenlik.....	47
4.1.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı.....	48
4.1.6. Askıda katı madde.....	49
4.1.7. NH <sub>4</sub> -N.....	49
4.1.8. PO <sub>4</sub> -P.....	51
4.1.9. NO <sub>2</sub> -N ve NO <sub>3</sub> -N .....	51
4.1.10. Ağır metaller .....	53
4.1.11. Mikrobiyolojik analizler.....	54
4.1.12. Eluat analizleri.....	55
5. SONUÇ.....	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZ GEÇMİŞ.....	63



## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1. 1. Bazı Ülkelerin Yatak Başına Düşen Tıbbi Atık Üretim Oranları .....	6
Çizelge 1. 2. Türkiye’ de sektörlere göre tıbbi atık miktarları .....	6
Çizelge 1. 3. Biyomedikal ve sağlık kuruluşları atıkları . .....	9
Çizelge 1. 4. Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atıkların Sınıflandırılması .....	10
Çizelge 1. 5. Bertaraf yöntemine göre bazı illerin tıbbi atık miktarı.....	16
Çizelge 1. 6. Sistemlerin avantaj ve dezavantajları .....	17
Çizelge 3.1. Van İli sağlık kuruluşları ve atık istatistikleri.....	27
Çizelge 4.1. TAST Atıksularındaki Kirletici Parametreler için Deşarj Limitleri ve Analiz Değerleri.....	44
Çizelge 4.2. TAST atıksu analizine ait değerlerin ortalaması, Van.....	45
Çizelge 4.3. TAST atıksularındaki ağır metal konsantrasyonları ve deşarj limitleri...	53
Çizelge 4.4. Atıksu numunesi mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	54
Çizelge 4.5. Literatürdeki TAST atıksuları karakterizasyon sonuçlarının karşılaştırılması.....	55
Çizelge 4.6. Tıbbi atıkların günlük eluat konsantrasyonlarından TAKY’ ye göre belirlenen atık sınıfları.....	56



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Geçici Atık Deposu. ....	25
Şekil 3.2. Tesisin genel görüntüsü.....	25
Şekil 3.3. Sistem çıktısı örneği .....	26
Şekil 3.4. Van ilinde sağlık kurumlarında yatak başına düşen kişi sayısı, 2017 .....	27
Şekil 3.5. Sterilizasyon ünitesine konulmak üzere hazırlanmış atıklar ve sterilizasyon ünitesi.....	29
Şekil 3.6. Sterilizasyon sonrası kullanılan kırıcı ünitesi.....	30
Şekil 3.7. Sterilizasyon ünitesi kontrol paneli .....	30
Şekil 3.8. Kırıcı ünitesi kontrol paneli.....	31
Şekil 3.9. Tıbbi Atık Toplama aracı .....	33
Şekil 3.10. Van Tıbbi Atık Tesisi İş Akım Şeması .....	34
Şekil 3.11. Biyolojik indikatör kiti .....	37
Şekil 3.12. Kimyasal indikatör kiti.....	37
Şekil 4.1. TAST atıklarının nem içeriğinin aylara göre değişimi.....	45
Şekil 4.2. TAST atıksularına ait pH değerlerindeki değişim.....	46
Şekil 4.3. TAST atıksularındaki sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi.....	47
Şekil 4.4. TAST atıksularındaki iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimi.....	47
Şekil 4.5. TAST atık Sularındaki KOI konsantrasyonlarının aylara göre değişimi .....	48
Şekil 4.6. TAST atık sularındaki AKM konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.....	49
Şekil 4.7. TAST atıksularındaki NH <sub>4</sub> -N konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.....	50
Şekil 4.8. TAST atıksularındaki PO <sub>4</sub> -P konsantrasyonlarının aylara göre değişimi .....	51

**Şekil****Sayfa**

Şekil 4.9. TAST atık sularındaki NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.... 52

Şekil 4.10. TAST atıksularındaki NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonlarının aylara göre değişimi... 52



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>AKM</b>	Askıda Katı Madde
<b>TAST</b>	Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi
<b>SKKY</b>	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
<b>KOI</b>	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>WHO</b>	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
<b>EPA</b>	Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
<b>MEB</b>	Milli Eğitim Bakanlığı
<b>UNEP</b>	Birleşmiş Milletler Çevre Programı ( The United Nations Environment Programme)
<b>TÜİK</b>	Türkiye İstatistik Kurumu
<b>HIV</b>	İnsan İmmün Yetmezlik Virüsü (Human Immunodeficiency Virus)
<b>AIDS</b>	Edinilmiş Bağışıklık Eksikliği Sendromu ( Acquired Immune Deficiency Syndrome )
<b>TKY</b>	Tıbbi Atık Kontrolü Yönetmeliği
<b>TAKY</b>	Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
<b>P.S.İ.</b>	Pounds per square inch (inç kare başına pound)
<b>EMS</b>	En Muhtemel Sayı
<b>TEQ</b>	Toxic Equivalent Quantity (Toksik Eşdeğer Miktar)
<b>E. Coli</b>	Escherichia coli
<b>Hg</b>	Cıva
<b>Al</b>	Alüminyum
<b>As</b>	Arsenik
<b>Cd</b>	Kadmium
<b>Co</b>	Kobalt

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklma</b>
<b>Cr</b>	Krom
<b>Cu</b>	Bakır
<b>Ni</b>	Nikel
<b>Pb</b>	Kurşun
<b>Zn</b>	Çinko
<b>NO<sub>2</sub>-N</b>	Nitrit Azotu
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>	Nitrat Azotu
<b>PO<sub>4</sub>-P</b>	Fosfat Fosforu
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Su
<b>CO</b>	Karbonmonoksit
<b>°C</b>	Santigrat derece
<b>nm</b>	Nanometre
<b>dk</b>	Dakika
<b>kPa</b>	Kilopaskal
<b>°F</b>	Fahrenayt
<b>Nm<sup>3</sup></b>	Normal metreküp
<b>ng</b>	Natural gas
<b>ClO<sub>2</sub></b>	Klordioksit
<b>µs</b>	Mikrosiemens
<b>m</b>	Metre
<b>COD</b>	Chemical oxygen demand (Kimyasal oksijen ihtiyacı)
<b>mm</b>	Milimetre
<b>rpm</b>	Revolutions Per Minute (dakikadaki devir sayısı)
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	Amonyum Azotu
<b>BOI</b>	Biyolojik oksijen ihtiyacı
<b>m</b>	Metre
<b>L</b>	Litre
<b>MWSP</b>	Medical Waste Sterilization Plant



## 1. GİRİŞ

Çevre sorunları genel olarak en fazla tartışılan konuların başında gelmektedir. Nüfus yoğunluğu ve teknolojinin çevreye zarar verecek düzeyde ilerlemesiyle insanoğlu, doğa ile olan ilişkilerinin bozulduğunun farkına varmıştır. Teknolojik ilerlemeyle insanların hayat standartları artmakta ve buna bağlı olarak üretilen atıklar orantılı olarak artmaktadır.

Katı atıklardan meydana gelen çevre sorunlarının çözümlenmesinde veya doğa dengesinin sağlanmasında katı atıkların geri dönüşümü önem arz etmektedir. Günümüzde atık yönetiminde bir öncelik sıralaması yapılmaktadır. Bu önceliklerin en önemlisi katı atık miktarını azaltarak, katı atıkların geri dönüşümünü sağlamaktır (Erkuş ve ark., 2018).

Tehlikeli atıklar 1980'lerin başında ilk kez ABD'de tanımlanmaktadır. Bu tanım insan sağlığına ve çevreye zarar veren tüm maddeleri kapsamaktadır. Sanayileşmiş toplumların çoğunda, çevreyi korumak için çeşitli zararlı madde emisyonlarını düzenleyen yasalar vardır. Birçok ülkede, WHO ve EPA standartları kullanılmaktadır (Marinkovic ve ark., 2007).

Nüfusun artması ve sanayileşme ile birlikte katı atıklar ve buna paralel olarak da tıbbi atıklar hızlı bir şekilde artmış ve bu durum önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir (Albayrak ve ark., 2009). Gelişmekte olan ülkelerde sağlık tesislerinde atık üretimi ve atık yönetim metodlarının uygunsuz kullanımı endişe oluşturmaktadır. Atıkların uygunsuz bertarafı çevre ve halk sağlığı için olumsuz etkilere yol açmaktadır. Dünya genelinde sağlık tesislerinde büyük miktarlarda bulaşıcı ve tehlikeli atıklar üretilmektedir. Bununla birlikte ekonomik olarak gelişmekte olan pek çok ülkede, atık yönetmelikleri yetersiz kalmaktadır (Diaz ve ark., 2005).

Gelişmekte olan ülkelerde sağlık tesislerinde üretilen atıklar, uygun olmayan bertaraf uygulamaları sebebiyle ciddi endişelere sebep olmaktadır. Hastaneler, klinikler, laboratuvarlar, veteriner klinikleri ve daha birçok sağlık kuruluşundaki tıbbi atıkların bertaraf edilmesi gerekmektedir. Tıbbi atıklar patojen maddeler içerdiğinden tehlikeli atıkların büyük bir bölümünü oluştururlar. Bu atıkların toplanması ve bertaraf edilmesi, kamu ve çevre sağlığı için sağlık riskleri oluşturduğundan büyük önem taşımaktadır (Birpınar ve ark., 2009).

Tıbbi atıkların bertaraf edilmesi ülkemizde ve dünyada çevreye verebileceği tehlikeler için acilen müdahale edilmesi gereken ciddi bir problemdir. Ancak problemin çözümü strateji gerektiren çok boyutlu bir yaklaşımdır (Faikoğlu, 2007).

Bu çalışmada Van Büyükşehir Belediyesi kontrolünde kurulmuş olan tıbbi atık tesisi baz alınarak, Van İli için tıbbi atık kompozisyonu ve bertaraf yöntemi incelenmiştir. Ayrıca yönetsel olarak da incelenmiş olan tıbbi atıkların sterilizasyon prosesinde; kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizler yapılmış ve sonuçlar ilgili yönetmeliklerdeki sınır değerlere göre değerlendirilmiştir.

### **1.1. Katı Atıklar**

Katı atıklar genel olarak, sıvı içermeyen, insan ve çevre sağlığına zarar vermeden bertarafı sağlanması gereken işe yaramayan maddelere denir. Katı atıkların insan ve çevre sağlığı üzerinde oluşturduğu problemler, bunların gelişigüzel açık arazide depolanmasından kaynaklanmaktadır. Katı atıkların depolanırken belirli bir kurallar çerçevesinde toplanması, taşınması ve depolanması veya bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Sosyoekonomik ve coğrafi konum, mevsim şartları, atığın toplanma ve depolanma metotları ve sınıflandırma yöntemlerine bağlı olarak, katı atığın içeriği değişiklik gösterebilmektedir (MEB, 2011).

Katı atıkları kaynaklarına göre şu şekilde sınıflandırabiliriz:

- 1-Evsel katı atıklar
- 2-Endüstriyel nitelikli katı atıklar
  - a. Tehlikeli atıklar
  - b. Evsel nitelikli endüstriyel atıklar
- 3-Tıbbi atıklar
- 4-Özel nitelikli katı atıklar

### **1.1.1. Evsel katı atıklar**

Günlük faaliyet sonrası üretilen zararlı özellik taşımayan, artan ve atılan atıklardır. Yiyecek, ambalaj ve yakacak atıkları bunlardan bazılarıdır.

Evsel atıklar, hastalığa sebep olan taşıyıcı organizmalar için bir üreme ortamı oluşturmaktadır. Büro, okul, pazar yeri, tarımsal faaliyetler, bitki ekim ve hasat sonucu çıkan atıklar örnek olarak gösterilebilir (MEB, 2011).

### **1.1.2. Endüstriyel nitelikli katı atıklar**

Endüstriyel faaliyetler sırasında ve sonrasında oluşan atıklardır. Endüstriyel atık yönetimi, geri kazanım ve arıtım uygulamaları için önem arz etmektedir (Marin ve Yıldırım,2004).

### **1.1.3. Özel atıklar**

Diğer atıklara göre farklı yöntemlerle işlem görmesi gereken atıklardır. Radyoaktif atıklar, piller, arıtma çamurları, temizleyiciler, bazı yakma fırınlarından kaynaklanan küller ve piller özel atık olarak değerlendirilmektedir.

### **1.1.4. Tıbbi atıklar**

Hastaneler ve diğer sağlık birimleri, diş merkezleri, laboratuvarlar, araştırma enstitüleri, kan toplama merkezleri gibi tıbbi merkezler tarafından üretilen atıklar ve hayvan test merkezleri tıbbi atık olarak kabul edilmektedir (Yeşilyurt, 2015).

EPA ise tıbbi atıkları, canlıların iyileştirme, aşı ve tanı konulması sırasında oluşan atıklar olarak tanımlamıştır.

Sağlık merkezi tarafından üretilen atıkların %70 ila %85'i, risk taşımayan atıklardır. WHO ve EPA sağlık atıklarının geri kalan %15-20' sini tehlikeli ve özel atık olarak tanımlamaktadır (Taghipour ve Mosafere, 2008).

Tıbbi atıklar; su, hava ve toprakta çevre kirliliğine sebep olabilen ve canlı sağlığı için tehlike oluşturabilen hastalıklara yol açan çeşitli patojenleri taşımaktadır. Tıbbi

atıkların bertaraf işleminden kaynaklanan ağır metaller ve diğer kirleticiler, çevreye zarar verecek konsantrasyonlarda ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilmektedir (Jiang ve ark., 2012).

Tıbbi Atıklar; tıbbi tesislerde (hastaneler, sağlık ocakları v.b), araştırma birimlerinde ve laboratuvarlarda oluşan tüm atıkları içermektedir. Ayrıca evlerde tıbbi işlemler sonucunda meydana gelen atıkları da kapsamaktadır.

Atıkların Sınıflandırılması:

- *Enfeksiyöz atıklar*: Enfeksiyona neden olan maddelerin yayılmasını engellemek amacıyla taşınma ve bertaraf işlemleri sırasında özel uygulama ihtiyacı bulunan atıklardır.

1.Tip: Mikrobiyolojik laboratuvar atıkları (kültür ve stoklar, bulaşıcı vücut atıkları, diğer laboratuvar atıkları, lam, pipet, petri vb.)

2.Tip: Kan, kan ürünleri ve bunlarla kontamine olmuş nesnelere,

3.Tip: Kullanılmış ameliyat giysileri (kumaş, önlük, eldiven vb.)

4.Tip: Diyaliz atıkları (atıksu ve ekipmanlar)

5.Tip: Karantina atıkları

6.Tip: Bakteri ve virüs içeren hava filtreleri

7.Tip: Enfekte deney hayvanları leşleri, organ parçaları ve bunlarla temas eden maddeler

- *Patolojik atıklar*: Ameliyat ve otopsi gibi cerrahi müdahale sırasında ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zararlı maddelerden oluşmaktadır (ameliyathaneler, otopsi, adli tıp gibi yerlerden kaynaklanan vücut parçaları, deneylerde kullanılan hayvan leşleri).
- *Kesici delici atıklar*: Yaralanmalara sebep olan atıklar (enjektör iğnesi, bisturi, lam-lamel) olarak ayrılmıştır (TMEF, 2005).
- *Farmasötik atıklar*: Son kullanma tarihi geçmiş, ambalajı bozulmuş, ilaçlar, aşı, serum ve diğer farmasötik ürünler, kullanılmış eldivenler, hortumlar, şişeler ve kutulardan oluşmaktadır (Faikoğlu, 2007).
- *Genotoksik atıklar*: Oldukça tehlikeli ve mutajenik özelliklere sahip olan atıklardır. Genotoksik atıklar; sitostatik ilaçlarla tedavi edilen hastaların kusmuk, idrar veya dışkıları, kimyasallar ve radyoaktif maddeleri içermektedir. Bu kategorideki temel

maddeler bazı hücrelerin büyümesini durdurma veya öldürme yeteneğine sahiptir ve kanser kemoterapisinde kullanılır (MEB, 2011).

- *Kimyasal atıklar:* Sağlık hizmetleri nedeniyle oluşan kimyasal atıklar tehlikeli veya tehlikesiz olabilir. Kimyasal atıklar toksik, korozif, yanıcı, genotoksik (sitotoksik ilaçlar vb.) özelliklerine sahipse tehlikeli olarak kabul edilmektedir.
- *Ağır Metal İçeren Atıklar:* Bu atıklar, tehlikeli kimyasal atıkların bir alt kategorisi olmakla beraber genellikle toksiktir (MEB, 2011). Ünitelerde tıbbi alanlarda kullanılan gazları bulunduran silindirler, basınçlı kaplar örnek verilebilir (Faikoğlu, 2007).

Ülkemizde nüfusun artmasına ve sağlık kuruluşlarına paralel hastane atıklarının miktarı da hızla artmaktadır. Ek olarak günümüzde bazı hastalıkların artması, plastik enjektörler gibi malzemelerin kullanımı artırmış, bu da tıbbi atıkların üretim miktarının artmasına sebep olmuştur (Küçükşahin ve ark., 2008). Tıbbi atıkların önemli kaynakları; hastaneler, sağlık merkezleri, araştırma laboratuvarları, otopsi merkezleri, kan nakli ve hemodiyaliz merkezleri, bakım evleri ve morglardır (Tepe ve ark., 2015).

Hastane atıklarında farmösotik, patolojik, enfekte ve radyoaktif atıklar bulunması sebebiyle bu atıkların genel atıklardan ayrı olarak toplanması gereklidir. Hastane atıklarının gelişigüzel depolanması sonucunda bu alanlardan yayılan toz, sızıntı suları ve gazlar enfeksiyon hastalıklarının yayılmasına neden olmaktadır ve bazı toksik kimyasallar çevresel ortamlara kadar ulaşmaktadır (Tutar, 2004).

Türkiye'deki özel ve devlet hastane sayılarının giderek artışı tıbbi atık miktarında da bir artışa yol açmaktadır. Çevre ve Orman Bakanlığı tıbbi atıkların işlenmesi ve doğru kullanımını sağlamak amacıyla yönetmelikler geliştirmesine rağmen halen uygulama aşamasında düzenlemelere ihtiyaç vardır. Türkiye' de tıbbi atık yönetimi ile ilgili ilk yasa 1993'de yayınlanmıştır (Birpınar ve ark., 2008).

Çizelge 1.1. de bazı ülkelerin yatak başına günlük olarak üretilen tıbbi atık üretim miktarları verilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde üretilen atık miktarının arttığı saptanmıştır.

Çizelge 1. 1. Bazı Ülkelerin Yatak Başına Düşen Tıbbi Atık Üretim Oranları (Aydemir, 2017)

Ülkeler	Yatak/kg-gün (%)	Çalışma/Referans
Nepal	0,53	(UNEP, 2012: 25)
İran	1,04	(Taghipour ve Mosaferi, 2009:1531)
Vietnam	1,42	(Taghipour ve Mosaferi, 2009:1531)
Türkiye	1,53	2012 yılı Sağlık Bakanlığı verileri
Sırbistan	1,92	(Emenike, 2010:5)
Pakistan	2,07	(UNEP, 2012: 23)
Birleşik Krallıklar	3,30	(Emenike, 2010:5)
Kuveyt	4,10	(Emenike, 2010:5)
Kanada	4,40	(Emenike, 2010:5)
ABD	4,40	(Emenike, 2010:5)

Sağlık Bakanlığının 2014 verisine göre ülkemizde toplam hastane sayısı 1.498 adet, 2016 verilerine göre ise 1527 adettir. Yatak sayısı 206.836 adettir. Sektöre göre sağlık kuruluşu sayısı, tıbbi atık miktarları ve hasta başına düşen ortalama tıbbi atık miktarı Çizelge 1.2 de verilmektedir.

Çizelge 1. 2. Türkiye' de sektörlere göre tıbbi atık miktarları (TUİK, 2016)

	Sağlık kuruluşu sayısı			Tıbbi atık miktarı (kg)			Hasta başına ortalama tıbbi atık miktarı (kg/kişi)		
	2012	2014	2016	2012	2014	2016	2012	2014	2016
Toplam	1.449	1.498	1.527	68.928.799	74.495.046	81.024.269	0,20	0,19	0,18
Sağlık Bakanlığı	869	894	887	37.303.772	38.752.842	41.632.187	0,14	0,13	0,12
Hastaneleri									
Özel Hastaneler	515	538	567	16.542.342	18.910.552	21.465.033	0,27	0,28	0,30
Üniversite Hastaneleri	65	66	73	15.082.685	16.831.652	17.927.049	0,56	0,53	0,49

2016 yılında 81.024 ton tıbbi atık bertaraf edilmiştir. 2014 yılında 48 ilde sterilizasyon tesisi ve 3 ilde yakma tesisi kurulu iken 2016 yılında sterilizasyon tesisi sayısı 56'ya ulaşmıştır. Hali hazırda, 26 il tıbbi atıklarını en yakın lokasyonda bulunan sterilizasyon tesisine göndermektedir.

Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planında Türkiye genelinde oluşması tahmin edilen tıbbi atık miktarları hesaplanarak, ihtiyaç duyulacak tesis kapasiteleri belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalara göre 2023 yılında yaklaşık 138.000 ton tıbbi atığın oluşacağı tahmin edilmektedir. Türkiye genelindeki mevcut sterilizasyon tesisi kapasitelerinin 2023 yılı sonuna kadar yeterli olacağı ve ilave tesis yatırımına -istisnai durumlar haricinde- ihtiyaç duyulmayacağı öngörülmüştür. Bu kapsamda, 2023 yılı sonuna kadar toplanacak tıbbi atığın mevcut tesislerde sterilize edilerek zararsız hale getirilmesi düşünülmektedir.

## 1.2. Tıbbi Atıkların Çevresel Etkileri

Tıbbi atıklar, hastalık yapıcı maddeler içerdiklerinden dolayı doğrudan veya dolaylı olarak haşere, kemirgen ve diğer canlılar için beslenme ve üreme kaynağı olması nedeniyle çevre sağlığını olumsuz etkilemektedir (Kaptanoğlu ve ark., 2014).

Tıbbi atıkların vermiş olduğu zararlar insan nüfusunun nispeten küçük ve göçebe olduğu bir dönemde önemli bir sorun olmamakla beraber kentleşmeyle ve büyük toplulukların büyümesiyle ciddi bir sorun haline gelmiştir. Ortaçağda, patojenlerle kirlenmiş suyla ilgili salgınlar, Avrupa nüfusunun azalmasına ve koleranın yaygınlaşmasına sebep olmuştur (Giusti, 2009).

Enfekte atıkların vücuda bulaşmasıyla ve enfekte olmuş kesici materyaller ile yaralanmalarla, HIV ve Hepatit B ve C virüslerinin sebep olduğu hastalıklar meydana gelmektedir. Yetersiz bertaraf şartlarında *Escherichiacoli* gibi patojen bakterilerin canlı kaldığı görülmektedir. Bu bakterilerin solunum yolu, göz ve deri hastalıkları, Hepatit A, B ve C, AIDS, menenjit ve çeşitli ateşli hastalıklara neden olduğu bilinmektedir. Tıbbi atıklar içerisinde az miktarda bulunan kimyasal içerikli atıklar, toksik, korozif, yanıcı, özellikler taşımaktadır ve etki sonucunda zehirlenmelere, deri ve göz tabakasında

zararlara neden olmaktadır. Farmasötik atıkların bertarafında oluşan su kirliliği ekosistem üzerinde olumsuz etki meydana getirmektedir (Çobanoğlu ve Aydoğdu, 2014).

### 1.3. Tıbbi Atık Yönetimi

Tıbbi atıkların yönetimi genellikle dünyadaki ülkeler için özellikle çevreye verebileceği tehlikeler açısından hayati bir sorun teşkil etmektedir. Mevcut tıbbi atık arıtma metotlarının çoğu uygun maliyetli veya çevresel olarak kabul edilebilir değildir. Tıbbi atıkların yanlış yönetimi yalnızca klinik tesislerde yer alan insanları etkilemez aynı zamanda çevresel olarak da yıkıcı etkilere neden olabilir (El- Haggar, 2007).

Uygun atık yönetim stratejileri geliştirmek için atık bileşimini karakterize etmek önemlidir. Tıbbi atık miktarı sağlık tesisinin büyüklüğu, tıbbi atıkların kaynağa ayrılması ve tıbbi faaliyetler gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Jang ve ark., 2005).

Sağlık tesislerindeki tıbbi atıkların yönetimi, tıbbi atıkların oluşumundan bertarafına kadar geçen süreci kapsamaktadır. Atık yönetim stratejisinde temel amaç, zararsız şekilde atıkların ekonomik olarak toplanması, ayrılması, tekrar kullanılması, geri dönüştürülmesi ve güvenli bir şekilde bertaraf edilmesidir (Koçer ve Gözegir, 2018).

WHO' a göre "sağlık kuruluşları ve laboratuvarlar tarafından oluşturulan tüm atıklar ile evde yapılan tıbbi bakım (dializ, insülin enjeksiyonları) esnasında üretilen atıklar tıbbi atıklar" olarak tanımlanmaktadır. İngiltere atık mevzuatına göre ise bu atıklar "hasta bakımı, veteriner, farmasötik ve benzeri uygulamalar, tedavi bakım, eğitim ve araştırma veya kan toplama işlemlerinden kaynaklanan temas edildiğinde enfeksiyona neden olan her türlü atık" şeklinde tanımlanmaktadır (Aydoğan ve ark., 2010).

TKY' e göre ise tıbbi atıklar "hastane, klinik gibi sağlık kuruluşlarından kaynaklanan enfeksiyöz, patolojik ve kesici- delici atıklardır." Bu yönetmeliğe göre tıbbi atıkların diğer atıklardan ayrı işlem görmesi belediyelerin, denetim ve yaptırımını ise bakanlık sorumluluğundadır.



Ülkemizde TKY ilk defa 20/05/1993 tarih ve 21586 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (TKY, 2017).

WHO, Basel Sözleşmesi Sekretaryası ve AB tarafından yürütülen çalışmalarda tıbbi atıklar için farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Basel Sözleşmesi Sekretaryası tarafından hazırlanan “Biyomedikal ve Sağlık Kuruluşları Atıklarının Çevreyle Uyumlu Yönetimi Teknik Kılavuzu’na göre biyomedikal ve sağlık kuruluşları atıklarının sınıflandırılması ile birlikte, sağlık sektöründeki uygulamalara göre özelleştirilmiştir. Buna göre biyomedikal ve sağlık kuruluşları atıkları Çizelge 1.3. ' de verilen gruplara ayrılmaktadır.

Çizelge 1. 3. Biyomedikal ve sağlık kuruluşları atıkları (Aydoğan ve ark., 2010).

	Sağlık kuruluşları atıkları (evsel)
<b>A</b>	Evsel belediye atıkları
	Önem gerektiren sağlık kuruluşları atıkları
	İnsan atıkları
	Kesici ve deliciler
<b>B</b>	Farmasötik atıklar
	Sitotoksik atıklar
	Kan ve vücut sıvı atıkları
	Bulaşıcı Atıklar
<b>C</b>	Bulaşıcı hastalığı olan hastaların kan veya diğer vücut sıvıları ile kontamine olmuş ekipmanlar
	Laboratuvar atıkları
<b>D</b>	Diğer tehlikeli atıklar
	Solventler, kimyasallar, piller, çözeltiler vb.
<b>E</b>	Radyoaktif atıklar

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren TKY' inde ise sağlık kuruluşlarından kaynaklanan tıbbi atıkların sınıflandırılması Çizelge 1.4.' de verilmiştir.

Çizelge 1. 4. Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atıkların Sınıflandırılması (Aydoğan ve ark., 2010).

TIBBİ ATIKLAR		
Enfeksiyöz Atıklar	Patolojik Atıklar	Kesici Atıklar
<p>Enfeksiyöz maddelerin yayılmasını engellemek amacıyla taşınması ve bertarafı özel işlem gerektiren atıklar;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikrobiyolojik laboratuvar atıkları</li> <li>• Kültür ve stoklar</li> <li>• Enfeksiyöz vücut sıvıları</li> <li>• Kullanılmış ameliyat giysileri( önlük ve eldiven vb.)</li> <li>• Diyaliz atıkları</li> <li>• Enfekte deney hayvanı leşleri, organ parçaları</li> </ul>	<p>Tıbbi işlemler sırasında ortaya çıkan vücut sıvıları:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ameliyathaneler, vücut parçaları,</li> <li>• Biyolojik deneylerde kullanılan hayvan leşleri</li> <li>• Otopsi atıkları</li> </ul>	<p>Batma, delme gibi yaralanmalara neden olabilecek atıklar,:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İğne içeren tüm kesiciler, bisturi, lam-lamel cam</li> </ul>

1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişme Konferansı'nda kabul edilen Yerel Gündem 21 kapsamında atık yönetimi için atık üretiminin önlenmesi ve azaltılması, geri dönüşümünün sağlanması, çevre ile uyumlu yöntemlerle bertaraf ve diğer atıkların düzenli depolama tesislerinde bertarafının sağlanması gibi bir takım önlemler tavsiye edilmektedir. Bu prensip ve tavsiyeler sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar için de geçerlidir. Tıbbi atıkların yönetiminde tıbbi atık üretiminin en aza indirilmesi, oldukça önemlidir.

Tıbbi atıklardan kaynaklanan sorunların en aza indirilebilmesi için aşağıda belirtilen çeşitli önlemler mevcuttur (Topkaya, 2006).

- Tıbbi atıkların kaynağında azaltılması
- Geri kazanımı mümkün materyalin tıbbi atıklardan ayrılması
- Atık bileşenlerinin geri dönüşümü
- Bulaşıcı ve tehlikeli atıkların bertaraf edilmesi

#### 1.4. Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemleri

Hastane atıklarının herhangi bir işleme tabi tutulmadan depolanması çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu atıklardan kaynaklanan sızıntı suları, gazlar ve tozlar bulaşıcı hastalıklarının yayılmasına, aynı zamanda radyasyon ve bazı tehlikeli kimyasalların çevresel ortamlara ulaşmasına da sebep olmaktadır (Yılmaz ve Arpacı, 2014)

Mevcut tıbbi atık arıtma yöntemlerinin çoğu uygun maliyetli veya çevresel olarak kabul edilebilir değildir. Tıbbi atıkların yanlış yönetilmesi yalnızca klinik tesislerde yer alan insanlar için değil, aynı zamanda çevredeki bölgeler içinde olumsuz çevresel etkilere neden olabilir (El- Haggar., 2007).

TKY ile gelişmiş ülkelerde tıbbi atıkların bertarafı için uygulanan bertaraf teknolojileri ülkemizde uygulanmaya başlanmıştır. Buna göre tıbbi atıklar, sterilizasyon işlemi uygulanarak zararsız hale getirilmekte ve böylece atıklar atık depolama alanlarında bertaraf edilmektedir (Küçükşahin ve ark., 2008).

Gelişmekte olan ülkelerde tıbbi atıkların bertaraf edilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemler şunlardır (Diaz ve ark., 2005).

- Otoklavlar
- Mikrodalga dezenfeksiyon sistemleri
- Kimyasal dezenfeksiyon
- Yakma (düşük, orta ve yüksek teknoloji)
- Arazide bertaraf (boşaltma sahası, kontrollü arazi, çukurlar ve sıhhi arazi)

Ülkemizde ise tıbbi atıkların bertarafı, düzenli depolama, yakma, ve sterilizasyon yöntemi kullanılarak yapılmaktadır (Küçükşahin ve ark., 2008).

Uygun bir tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçerken aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekir:

1. Üretilen tıbbi atık türleri ve miktarları.
2. Her bir teknolojiyle ilgili sermaye yatırımı ve işletme maliyetleri.
3. Her bir teknolojinin kurulumu ve işletimi için altyapı gereksinimleri.
4. Tıbbi atık hacmi ve atık depolama alanlarındaki nihai bertarafı etkileyen kaynaktan azaltma sorunları.

5. Kesici malzemeler dahil olmak üzere iş sağlığı ve güvenliği.
6. Eğitim ve işletme gereksinimleri.
7. Yerel olarak mevcut arıtma ve bertaraf teknolojileri.
8. Çevresel (hava, su, toprak) etkiler.

Hastane ve hasta sayısındaki artış, sağlık kurumlarından kaynaklanan tıbbi atık miktarında bir artışa yol açmıştır ve bu atıklarla ilgili sağlık ve çevresel riskleri en aza indirmek için uygun yönetim gereklidir (Abu ve ark., 2007).

Özel veya tıbbi atıkların önemli bir kısmı, arıtma, bertaraf ve özel işlem gerektiren patojenik maddeler içerdiğinden potansiyel olarak tehlikelidir (Insa ve ark., 2010).

#### **1.4.1. Termal bertaraf yöntemi (yakma)**

Tıbbi atıkların yakılarak bertaraf edilmesi gelişmiş ülkelerde, uzun süredir başvurulan bir yöntemdir. Ancak son yıllarda bu atıkların yakılması önemli çevre kirliliği sorunlarına sebep olması bir dezavantajdır ancak sistem atıkların hem arıtma hem de bertaraf işlemini aynı anda yapması açısından avantajlıdır. Bu tesislerde aşırı sıcaklık nedeniyle enfekte maddeler giderilmekte ve kalan kül depolamaya gönderilmektedir (Evirgen, 2007).

Yakma sırasında, atıkların yanıcı bileşenleri, gaz halindeki yan ürünlere dönüştürülür ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO$  ve diğer toksik gazlar) ve yanıcı olmayan bileşikler katı bir yan ürün yani kül olarak kalır (Diaz ve ark., 2005).

Bu teknolojiye operatörler çevresel etkileri en aza indirmek ve performans parametrelerini en üst düzeye çıkarmak için iyi eğitilmiş olmalı ve plastiklerin ve cıva bileşiklerinin yakılmasını önlemek için atık ayırma sistemleri güçlü olmalıdır. Atıkların bileşimi yakma fırınının performansını etkilemekle birlikte, bu işlemde atık hacmi önemli ölçüde azalmaktadır. Yöntemin kurulum maliyeti \$2,000–\$1,600,000 aralığında değişmektedir.

Bu yöntem küçük ölçekli yakma tesisleri, kentsel ve kırsal alanlar dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde sağlık bakım merkezlerinde kullanılmaktadır. Yüksek

sıcaklıktaki endüstriyel yakma tesisleri gelişmekte olan ülkelerdeki büyük hastanelerde kullanılmaktadır (PATH, 2005).

#### **1.4.2. Kimyasal bertaraf yöntemi**

Bu yöntemde kimyasallar (ozon, klor, formaldehit, etilen oksit, propilen oksit, periasetik asit) bir sterilizasyon odasına verilmektedir. Her kimyasal maddenin etkinliği, sıcaklığa ve pH' ya ve dezenfeksiyonu engelleyebilecek bileşiklerin varlığına bağlıdır. Proseste atık hacmini azaltmak ve atığın kimyasal dezenfektanlara maruz kalmasını artırmak için atıklar depolanmadan önce parçalanmaktadır. Bu proses küçük miktardaki atıklar için uygundur fakat patolojik atıklar için uygun görülmemektedir. Proseste toksik yan ürünler oluşmaktadır ve proseste hacim azalmasını sağlamak amacıyla parçalama ünitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı depolama tesisleri bu tür arıtılmış atıkları kabul etmemektedir. Atıksu arıtma işlemleri, kalıntı kimyasal bileşiklerden olumsuz olarak etkilenmektedir (PATH, 2005).

Prosesin hızı ve kapasitesi kullanılan kimyasal maddenin miktarı, tipi, atıkla temas alanı, sıcaklık, rutubet ve pH gibi etmenlere bağlıdır. Parçalama işlemi sonrası, hacim% 60 -% 90 oranında azalmaktadır. Proses otomatik ekipmanı 30.000 - 450.000 ABD Doları arasında değişmekte ve bu sistem ABD, Kanada ve İsrail'de kullanılmaktadır (Esmen ve ark., 2008).

#### **1.4.3. Mikrodalga ile yakma yöntemi**

Mikrodalga işleminde, atık içindeki nemi uzaklaştırmak için radyan enerji kullanılmaktadır. Mikrodalga üniteleri, enfekte maddeleri mikrodalgalara maruz bırakarak değil de, ısı ve basınç yoluyla yok etmektedir (PATH, 2005).

İlk aşamada atıklar nemlendirilmekte ve 115 °C'de buharla doyurularak hava filtreye uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra atıklar toplama odasında 25 dakika kalmaktadır. Proses öncesi atıklar parçalanarak granül haline getirilmekte ve atık hacmi %85 azaltılmaktadır. Mikroorganizmaların çoğunun imha olması 2450 MHz frekans ve 12,25 dalga boyundaki aktiviteyle oluşmaktadır. Proses tam otomatik olup, sistem kapalıdır.

Dezenfeksiyon etkinliğini kontrol etmek için biyolojik veya kimyasal indikatörler kullanılmalıdır. Bu yöntem tipik olarak malzeme taşıma ekipmanı, dezenfeksiyon ekipmanı ve çevre kontrol ekipmanı gibi üç temel ekipman türünü gerektirir. Bu proses belli miktarda su içeren nemli atıklar için kullanılmaktadır (Esmen ve ark., 2008).

Prosesten çıkan atıksular toprak kirliliğine neden olmakta ve su kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle çevresel etkiyi en aza indirmek için gaz ve sıvı emisyonları kontrol altında tutulmalıdır. Maliyet 600.000 \$ olup, en fazla ABD de tercih edilmektedir (PATH, 2005).

#### **1.4.4. Yüksek ısılı buhar ile dezenfeksiyon yöntemi**

Bu yöntem tıbbî atıkların buhar basıncı ile dezenfekte edilmesine dayanmaktadır. Dezenfeksiyon ünitesi ile parçalama işlemi sırasında buhar 480-705 °C' ye ulaşmaktadır. Uçucu organik bileşikler 1537 °C' de yok olmaktadır. Bu teknoloji tüm atık türlerine uygulanabilmektedir. Ancak bu teknolojinin insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Kanseri gibi ciddi sağlık problemlerine neden olacak dioksinler üretilerek atmosfere salınmaktadır. Yüksek ısılı buhar ile sterilizasyon teknolojisinin ilk yatırım maliyeti yüksektir (Esmen ve ark., 2008).

#### **1.4.5 Kuru ısı ile dezenfeksiyon yöntemi**

Sıcak hava sirkülasyonu ile dezenfeksiyonun sağlanması işlemidir. 20 mm çapında atıklar parçalanmakta ardından hareketli bir bölümde ısıtmaya tabi tutulmaktadır. Proses sıcaklığı 100-140 °C arasında farklılık göstermektedir. Sanitasyon 25 dk sürmekte, kalan atık sıkıştırılmakta, oluşan gaz filtreden geçmektedir. Atık boyutu %85, ağırlık %15-30 azalmaktadır. Bu yöntem bulaşıcı ve kesici atıkların arıtılması için önerilmektedir. Patolojik atıklara uygulanması önerilmemektedir.

#### **1.4.6. Hidroklav yöntemi**

Proses sıcaklık ve buhar hareketinin etkisiyle organik maddelerin hidrolizine dayanmaktadır. Sisteme buhar verilmesiyle ısı ani olarak yükselmekte ve karışmış atıkların suyu giderilmektedir. Prosesin işlem süresi 1 saattir. Uygun sterilizasyon süresi 20 dakikadır. Sterilize atıklar parçalanmış hâle gelmekte ve işlem sonucunda ağırlık % 50 hacim ise %80 azalmaktadır (MEB, 2011).

#### **1.4.7. Rotoklav yöntemi**

İşlem tamamen otomatik olup, otoklavın modernleşmiş halidir. Atıklar torbalarla basınçlı bölmeye gönderilmektedir. Sterilizasyon su buharı ile 34 kPa basınç ve 136° C sıcaklıkta gerçekleştirilir. İlk etapta hacim %50-60 azalırken, öğütme sonrası hacim %80 azalmaktadır. Proseste oluşan gazlar karbon filtresinden geçirilmektedir. Yoğuşma suyu kanalizasyona deşarj edilebilmektedir. Sistem laboratuvar atıklarını, yatak malzemelerini ve hayvan leşlerini sterilize edebilmektedir (MEB, 2011).

#### **1.4.8. Otoklav yöntemi**

Otoklav basınçlı su buharı ile yapılan mikroorganizmaların inaktive edilme işlemidir. Bu sistemde sterilizasyon ortamında bulunan nemden dolayı sıcaklık transferi daha etkin ve hızlı olmaktadır. Otoklav, metal bir kamara ve bunun etrafını kaplayan buhar sağlayan bir ceketten meydana gelmektedir. Sistemde 15 P.S.İ' de 121-148°C (250-300 °F) arasındaki sıcaklığa ulaşılır. Tıbbi atıkların sıcaklığa maruz kalma süresi 10 ila 60 dk. arasındadır (Mc. Keen., 2012).

Buharlı sistem, fiziksel olarak değişime neden olmadığından parçalayıcı gibi mekanik bir prosese ihtiyaç vardır (Bayrak ve Karadurmuş, 2010).

Buhar sterilizasyonu silindir biçimindeki tamamen kapalı reaksiyon odasından oluşmaktadır. Tıbbi atık poşetleri reaksiyon odasına yönlendirilerek steril edilmektedir. Otoklav, tıbbi atık hacmini en aza indirmek için genellikle bir öğütücü ve kompaktör ile birlikte çalışmaktadır. Sterilizasyon sonrası hacim parçalama ünitesinde atık hacmi %70

azaltılarak elde edilen malzeme inert hale getirilmekte ve depolama sahasına gönderilmektedir. Buhar sterilizasyon yöntemi buharın kolayca nüfuz edebildiği gözenekli atıklar için uygundur. Patolojik ve radyoaktif atıkların bertarafı için uygun değildir (Esmen ve ark., 2008).

Sistemde sterilizasyon etkinliğini kontrol etmek için biyolojik ve kimyasal indikatörler kullanılmaktadır.

Tıbbi atıkların bertarafında birçok metot bulunmaktadır. Ancak otoklav ile sterilizasyon işlemi birçok avantaja sahiptir. Bu metotlardan bölgenin 15-20 yıllık atığını bertaraf edebilecek kapasitede olan, işletme maliyeti düşük olan teknolojide ürün seçilmesi önemlidir. Çizelge 1.5.' de bertaraf yöntemine göre bazı illerin atık miktarları belirtilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere Türkiye' de bulunan çoğu ilde atıkların bertarafı steril edilerek sağlanmaktadır. Ek olarak Çizelge 1.6' da tıbbi atık bertaraf metotlarının avantaj ve dezavantajları açıklanmaktadır.

Ayrıca, kimyasal maddeye ihtiyaç duymayan, çevreye enfekte sıvı çıkışı ve emisyon vermeyen, sterilizasyon işlemi otomatik olarak gerçekleştiren, yedek parça ve bakım maliyeti düşük olan teknolojilerin seçilmesi dikkat edilmesi gereken unsurlardır (Albayrak ve ark., 2009).

Çizelge 1.5. Bertaraf yöntemine göre bazı illerin tıbbi atık miktarı (TÜİK, 2016)

İller	Sağlık kuruluşu sayısı	Tıbbi atık miktarı	Sterilize edilerek düzenli depolama tesisinde bertaraf edilen	Steril edilerek vahşi depolama alanında bertaraf edilen	Yakma tesisinde bertaraf edilen
Ankara	86	7.561.959	-	-	7.561.959
Antalya	43	2.506.072	2.506.072	-	-
Aydın	23	1.224.270	1.224.270	-	-
Balıkesir	26	716.430	716.430	-	-
Diyarbakır	23	1.788.719	-	1.788.719	-
Gaziantep	30	2.164.428	2.164.428	-	-
İzmir	57	5.414.453	-	5.414.453	-
İstanbul	242	19.487.246	14.529.002	-	4.958.244
Kayseri	28	1.060.531	1.060.531	-	-
Kocaeli	27	1.872.705	1.842.960	-	29.745
Tekirdağ	20	680.828	680.828	-	-
Zonguldak	12	788.930	788.930	-	-
Batman	12	363.103	-	363.103	-
Şırnak	7	266.683	-	266.683	-



Çizelge 1. 6. Tıbbi atık bertaraf sistemlerin avantaj ve dezavantajları (Albayrak ve ark., 2009)

	<b>Avantajları</b>	<b>Dezavantajları</b>
<b>Otoklav</b>	Sıcaklık transferi daha etkin ve hızlıdır. -Kimyasal madde ve filtreye ihtiyaç duyulmamaktadır. -Atık hacminde azalma - Düşük yatırım ve işletme masrafları	-Parçalayıcıların önde olması, verimsiz çalışma, hepa filtre ihtiyacı duyma, sistemin kilitlenmesine sebep olmakta ve yüksek yedek parça maliyeti gerektirmektedir. -Farmakolojik ve kimyasal atıklar için yetersizdir.
<b>Mikrodalga</b>	-Proses tam otomatiktir. -Sistem tamamen kapalıdır. -İyi işletilme şartları altında verimli dezenfeksiyon -Atık hacminde azalma	-İlk yatırım maliyeti yüksektir. -Atık hacminin çok küçük olması atıkların uçuşmasına sebep olmaktadır. -Potansiyel işletme ve bakım problemleri bulunmaktadır.
<b>Kimyasal Dezenfeksiyon</b>	-İyi işletilmesi halinde verimli dezenfeksiyon -Ucuz dezenfektan temini -Atığın ağırlık ve hacminde büyük derecede azalma	-Çevresel etkilerin en aza indirilmesi için kullanılacak kimyasalın verimli artırılması gerektiğinden ek maliyet oluşturmaktadır. -Ciddi önlemler gerektiren kimyasalların kullanılır. -Farmakolojik ve kimyasal atıklar için yetersizdir.
<b>Yüksek ısı buhar ile dezenfeksiyon</b>	Bu teknoloji düşük radyasyon içeren atıklar dâhil tüm atık türlerine uygulanabilmektedir.	-İlk yatırım maliyeti ve işletme bedeli yüksektir. -Sitemde dioksin üretilerek havaya salındığından çevre açısından uygun değildir.
<b>Kuru ısı ile dezenfeksiyon</b>	- Hacim %80, ağırlık %20-35 azalır. -Bulaşıcı ve kesici atıkların bertarafında kullanılır.	-Buhar bazlı dezenfeksiyon yöntemlerine göre daha fazla sıcaklık ve daha uzun maruziyet süresi bulunmaktadır. Bu sebeple daha fazla maliyet ve enerji gerekmektedir.
<b>Rotoklav:</b>	-Otoklavın modernleşmiş halidir. İşlem tamamen otomatiktir. -Hacim %50-60 azalır ve bunu takiben parçalama yapıldıktan sonra hacim %80 azalmaktadır.	-Atık yükleme haznesi ve parçalayıcı iç içe olduğundan bıçaklarda çok sık arıza olmakta ve sistem devre dışı kalmaktadır. -Ayrıca filtre kullanılması gerekmektedir.
<b>Hidroklav</b>	Yüklemeden 1 saat sonra proses tamamlanır. -Sterilizasyon prosesi 20 dakikadır. -Ağırlık %50 hacim ise %80 azalır.	-Enerji ihtiyacı yüksektir.
<b>Yakma</b>	-Tüm bulaşıcı atıklara, pek çok kimyasal atıklara uygundur	- Kurulum ve işletim maliyeti yüksektir. -Uygun filtre kullanılmadığında çevre kirliliği oluşturmaktadır. -Dioksin ve furan gibi gazlar oluşmaktadır.



## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Tıbbi atıkların yönetimi ve bertarafı geliştirmekte olan tüm ülkelerin ortak çevre sorunlarından biridir. Ülkemizde çevre kirlenmesi açısından önem taşıyan tıbbi atıklar bulaşıcı hastalık türlerinin artması sebebiyle son yıllarda daha çok dikkat çekmeye başlamıştır. Günümüzde tıbbi atıkların yönetimi üzerine, özellikle tıbbi atıkların kaynağında azaltılması, bertaraf maliyetlerinin düşürülmesi ve tıbbi atık yönetimi ile ilgili pek çok bilimsel çalışma yapılmıştır.

Albayrak ve ark. (2009), yapmış oldukları çalışmada otoklav ile sterilizasyon yöntemini inceleyerek, otoklav seçiminde dikkat edilmesi gereken ana unsurları belirtmiş ve bölgesel olarak yapılacak bir yatırımda verimliliği etkileyecek tüm hususları değerlendirerek uygulanabilirliği açısından kıyaslama yapmışlardır.

Bursa'da yapılan çalışmada yıllara bağlı nüfus artışı birlikte tıbbi atık miktarı 1996'da 277 ton'dan, 2008'de 2067 ton/yıl değerine ulaşmıştır. 2008 yılında toplam tıbbi atığın %64'ünü oluşturan özel ve kamu hastanelerinde yatak başına günlük atık oluşumu hesaplanmıştır. En yüksek atık oluşumu  $1,88 \pm 0,08$  kg/yatak gün ile Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesinde tespit edilmiştir. Bursa'da Mayıs 2008'den itibaren Büyükşehir Belediyesi tarafından 27 adet hastane ve 275 adet sağlık ocağından toplanan tıbbi atıkların sterilize edilerek depolama sahasına gönderildiği yeni bir sisteme geçilmiştir. Sistemin tam otomasyona geçmesiyle kentte toplanan tıbbi atıkların kaynağı ve miktarı ile ilgili olarak hastanelerde klinikler bazında bazı bilgilere ulaşılması hedeflenmiştir (Salihoğlu ve Salihoğlu, 2009).

Hastane atıklarının yönetiminde atık minimizasyonu ile ilgili yapılan bir çalışmada, çevre yönetim sisteminin önemli bir bölümü olan atık minimizasyonu araştırılmıştır. Çevre yönetim sisteminin tarihçesi, tanımı, yasal çerçevesi ilgili standartlar verilmiş, tıbbi atık kavramı ve yasal düzenlemeler yurtiçi ve yurt dışı bazında incelenmiş en büyük tıbbi atık üreticisi olan hastaneler için kirlenme profili ve atık azaltımı seçenekleri üzerinde durulmuştur (Eskitürk, 2002).

Küçükşahin ve ark. (2008), tıbbi atıkların buhar sterilizasyonu ile bertarafında kullanılan proste, oluşabilecek biyoemisyonlar birtakım yöntemler kullanılarak tespit

edilmiştir ve kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapıp sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada, biyoindikatör aktiveştirildikten sonra 24 saat süreyle 57° C inkübatörde inkübe edilerek renk değişimi kontrolüne bakılmıştır. Mikrobiyolojik analizde ise, membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. Sistemin çalışma verimine göre sterilizasyon tekniğiyle ilgili uygunluk araştırması yapılmıştır.

Tıbbi atıkların buhar sterilizasyonu ile bertarafının detaylı olarak araştırıldığı diğer bir çalışmada, tıbbi atığın sterilizasyon işlemi sonrası evsel atık haline geldiği, herhangi bir mikrobiyolojik faaliyet olmadığı ve çıkan atık suyun sterilize edilerek alıcı ortama verildiği sonucuna varılmaktadır.

Esmen ve ark. (2008), yapmış oldukları çalışmada, Bursa Büyükşehir Belediyesi kontrolünde kurulmuş olan yeni tıbbi atık yönetim sisteminde kullanılan alan otoklav ile sterilizasyonun fayda ve avantajları, ekonomik yönden incelenmesi ve diğer metotlar ile kıyaslamasını yapmışlardır. Yapılan çalışmada tıbbi atık bertarafında sterilizasyon sisteminin uygulanabilirliği, verimliliği ve maliyeti değerlendirilerek sondan parçalama otoklav ile sterilizasyon yöntemi tıbbi atık bertarafı için uygun bir yöntem olarak önerilmiştir.

Diaz ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada gelişmekte olan ülkelerde sağlık hizmetleri yönetiminde kullanılan en yaygın bertaraf yöntemlerinden bazılarını incelemiştir. Otoklav, mikrodalga, kimyasal dezenfeksiyon, yanma (düşük, orta ve ileri teknoloji), zemin üzerinde imha (çöp sahası, düzenli depolama) yöntemlerinden bahsetmişlerdir. Atık bertarafından kaynaklanan emisyonlar hakkında bilgi ve bertaraf alternatifleri bildirilmiştir.

Jiang ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada tıbbi atık sistemleri içerisinde en iyi teknoloji sisteminin yakma sistemlerinin olduğunu rapor etmişlerdir. Çin’ de bulunan tıbbi atık bertaraf tesislerinin sürekli işletilmesi; sistemin korozyona uğraması, yüksek enerji tüketimi, ekipman hasarı ve online izleme sistemine bağlı kalınması gibi sorunlara neden olduğunu vurgulamışlardır. Kirlilik önleme ve kontrol sisteminin güçlendirilmesi ile birlikte dioksin salınımının %10 azalması sağlanmıştır. Tıbbi atık bertaraf tesisi güçlendirme ve optimizasyona acil ihtiyaç duymaktadır ve serbest kalan dioksin konsantrasyonu 0,5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> den 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> e düşürülmüştür.

Kore’ de yapılan çalışmada tıbbi atıkların mevcut yönetim uygulamaları için genel bir değerlendirme yapılmıştır. Tıbbi atıkların içeriği, bertarafı, ayrımı ve taşınmasıyla ilgili bilgiler sağlanıp incelenmiştir. En çok tercih edilen bertaraf yönteminin tıbbi atıkların yakılması olarak belirlenmiştir ve son yıllarda kullanılan tek bertaraf yöntemi olacağı düşünülmektedir.

Son yıllarda tıbbi atıkların uygunsuz bertarafı üzerine artan kamu endişeleri, Kore Çevre Bakanlığı tarafından daha sıkı ve sistematik atık düzenleme stratejilerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Atık minimizasyonu ve geri dönüşüm iyi yapılamadığından, bertaraf edilecek tıbbi atık miktarı da artmıştır.

Alkan ve ark. (1999), tarafından Bursa’ da yapılan çalışmada 12 pilot bölge belirlenerek anket çalışması yapılmış ve mevcut tıbbi atık yönetimi belirlenmeye çalışılmıştır. Anket çalışmaları sonucunda hastanelerde, atıkların evsel ve enfekte olarak ayrı toplandığı ancak tehlikeli kimyasal atıkların toplanmasında yeterli hassasiyetin gösterildiği belirlenmiştir.

Sultan (2006), yapmış olduğu çalışmada antibiyotiklerin ve hastane enfeksiyon etkileriyle ortaya çıkan salgınların giderilmesi için daha etkin ve hızlı sterilizasyon tekniklerini araştırmıştır. Çalışmada daha etkin sterilizasyonu sağlayabilecek OPA, perasetik asit, ozon, klorin dioksit (ClO<sub>2</sub>), hidrojen peroksit gaz plazma sterilizasyonu, için bir kimyasal sterilizasyon yöntemi, etilenoksit sterilizasyonunu izlemek için kullanılan hızlı okunabilir biyolojik indikatör, yöntemleri anlatılmakta ve bu yöntemlerin araştırılması gerektiği üzerinde durulmaktadır.

Özbyay ve ark. (2015) tarafından Kocaeli ilinde yapılan çalışmada tıbbi atıkların oluşumlarından bertarafına kadar geçen süreç incelenmiş olup, 2009 yılında Kocaeli’ de toplam 324.274 kg tıbbi atığın toplandığı, bu atıkların yakılarak ya da steril edilerek bertaraf edildiği belirtilmiştir. Çalışma kapsamında tıbbi atık yönetimindeki uygulamalarda karşılaşılan yaygın hatalar saptanarak konuyla ilgili çözüm önerileri sunulmuştur.

(Bayrak ve Karadurmuş, 2007), yaptıkları çalışmada, tıbbi atıkların buhar sterilizasyonu ile bertarafında kullanılan proseslerde buhar sterilizasyonunda oluşan biyoemisyona ve sterilizasyon sürecinin değerlendirilmesi için kullanılacak biyolojik indikatörleri araştırmışlardır. Çalışmada sterilizasyon işlemi süresince oluşabilecek

biyoemisyolların tespit edilmesi için uygun örneklerin alınabilmesi gerektiği vurgulanmış ve örneklerin alınması için bir takım numune alıcıları kullanılmıştır. Atık işleme tesisinden alınacak biyoemisyollar numuneleri üzerinde yapılacak mikrobiyolojik çalışmalarda standart örnekleme metotlarından yararlanılmıştır.

Faikoğlu (2007) tarafından yapılan çalışmada tıbbi atık politikaları çerçevesinde hastane atıklarının mevcut durumu değerlendirilmif, özellikle kullanılan bertaraf yöntemlerinden yakma üzerinde durulmuştur. Ayrıca gelişmiş ölkelerde ve Türkiye’de kullanılan buharlı sterilizasyon yöntemi tanıtılmıştır. Yöntemin çevre açısından faydaları ve ölkede ekonomisine katkısına değerinilmifdir.

Silva ve ark. (2004), yapmış oldukları çalışmada gelişmekte olan ölkelerdeki katı atık yönetimi ve tıbbi atık bertarafı konusunda çalışma yapmışlardır. Birçok ölkede tehlikeli ve tıbbi atıkların evsel atıklarla birlikte bertaraf edildiğinde oluşan çevresel etkilerini incelemiflerdir. Yönetim ile ilgili sonuçlar birçok sağlık kurumundaki uygulamalarda Brezilya mevzuatında belirtilen ilkelere uymadığını göstermektedir.

Gökkuş ve ark. (2010), yapmış oldukları çalışmada TAST atıksuyu için karakterizasyon çalışması yapmışlardır. Elektrokoagölasyon yöntemini uygulayarak bazı parametreleri SKKY’ ne göre değerlendirmiflerdir.

Yetiş ve ark., (2014), yapmış oldukları çalışmada Bitlis ilindeki tıbbi atıkların, yönetmeliğe uygun olarak BİKA ( Bitlis İli, İlçeleri ve Beldeleri Katı Atık Bertaraf Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği) tarafından toplanması, taşınması, depolanması ve yeni yöntemlerden buharla sterilizasyon ile bertarafının incelenmesini amaç edinmiflerdir. 2014 yılında Bitlis ilinde toplamda 54 tane sağlık kuruluşu olduğu ve toplamda günlük 1.122 kg atık toplandığı tespit edilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Van ili tanıtımı

Van İli dünya üzerinde 42° 40' - 44° 30' doğu boylamları ile 37° 43' - 39° 26' kuzey enlemleri arasındadır. Türkiye üzerinde ise Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Murat-Van Bölümündeki Van Gölü kapalı havzasındadır. Kuzeyden Ağrı ili Doğubayazıt Diyadin ve Hamur ilçeleri; batıdan Van Gölü ile Ağrı ilinin Patnos ilçesi Bitlis' in Adilcevaz Tatvan ve Hizan ilçeleri; güneyden Siirt' in Pervari Hakkari ili Beytüşşebap ve Yüksekova ilçeleri ile komşudur.

Van Türkiye'nin nüfus bakımından en kalabalık 19.ildir. Toplam yüz ölçümü 21.334 km<sup>2</sup>'dir. TÜİK' in 2018 yılı verilerine göre Van'da yaklaşık 1.123.784 kişi yaşamaktadır. İpekyolu, Edremit, Başkale, Çaldıran, Erciş, Tuşba, Muradiye başta olmak üzere 13 tane ilçesi bulunmaktadır.

Doğusunda İran Devleti sınırı yer alır. İl toprakları 19.069 km kare olan yüz ölçümü ile Türkiye topraklarının %25' ini oluşturur. Van Doğu Anadolu Bölgesinin volkanik dağlarla kaplı çukur kesiminde bulunan Van Gölü' nün doğu kıyısına 5 km uzaklıkta çok az meyilli bir arazi üzerine kurulmuştur. Rakım yüksekliği yaklaşık 1725 m'dir. Türkiye' nin en büyük gölü olan Van Gölü yüksek dağların ortasında bir çöküntü durumundadır. Çevredeki yüksek dağlar Van ilinin sınırını oluşturur. İl topraklarının yeryüzü şekillerine göre dağılımı incelenecek olursa; %53.4'ün dağlarla, %32.9'un platolarla %13.7'sinin ovalarla kaplı olduğu görülür.

Van ilinde kara iklimi hüküm sürer. Kışlar sert ve uzun geçer. Çok yüksek bölgelerinde, kışın daha az sert geçmesini Van Gölü temin eder. Kışın 150 güne yakını 0°C altında geçer. Yazın ise 20 gün +30°C'nin üstündedir. Toprak 80 gün karla örtülü kalır. Senelik yağış miktarı ilçelere göre 370 mm ile 570 mm arasında değişir. Yazlar az yağışlı ve çok sıcak geçer. Sıcaklık -26,9°C ile +36°C arasında seyreder.

Van Gölü civarı ve vadiler zengin bitki örtüsüyle kaplıysa da, dağlar genel olarak ağaçsızdır. İl toprakları bir bozkır manzarası arz eder. İl topraklarının % 70'i çayır ve meralarla, % 23'ü ekili ve dikili alanlarla ve % 2'si orman ve fundalıklarla kaplıdır.

### **3.1.2. Tıbbi atıkların Van ilinde bertaraf edilmesi**

Tesis, Van İli Merkez İlçesi, Beyüzümü Köyü, Hoşgedik Mevkii, Özalp Yolu üzerinde, 494 nolu parselde kayıtlı bulunmaktadır. 700 m<sup>2</sup> kapalı ve 1300 m<sup>2</sup> açık alan olmak üzere toplam 2000 m<sup>2</sup> alana sahiptir. Tesisin kapalı alanı, prefabrik yapı elemanları kullanılarak yapılmıştır. Tesiste; sistem ve makine odası, kapalı garaj, kapalı garaja açılan depo, toplantı odası, güvenlik odası, mutfak, yemekhane, muhasebe odası, müdür odası, wc ile duşlar mevcuttur. Ayrıca tesisin ısıtılması ve sterilizasyon tesisinin çalıştırılabilmesi için gerekli olan ısı merkezi bulunmaktadır (Anonim, 2019)

Tesisin temiz su ihtiyacı, tesis bahçesine açılmış olan sondaj kuyusundan sağlanmaktadır. Elektrik sistemi mevcut olup temiz su ve yangın suyu hatlarının beslendiği bir adet su deposu mevcuttur. Evsel atıksu ve proses sonrası süzüntü suyu hatları, tesis bahçesinde bulunan fosseptik çukuruna bağlanmıştır. Söz konusu fosseptikte biriken atık sular, vidanjör ile alınarak Van Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisine iletilmektedir.

Şekil 3.1.' de görüldüğü üzere tesiste bulunan geçici atık deposu hacmi en az iki günlük atığı alabilecek boyuttadır. Tıbbi atıklar özel otoklav poşetleri geçirilmiş konteynerlere aktarılarak soğuk hava deposuna alınmaktadır. Deponun duvar ve tabanı sağlam ve geçirimsiz olmakla beraber yeterli aydınlatma ve pasif havalandırma sistemi bulunmaktadır. Geçici atık deposunda sıcaklığın kontrol edilerek koku oluşmasını önlemek için yalıtım kullanılmaktadır. Ayrıca geçici atık deposunda bulunan konteynerlerin paslanmaz metal, plastik veya benzeri malzemeden yapılmış, tekerlekli, kapaklı, kapakları kilitlenir özelliktedir.

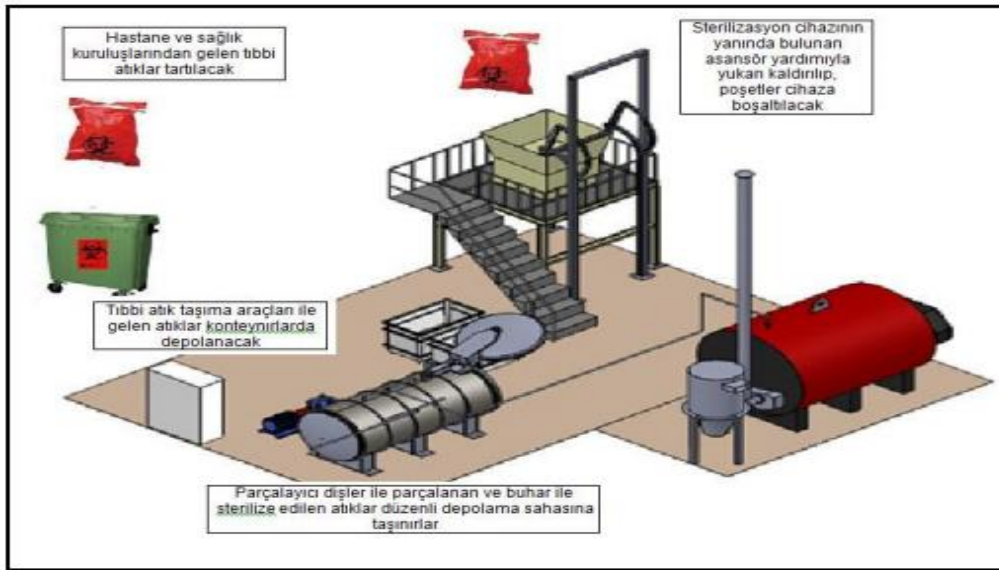




Şekil 3. 1. Geçici atık deposu.

Van ili tıbbi atık tesisinde Hakkari, Van ve İlçelerinde bulunan sağlık tesislerinden atık alınmaktadır. Hakkari ilinden aylık ortalama 10 ton, Van ve ilçelerinden ortalama aylık toplam 85 ton atık tıbbi atık sterilizasyon tesisinde steril edilmektedir (Anonim, 2019).

Şekil 3.2.' de tesisin genel bir görüntüsü belirtilmekte ve tesis içerisindeki işleyiş kısaca anlatılmaktadır.



Şekil 3. 2. Tesisin genel görüntüsü.

Kullanılan otoklav torbaları 140 °C 'ye kadar nemli-basınçlı ısıya dayanıklı ve buhar geçirgenliğine haiz torbalardır. Doldurulan konteyner, platform kantar üzerinde tartılır, net tıbbi atık ağırlığı gibi sterilizasyon aşamasındaki tüm bilgiler Wın CC Runtime Loader programına gönderilir ve kaydedilir. Şekil 3.3. ' de program çıktısının bir örneği gösterilmektedir.

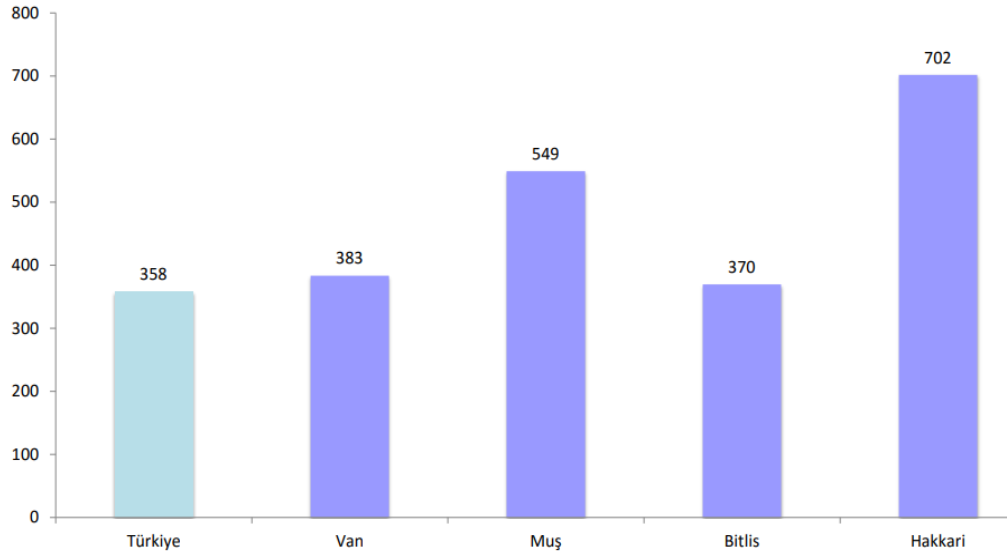
GÜNLÜK BERTARAF EDİLEN			30.5.2019 11:25:23		
5199,0					
TARTIM1(kg)	TARTIM2(kg)	TARTIM3(kg)	TARTIM4(kg)	TARTIM5(kg)	TOPLAM TARTIM(kg)
228,9756775	305,117157	215,4036255	251,9791565	233,346344	1234,8
140	140	140	140	140	700
368,9756775	445,117157	355,4036255	391,9791565	373,346344	1934,8
TARİH	SAAT	SICAKLIK(°C)	BASINÇ(bar)		
30.5.2019	11:25:23	93	-0,01967591		
30.5.2019	11:25:34	94	-0,03891784		
30.5.2019	11:25:45	94	-0,057147026		
30.5.2019	11:25:56	95	-0,07436341		
30.5.2019	11:26:07	95	-0,091579914		
30.5.2019	11:26:18	95	0,025897026		
30.5.2019	11:26:29	87	0,2578125		
30.5.2019	11:26:40	87	0,402633071		
30.5.2019	11:26:51	92	0,539351821		
30.5.2019	11:27:02	97	0,66391778		
30.5.2019	11:27:13	102	0,77734375		
30.5.2019	11:27:24	105	0,876591444		
30.5.2019	11:27:35	108	0,966724515		
30.5.2019	11:27:46	110	1,048755884		
30.5.2019	11:27:57	112	1,125723362		
30.5.2019	11:28:08	114	1,197627306		
30.5.2019	11:28:19	116	1,26548028		
30.5.2019	11:28:30	117	1,33232069		
30.5.2019	11:28:41	118	1,39814806		
30.5.2019	11:28:52	120	1,462962866		
30.5.2019	11:29:03	121	1,524739742		

Şekil 3. 3. Sistem çıktısı örneği.

Çizelge 3.1. ve Şekil 3.4.'de 2011-2017 yılları arasında Van ilinde bulunan sağlık kuruluşu sayıları oluşan tıbbi atık miktarları ve sağlık kurumlarında yatak başına düşen kişi sayısı gösterilmektedir.

Çizelge 3. 1. Van İli sağlık kuruluşları ve atık istatistikleri (Çevre Durum Raporu, 2017)

	Van ilinde bulunan sağlık kuruluşu sayısı	Tıbbi Atık Miktarı (ton)
2011	-	822
2012	-	977
2013	-	828
2014	17	892
2015	16	1196,3
2016	13	989
2017	13	907,6



Şekil 3. 4. Van ilinde sağlık kurumlarında yatak başına düşen kişi sayısı (TÜİK, 2017).

### 3.1.3. Sondan parçalamalı otoklav sistemi

Van ilinde kullanılan sondan parçalamalı otoklav sistemi atıkların önce otoklav içerisinde steril edilmesini ve daha sonra sterilize edilmiş atıkların parçalanmasını kapsamaktadır. Endüstriyel anlamda dünyada yaygın olarak kullanılan sondan parçalamalı otoklav sistemi iş ve işçi sağlığı yönünden önden parçalamalı sisteme göre daha güvenlidir. Bu sistemde parçalama sonda olduğundan ve son vakumlama yapıldığından otoklav içerisindeki fazla buharın atılmasıyla atık içerisindeki nem azalmaktadır.

Ayrıca bu sistemde ön vakumlama ve son vakumlama yaparken dışarıya atılan havanın filtreden geçirilmesi yerine dışarıya çıkan havanın yüksek basınç altında ve 195°C de buhar sterilize edilmiş hava ile yoğunlaştırılarak filtre ihtiyacı duymadan sistemin daha verimli bir şekilde çalışması sağlanmıştır. Otoklavın çalışma prensibi ve aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

*Ön Vakumlama:* Bu işlem otoklav kapağı kapatıldıktan sonra otoklav içerisindeki havayı boşaltarak, tıbbî atığın daha etkili ve hızlı bir şekilde buhara maruz kalmasını sağlamaktadır. Ön vakumlama sonrası dışarı atılan hava mikrobik tehlikelere karşı yoğunlaştırılmaktadır. Böylece havaya herhangi bir risk içerecek emisyon verilmemektedir.

*İşlem:* Ön vakumlama yapıldıktan sonra otoklav içerisine yüksek verimli sıcak su hazırlayıcı ve depolayıcı olarak tanımlanan boyler vasıtasıyla 145 °C ve 4,1bar basıncı ile 30 dakika boyunca buhar verilmektedir ve böylece tıbbî atıkların sterilizasyonu gerçekleşmektedir.

*Son Vakumlama:* Otoklav içerisindeki fazla buhar dışarı atılırken yine herhangi bir risk oluşturmaması için dışarıya atılan hava 4,1 bar basınç ve 195 °C buharla muamele edilerek kazan içindeki fazla buharın tahliyesini sağlar ve buhar temizleme işlemini hızlandırır. Bu işlem atıktaki fazla nemi gidererek imha için daha hafif/ kuru atık ürünün elde edilmesini sağlar. Nemin giderilmesi rahatsız edici kokuları otomatik olarak kontrol etmektedir.

*Buhar Yoğunlaştırıcı:* Yoğunlaştırıcı, otoklav kazanından buharı hızlı ve etkili bir şekilde temizlemek için tasarlanmıştır. İşlem, buharı otoklav kazanından sonra

harici olarak tamamen yoğunlaştırmaktadır. Buhar temizleme işlemi yaklaşık 2-3 dakika içinde tamamlanmaktadır (Esmen ve ark., 2008).

*Otoklav:* Otoklav kazanı tam vakumlama için tasarlanmaktadır. Sterilizasyon ünitesi yatay silindir basınç kazanı halinde hidrolik açılır kapak ile beraber konumlandırılmıştır.

Tıbbî atıklar otoklav içine yerleştirildikten sonra işlem tam otomatik olarak gerçekleşmektedir. Buhar sterilizasyonu Şekil 3.5. 'de görüldüğü üzere silindir biçimindeki tamamen kapalı reaksiyon odasından oluşmaktadır. Tıbbi atık poşetleri reaksiyon odasına yönlendirilerek steril edilmektedir. Sterilizasyon sonrası Şekil 3.6. da görülen atık parçalama ünitesinde atık hacmi %70 azaltılarak elde edilen malzeme inert hale getirilmekte ve düzensiz(vahşi) depolama sahasına gönderilmektedir. Bu çalışmada atıkların toplanmasından steril edilmesine kadar atık yönetim süreci takip edilmiştir.



Şekil 3. 5. Atıkların sterilizasyon ünitesine getirilmesi ve yerleştirilmesi.



Şekil 3. 6. Sterilizasyon sonrası kullanılan kırıcı ünitesi.

Sterilizasyon esnasında tüm aşamalar şekil 3.7' de görülen kontrol panelinden takip edilmektedir.



Şekil 3. 7. Sterilizasyon ünitesi kontrol paneli.

Sterilizasyon sonrası hacim azaltılması amacıyla kırıcı ünitesine boşaltılan atıklar Şekil 3.8. ' de görülen kırıcı ünitesi kontrol panelinden takip edilmektedir.



Şekil 3. 8. Kırıcı ünitesi kontrol paneli.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Tıbbi atıkların ayrılması ve toplanması

Tıbbi atıkların toplanmasında; yırtılmaya, delinmeye, patlamaya ve taşımaya dayanıklı, orta yoğunluklu polietilen hammaddeden sızdırmaz, çift taban dikişli ve körüksüz olarak üretilen, çift kat kalınlığı 100 mikron olan, en az 10 kg kaldırma kapasiteli, üzerinde görülebilecek büyüklükte ve her iki yüzünde siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile “DİKKAT! TIBBİ ATIK” ibaresini taşıyan kırmızı renkli plastik torbalar kullanılır. Torbalar en fazla 3/4 oranında doldurulur, ağızları sıkıca bağlanır ve gerekli görüldüğü hallerde her bir torba yine aynı özelliklere sahip diğer bir torbaya konularak kesin sızdırmazlık sağlanır. Patolojik atıklar diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak delinmeye, kırılmaya ve patlamaya dayanıklı, su geçirmez ve sızdırmaz, üzerinde siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile siyah renkli “DİKKAT! PATOLOJİK TIBBİ ATIK” ibaresi taşıyan kırmızı renkli plastik biriktirme kapları içinde toplanır. Kesici ve delici özelliği olan atıklar diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak delinmeye, yırtılmaya, kırılmaya ve patlamaya dayanıklı, su geçirmez ve sızdırmaz, açılması ve karıştırılması mümkün olmayan, üzerinde siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile siyah harflerle yazılmış “DİKKAT! KESİCİ ve DELİCİ TIBBİ ATIK” ibaresi taşıyan plastik veya aynı özelliklere sahip lamine kartondan yapılmış kutu veya konteynerler içinde toplanır (TKY, 2017).

Tıbbi atık torbaları, sağlık kuruluşu içinde bu iş için eğitilmiş personel tarafından paslanmaz metal, plastik veya benzeri malzemeden yapılmış, yükleme-boşaltma esnasında torbaların hasarlanmasına veya delinmesine yol açabilecek keskin kenarları olmayan, yüklenmesi, boşaltılması, temizlenmesi ve dezenfeksiyonu kolay olan kapaklı konteyner/kap/kova ile toplanır ve taşınır.

Atık torbaları ve patolojik atık biriktirme kapları asla elde taşınmaz. Toplama ve taşıma işlemi sırasında vücut ile temastan kaçınılır. Patolojik atık biriktirme kapları tekerlekli tıbbi atık taşıma araçları ile taşınır.

Tıbbi atıklar, tıbbi atık işleme tesisine taşınmadan önce sağlık tesisinde 48 saatten fazla olmamak üzere tıbbi atık geçici deposunda bekletilebilir (TKY, 2017)



### 3.2.2. Atıkların tesise getirilmesi

Tıbbi atıkların güvenli bir şekilde, etrafa yayılmadan ve sızıntı suları akıtılmadan tıbbi atık işleme tesisine taşınması zorunludur. Tıbbi atıkların taşınmasında aktarma istasyonları kullanılmamaktadır. Tıbbi atık torbaları doğrudan tıbbi atık taşıma aracına yüklenebileceği gibi kapaklı plastik veya metal kap/kova/konteynerler içinde atık taşıma aracına yüklenmektedir. Taşımanın bu şekilde yapılması durumunda kap/kova/konteynerler tıbbi atıkların boşaltılmasını müteakip temizlenmekte ve dezenfekte edilmektedir. Tıbbi atıkların konulduğu torbaların patlaması veya başka bir nedenle etrafa yayılması durumunda ortamın derhal temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi zorunludur. Tıbbi atıkların toplanması ve taşınması için kullanılan araçlar başka işlerde veya diğer atıkların taşınmasında kullanılmamaktadır.

Tıbbi atıkların tesise getirilmesi ve steril edilmesi aşamalarında kullanılan 7 adet tıbbi atık aracı ve atıkların konteynerlere yüklenmesi için 55 adet tıbbi atık konteyneri bulunmaktadır. Şekil 3. 9. ' da tıbbi atık taşıma aracı gösterilmektedir.

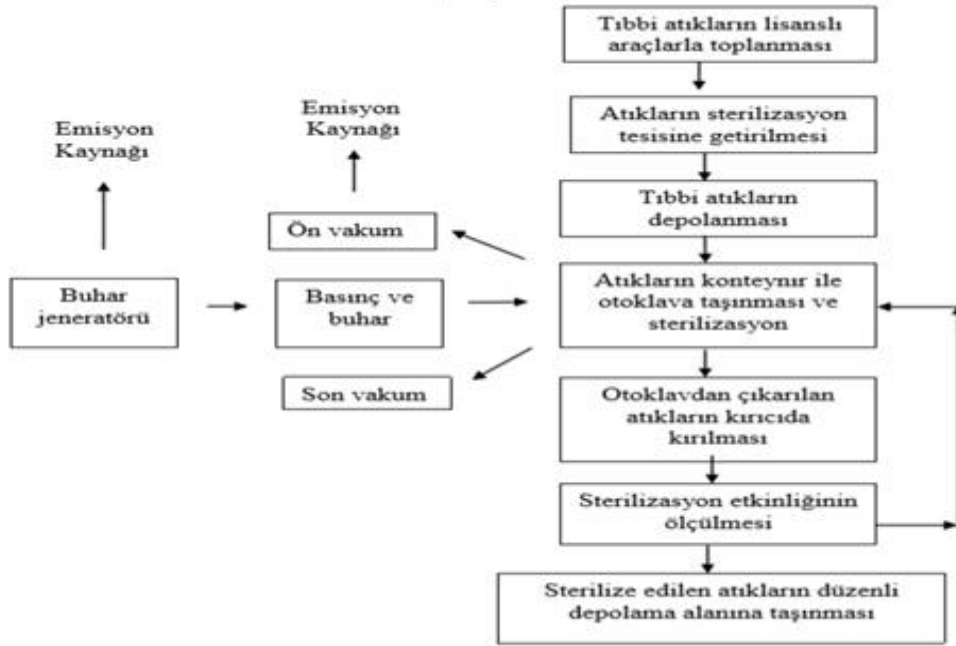


Şekil 3. 9. Tıbbi atık toplama aracı.

### 3.2.3. Sterilizasyon aşaması

Sterilizasyon, yüksek basınç altında doymuş buhar formunda nemli ısı verilerek yapılan en yaygın kullanılan ve güvenilir yöntemdir (Rutalla ve Weber., 1999). Sterilizasyon işlemi, herhangi bir cismin veya maddenin birlikte bulunduğu tüm mikroorganizmaların her türlü canlı formundan temizlenmesi amacıyla uygulanmakta ve enfekte atıklar için etkili olmaktadır. Mikrobiyal sporların öldürülmesi için buhar ile atığın teması ve sıcaklık süreleri uygun bir şekilde sağlanırsa, yöntem çoğu mikroorganizma türüne uygulanabilmektedir (Jang ve ark., 2006).

Şekil 3.10' da Van ili tıbbi atık tesisinde genel olarak atık getirme aşaması ve sterilizasyon aşamasını belirten iş akım şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Van İli Tıbbi Atık Tesisi İş Akım Şeması.

Sterilizasyon sonrası yüksek dayanıklılık gösteren bakteri endosporları ve mikrobiyal yaşamın tüm formları yok olmaktadır. Tüm mikrobiyal faaliyetlerin tam olarak yok edilip edilmediğinin belirlenmesi zor olduğundan, sterilizasyon sonunda canlı mikroorganizmaların sayısına göre bir ihtimal fonksiyonu tanımlanmakta ve bu fonksiyon genelde şüphe duyulan sterilizasyon prosesine en dayanıklı mikroorganizmaların azalması olarak ifade edilmektedir. Sterilizasyon işleminin

geçerliliği TKY madde 18' de ele alınmıştır. Sterilizasyon proseslerinin verimini kontrol etmek için kullanılan biyolojik indikatörler genelde *Bacillus* türü bakterilerin spor süspansiyonlarıdır (Bayrak ve Karadurmuş, 2007).

Sterilizasyon ünitesinde, işleme tabi tutulan tıbbi atıkların zararsız hale getirilip getirilmediği biyolojik indikatörler kullanılarak test edilmektedir. Biyolojik indikatörler olarak; hastalık yapıcı mikroorganizmalardan daha dayanıklı, insanda hastalık yapıcı etkisi olmayan, yüksek sıcaklıklardan etkilenmeyen sporlu bakteriler *Bacillus Stearothermophilus* veya *Bacillus Subtilis* standart kökenleri kullanılmaktadır. Sterilizasyon işleminden çıkan atıkta enfeksiyöz tüm mikroorganizmaların yok edildiğini saptamak için, biyolojik indikatörün canlı kalıp kalmadığını inceleme yönteminden yararlanılmaktadır. Bunun kontrolü için belli sayıda *Bacillus Stearothermophilus* veya *Bacillus Subtilis* sporları inoküle edilmiş test indikatörü veya benzeri uygun taşıyıcı, sıcağa dayanıklı ve buhar geçirgenliği olan bir kap içinde atığın ortasına yerleştirilmekte ve sistem normal şartlarda çalıştırılmaktadır. İşlemin sonunda atığın içinden test mikroorganizmaları alınmakta; *Bacillus Subtilis* için 30°C'de, *Bacillus Stearothermophilus* için 55°C'de olmak üzere 48 saat süreyle inkübasyona bırakılmaktadır. Süre sonunda sterilizasyondan çıkan biyolojik indikatörde mikrobiyal üreme olup olmadığı kontrol edilmekte ve sonuçları veri kayıt sistemine girilmektedir (TKY, 2017).

Biyolojik indikatörler kullanılarak uygulanan sterilizasyon geçerlilik testleri, sterilize edilen atık ile birlikte sterilizatöre konulan biyolojik indikatörlerin incelenmesi suretiyle haftalık olarak yapılmaktadır. Sterilizasyondan çıkan sterilize edilmiş ve evsel atık karakterizasyonu kazanmış atıklar, atık bertaraf sahasında depolanmadan önce sterilizasyon tesisinin bulunduğu sahanın uygun bir yerinde çevreye zarar vermeyecek şekilde kapalı konteynerler içinde biyolojik indikatör testleri sonuçlanıncaya kadar muhafaza edilmekte ve bekletilmektedir. Test sonucu olumlu ise atık depolanmak üzere depolama sahasına gönderilmekte, test sonucu olumsuz ise sistem kontrol edilmekte ve sterilizasyon işlemi tekrarlanmaktadır.

TKY' ne göre, sterilizasyona tabi tutulan enfeksiyon yapıcı atıkların zararsız hale getirilip getirilmediği kimyasal ve biyolojik indikatörler kullanılarak test edilmektedir. Bu amaçla tesis içinde bir laboratuvar kurulur veya biyolojik indikatörler incelenmek

üzere Bakanlıkça yetkilendirilmiş diğer laboratuvarlara gönderilir. Sterilizasyonun geçerliliği için;

**a)** Kimyasal indikatörler, enfeksiyon yapıcı atığın her sterilizasyon yükünde kullanılmaktadır. Sterilizasyon tamamlandığında, atıkla birlikte sterilizatöre konulmuş kimyasal indikatör taşıyıcısında renk değişikliği saptanmalıdır.

**b)** Biyolojik indikatörler enfeksiyon yapıcı atığın sterilizasyonunda haftada en az bir kez kullanılmaktadır. Bu kontrol için sterilize edilecek atıkla birlikte sterilizatöre konulan biyolojik indikatörler çevre görevlisi tarafından alınmaktadır.

**c)** Tesislerde 3 ayda bir kez Bakanlıkça yetkilendirilmiş laboratuvarlar tarafından veya il müdürlüğü personeli tarafından, atıkla birlikte sterilizatöre konulan biyolojik indikatörler incelenmesi amacıyla Bakanlık laboratuvarı veya Bakanlıkça yetkilendirilmiş bağımsız diğer laboratuvarlara gönderilmektedir.

**d)** Kimyasal indikatör kullanılarak yapılan incelemenin sonucu olumsuz olduğunda, bu tıbbi atıklar biyolojik indikatör eklenerek yeniden sterilizasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Biyolojik indikatör testleri sonuçlanıncaya kadar bu atıklar tıbbi atık geçici deposunda bekletilmektedir.

**f)** Biyolojik indikatör sonucu mikrobiyal üreme olduğunun tespit edilmesi sonucunda sistem durdurularak cihazın üreticisi, dağıtıcı firması ya da yetkili servisi tarafından bakımının yapılması sağlanmaktadır. Şekil 3.11. ve şekil 3.12.' de biyolojik ve kimyasal indikatör kitleri gösterilmektedir.



Şekil 3. 11. Biyolojik indikatör kiti



Şekil 3. 12. Kimyasal indikatör kiti

Çevre lisansı süreci tamamlanmadan, sterilizasyon işleminin geçerliliğinin tespit edilmesi için en az 10 yüklemde, sterilizasyonun gerçekleştiği haznenin 5 farklı noktasına biyolojik indikatör konularak, sterilizasyon işleminin il müdürlüğü personeli

gözetiminde yapılması gerekmektedir. İl müdürlüğü personeli tarafından biyolojik indikatörler incelenmek amacıyla Bakanlık laboratuvarı veya Bakanlıkça yetkilendirilmiş bağımsız diğer laboratuvarlara gönderilir.

### **3.2.4 Karakterizasyon parametreleri**

#### **3.2.4.1. pH**

Bir çözeltinin asitlik veya alkalilik derecesini tarif eden ölçü birimidir. pH ölçümleri bir pH metre ile elde edilmektedir. pH ölçümü üç parçadan oluşur: pH ölçüm elektrodu, referans elektrodu, ve yüksek empedans girişli bir cihaz. pH elektrodu, ölçülen çözeltinin pH'ına göre voltaj veren bir pil gibi düşünülebilir.

Elektrometrik pH ölçümünün temel ilkesi, bir standart hidrojen elektrodu ve bir referans elektrodu kullanılarak potansiyometrik ölçüm yöntemiyle hidrojen iyonlarının aktivitesinin belirlenmesidir (Erkuş ve ark., 2018).

pH ölçümleri için HI 2211 pH/ORP METER pH metre kullanılmıştır.

#### **3.2.4.2. İletkenlik**

İletkenlik, bir sulu çözeltinin elektrik akımını iletme yeteneğinin nümerik bir ifadesidir. İletkenlik birimi olarak mS/m dir. İletkenlik ölçümleri HI 2211 pH/ORP ile yapılmıştır.

#### **3.2.4.3. Askıda katı madde**

İyi karışmış bir numune tartılmış bir standart fiber cam filtre aracılığıyla filtre edilir ve filtre üzerinde kalan tortu 103-105 °C' de sabit bir ağırlığa kadar kurutulur. Filtrenin ağırlığındaki artış, toplam askıda katı maddeyi ifade etmektedir. AKM analizleri Standart Metotlara göre yapılmıştır (APHA ve ark., 1998).

#### **3.2.4.4 Kimyasal oksijen ihtiyacı**

KOI, reaksiyonda kimyasal olarak oksitlenen organik maddenin oksijen eşdeğerinin bir ölçüsüdür ve atıksuyun asidik çözeltisine dikromat eklenerek belirlenmektedir. Atıksudaki organik madde asidik ortamda potasyum dikromat ile yükseltgenerek parçalanır. Reaksiyona girmeden kalan potasyum dikromatın fazlası geri titrasyona tabi tutulmaktadır. Bu titrasyon için de demir amonyum sülfat çözeltisi kullanılır ve okside olan madde oksijen eşdeğeri cinsinden hesaplanmaktadır. KOI analizlerinde COD Reaktör CR25 marka termoreaktör kullanılmıştır.

#### **3.2.4.5. Fosfat tayini**

Sterilizasyon çıkış suyunda bulunan fosfatın konsantrasyon tayini 470nm dalga boyunda WTW marka spektrofotometrede yapılmıştır.

#### **3.2.4.6. Amonyum tayini**

Amonyum konsantrasyon tayini spektrofotometreden okunan absorban değerlerinden bir ppm-absorbans grafiği çizilerek numunelerin konsantrasyonları ppm cinsinden hesaplanmıştır.

#### **3.2.4.7. Nitrit tayini**

Nitrit tayini spektrofotometreden okunan absorban değerlerinden bir ppm-absorbans grafiği çizilerek numunelerin konsantrasyonları ppm cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.2.4.8. Nitrat tayini

220 nm dalga boyunda nitrat standartları okunarak, kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisi yardımı ile numunenin nitrat konsantrasyonu hesaplanmıştır.

### 3.2.4.9. Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik olarak numuneler membran filtrasyon yöntemi ile ekim yapılarak 24-36 saat süre ile etüvde bekletilerek yapılmıştır. Etüvden sonraki gözlemlerde yapılan ekimlerde koliform, fekal koliform ve *E. coli* (*Escherichia coli*) bakteri türlerinin yaşamsal faaliyetleri olup olmadığı tespit edilmiştir.

### 3.2.4.10. Katı atık nem tayini ve eluat (özütleme)

Tesisten alınan her su numunesi ile birlikte steril edilmiş katı atık numunesi alınmıştır. En az 50 gr olmak üzere 3 ayrı beherde atık tartılarak 105 °C etüvde kurutularak nem hesaplanmıştır.

10 lt/kg oranını koruyacak şekilde nem içeriği göz önünde tutularak 100 gr kuru maddeye tekabül eden atık miktarı hesaplanmıştır ve üzerine 1000 ml ye tamamlayacak şekilde saf su eklenmiştir. Karıştırıcının devri 100 rpm çalkalama hızına ayarlanmıştır ve 24 saat boyunca karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler oda sıcaklığında yapılmış olup, herhangi bir ısıtma işlemi uygulanmamıştır. Süre sonunda katı fazın çökmesi için 5-10 dk beklenmiş ve mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek eluatlaştırma (özütleme) işlemi tamamlanmıştır. Alınan her numune için işlem tekrarlanmış ve elde edilen çözeltiler ICP de ağır metaller açısından analiz edilmiştir.



### 3.2.4.11. Ağır metal analizleri

Tıbbi atık çıkış su numunesinden 100 ml alınmıştır ve üzerine 30 ml derişik nitrik asit ilave edilmiştir. Isıtıcı tabla üzerinde katı maddeler çözününceye kadar bekletilip mavi bant süzgeç kağıdından süzlmüştür. Aynı koşullarda atıksu numunesi içermeyen şahit numune hazırlanarak, ICP-MS' de Hg, Al, As, Cd, Co, Cu, Ni, Zn, Pb metalleri tayin edilmiştir.





#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2017 Kasım-2018 Ekim tarihleri için Van Büyükşehir Belediyesi TAST atık sularındaki; pH, sıcaklık, iletkenlik, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, AKM, KOİ parametrelerinin değişimi incelenmiştir ve SKKY Tablo-25'de belirtilen deşarj standartları ile karşılaştırılmıştır. Sterilizasyon ünitesi çalışma verimini kontrol etmek için sterilizasyon tekniğiyle ilgili uygunluk çalışması yapılmıştır. Numuneler 1,5 L pet şişelerde alınarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında analiz edilmiştir. Çevre Mühendisliği Araştırma Laboratuvarında pH, iletkenlik, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, AKM, KOİ, Katı atık nem tayini ve eluatlaştırma (özütleme) analizleri yapılmıştır. Ağır metal analizleri ise Van YYÜ Merkez Laboratuvarında yaptırılmıştır. Yapılan analizler SKKY ve TAKY atık su deşarj standartlarına göre değerlendirilmiştir.

##### 4.1. Atıksu Kaynakları ve Karakterizasyonu

Tıbbi atıklar yüksek konsantrasyonlarda klorlu moleküller, civa, gümüş gibi ağır metaller içermektedir. Ancak tıbbi atıksular için temel kirletici maddeler yüksek konsantrasyonlarda KOİ, fosfor ve BOI olarak verilebilmektedir (Özkan ve ark., 2010). Bu tür atıkların arıtılmadan kanalizasyona verilmemesi gerekmektedir. Ayrıca bu tür atıksuların, biyolojik arıtmadan sorumlu mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu bilinmektedir (Kajitvichyanukul ve Suntronvipart, 2006).

Atıksu numuneleri Van' da bulunan tıbbi atık sterilizasyon tesisinden alınmıştır. Bu tesiste ortalama 3,5 ton/gün atık steril edilmektedir. Tesisten deşarj edilen günlük ortalama atıksu hacmi 8-10 m<sup>3</sup>/gün' dür. Çizelge 4. 1.'de atıksu deşarj limitleri ve analiz değerleri gösterilmiştir. Genel olarak analiz sonuçlarına baktığımızda birkaç KOİ dışında TAST atıksularının SKKY deşarj limitleri sınırları içerisinde kaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.1. TAST Atıksularındaki Kirletici Parametreler için Deşarj Limitleri ve Analiz Değerleri

Analiz edilen parametreler ve SKKY deşarj limitleri										
Analiz dönemi	pH (6,5-10)	İletkenlik (µs/cm) -	AKM (mg/L) (350)	KOİ (mg/L) (600)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L) (10)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L) (5)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L) (10)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L) (40)	Nem İçeriği (%) -	Sıcaklık °C (40)
11.2017	7,26	109	50	500	3,7	1,3	6,5	13	62	24
12.2017	8,26	190	86	<b>670</b>	5,8	0,9	7,2	22	45	25
01.2018	8,85	181	14	599	6,7	1	5,8	11	29	20
02.2018	7,68	168	12	400	8,3	0,7	4,6	15	65	21
03.2018	7,6	140	29	<b>900</b>	5,2	0,6	5,4	17	38	20
04.2018	6,66	150	15	196	6	0,8	4,5	15	67	24
05.2018	7,7	181	43	202	7	0,5	4,8	20	22	20
06.2018	6,87	230	34	239	6,8	1	6,8	18	52	23
07.2018	8,4	224	70	400	4,4	0,5	6,4	21	27	24
08.2018	7,65	168	40	<b>790</b>	3	0,5	7	22	35	22
09.2018	7,93	170	50	500	2,7	0,7	6	20	55	23
10.2018	8,07	120	35	270	1,5	1	7,3	25	63	25

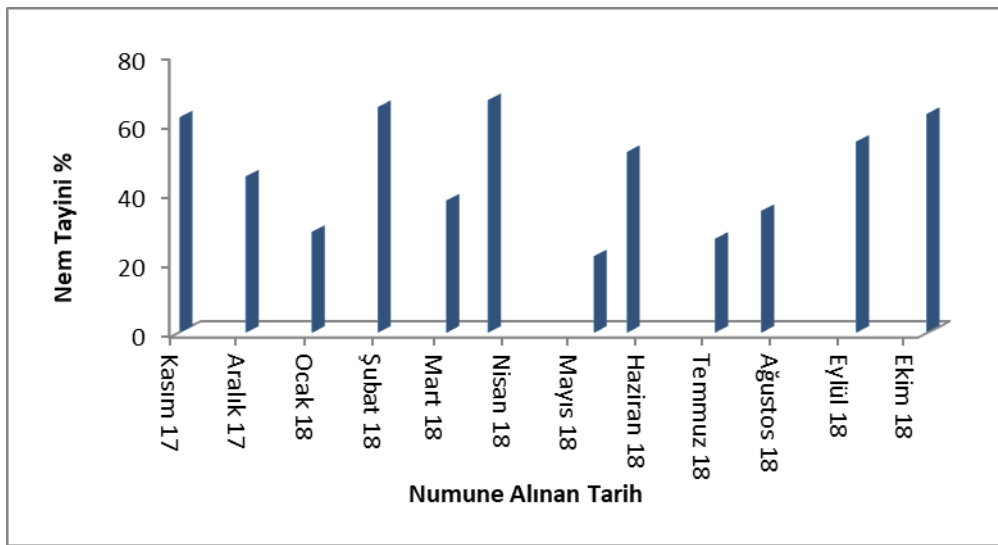
Van İli TAST atıksuyu SKKY deşarj limitleri ile göre karşılaştırılmıştır. KOİ konsantrasyonlarının 2017 yılının aralık ayında 670 mg/L, 2018 yılının ise Mart ayında 900 mg/L, Ağustos ayında 790 mg/L değerlerinde olduğu ve yönetmelikte belirlenen deşarj standardının üzerinde olduğu görülmektedir. Çizelge 4.2. ortalama analiz değerlerini belirtmektedir.

Çizelge 4. 2. TAST atıksu analizine ait değerlerin ortalaması, Van

Parametre	Birim	Analiz Sonuçları (Ortalama)	SKKY Tablo-25 Desarj Limitleri  Kanalizasyon Sistemleri Derin Deniz Deşarjı ile Sonuçlanan Altyapı Tesislerinde,
pH		7,74	6,5- 10
Sıcaklık	°C	23	40
İletkenlik	(µs/cm)	169	-
AKM	mg/L	40	350
KOİ	mg/L	472	600
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	5,1	10
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	0,8	5
PO <sub>4</sub> -P	mg/L	6,02	10
NH <sub>4</sub> -N	mg/L	18,25	40

#### 4.1.1. Nem içeriği

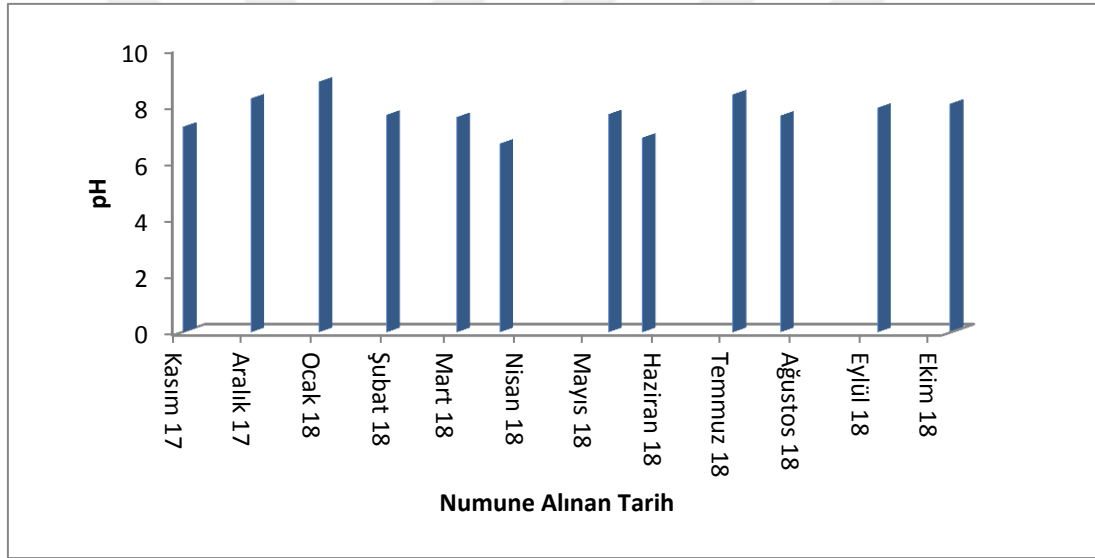
Tıbbi atık sterilizasyon tesisinden 12 ay boyunca alınan katı atık numunelerinde yapılan su muhtevası analiz sonuçları Şekil 4.1.' de gösterilmiştir. Tesisten farklı zamanlarda alınan numunelerin nem içeriği değerlerinde çok büyük farklılıklar görülmemiştir.



Şekil 4. 1. TAST atıklarının nem içeriğinin aylara göre değişimi.

#### 4.1.2. pH

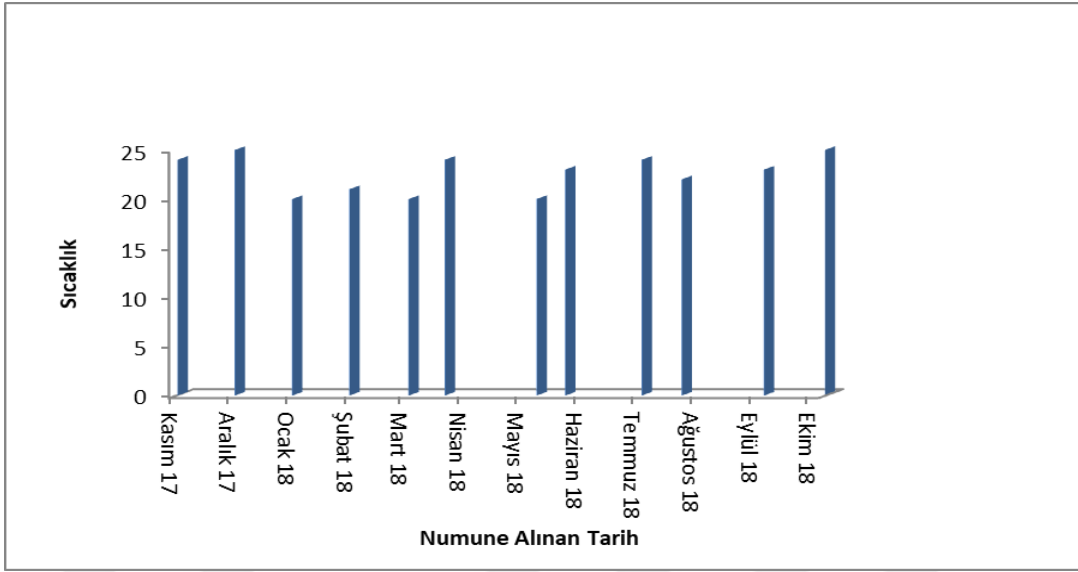
Tıbbi atık sterilizasyon tesisinden 12 ay boyunca alınan atık su numunelerinde yapılan pH analizlerinde elde edilen sonuçlar Şekil 4.2. ' de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 12 aylık yapılan analizlerin sonucunda elde edilen sonuçlarda maksimum değer 8,85 minimum 6,66 olarak bulunmuştur. SKKY' ne göre pH değerlerinin 6-10 arasında olması gerekmektedir. TAST atıksularının pH değerlerinin verilen sınır değerler arasında olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre, pH değerlerinin önemli ölçüde değişmediği görülmüştür. Literatürde, örneğin Özkan ve ark., (2010) tarafından yapılan çalışmada (Çizelge 4.5.) pH değerleri 7-8 arasında değişmektedir ve bu değerler Çizelge 4.1. deki deney sonuçlarına çok yakındır.



Şekil 4. 2. TAST atıksularına ait pH değerlerindeki değişim.

#### 4.1.3. Sıcaklık

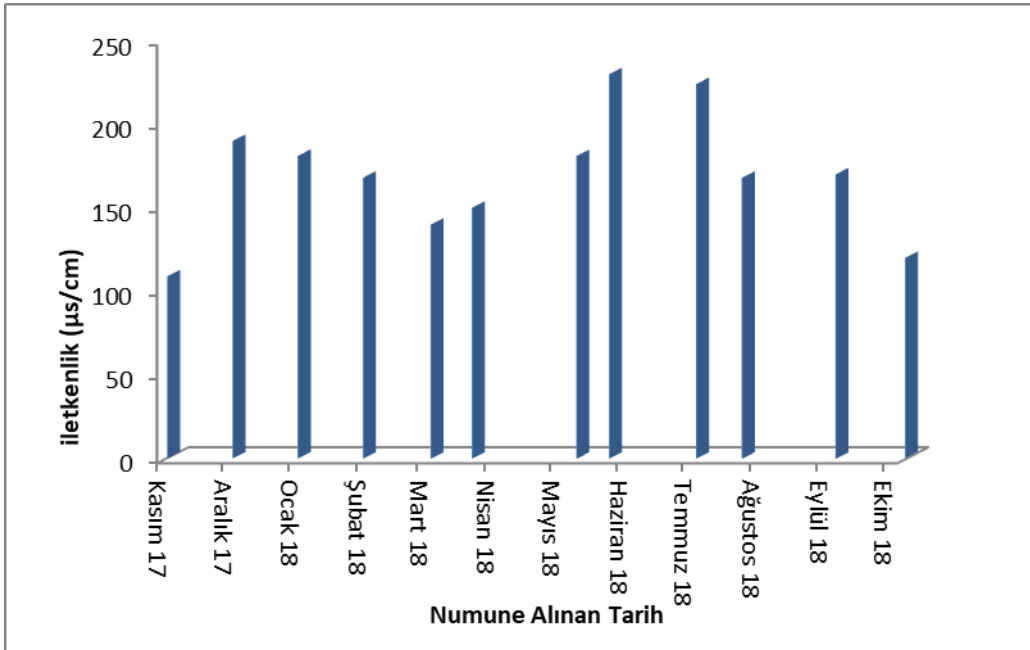
TAST atıksularından alınan numunelerde yıl boyunca gözlenen sıcaklık değerleri Şekil 4.3. ' de gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre TAST atıksularının sıcaklık değerleri SKKY deşarj limitleri sınırları içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 3. TAST atıksularındaki sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi.

#### 4.1.4. İletkenlik

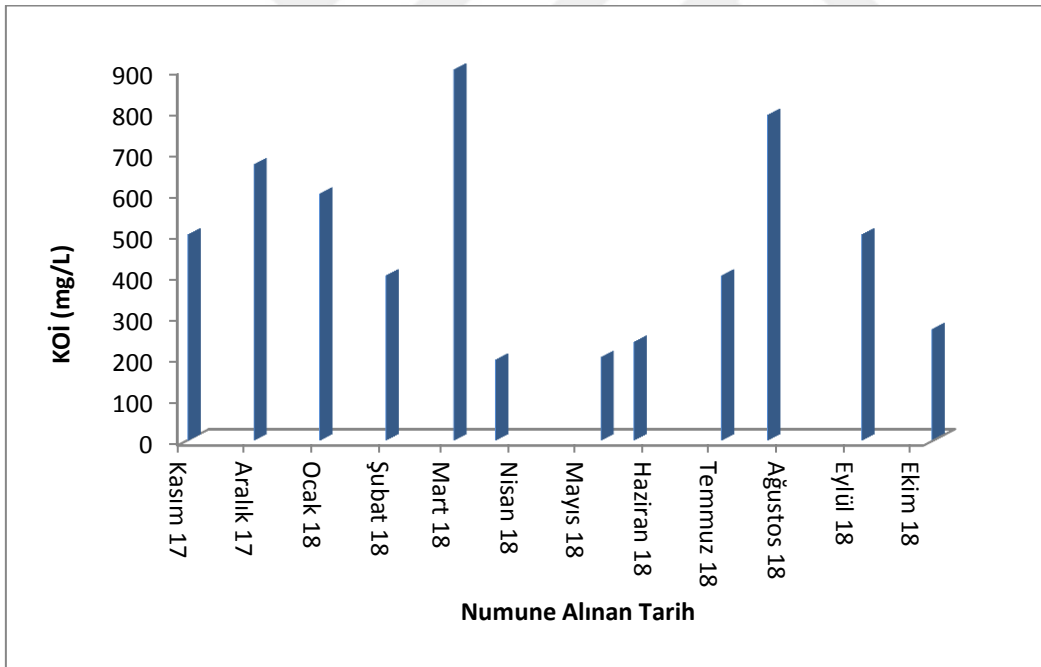
Şekil 4.4.' de görüldüğü gibi TAST atıksularının iletkenlik değerlerinde büyük değişim gözlenmemiştir.



Şekil 4. 4. TAST atıksularındaki iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimi.

#### 4.1.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı

TAST atıksularının karakterizasyon değerleri incelendiğinde en yüksek KOİ değeri 2018 yılının mart ayında görülmektedir. KOİ değerleri dikkate alındığında, tıbbi atık sterilizasyon atıksularını genellikle orta kuvvette atıksu olarak sınıflandırmak mümkündür (EPA, 1992). Literatürde çalışılan diğer TAST atıksuları ile ilgili KOİ değerleri Çizelge 4.5. 'de verilmiştir. Ancak, yılın farklı aylarında, atık suyun özellikleri büyük ölçüde değişebilir ve güçlü atık su kalitesine sahip olabilir. SKKY' nde KOİ konsantrasyonu için sınır değer 600 mg/L olarak verilmiştir. Bu yönetmeliğe göre tesisinin KOİ konsantrasyonlarının 2017 yılının aralık ayında 670 mg/L, 2018 yılının ise Mart ayında 900 mg/L, Ağustos ayında 790 mg/L değerlerinde olduğu ve yönetmelikte belirlenen deşarj standardının üzerinde olduğu görülmektedir. Tıbbi atık sterilizasyon tesisinden yıl boyunca atıksu numuneleri alınarak yapılan KOİ analiz sonuçları Şekil 4. 5. ' de verilmiştir.

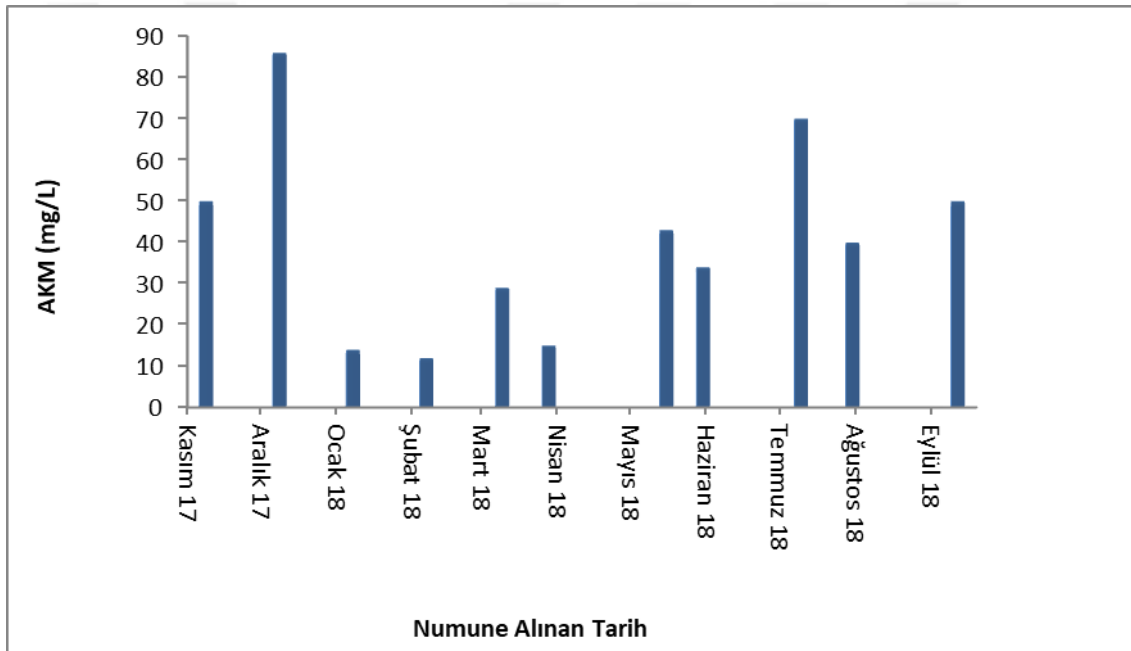


Şekil 4. 5. TAST atıksularındaki KOİ konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.



#### 4.1.6. Askıda katı madde

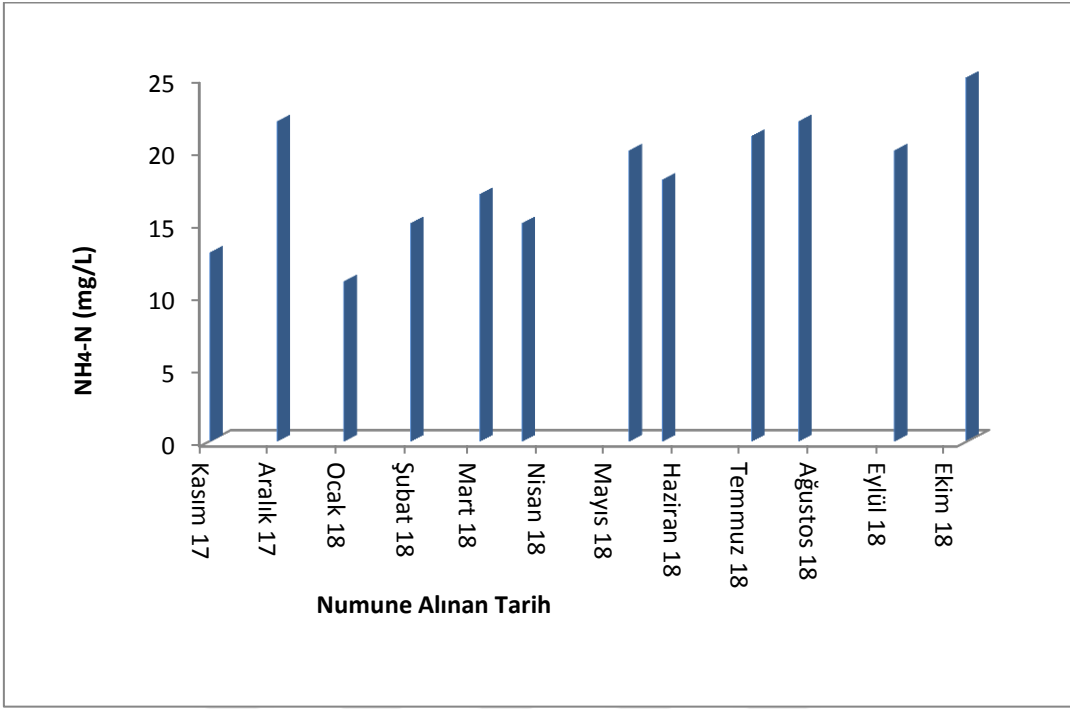
SKKY' ne göre, AKM konsantrasyonunun 350 mg/L olması gerekmektedir. TAST atıksularının AKM konsantrasyonunun yönetmelikte belirlenen sınır değerin altında olduğu Şekil 4. 6' de görülmektedir. Aylara göre AKM değerlerine bakıldığında 2017 yılının Kasım ayında 50 mg/L, Aralık ayında 86 mg/L, 2018 yılının Temmuz ayında 70 mg/L ve Eylül ayında 50 mg/L olarak tespit edilmiştir. Literatürde, yapılan araştırmalarına göre Çizelge 4. 5'de bildirilen AKM konsantrasyonları 60-250 mg/L arasındadır.



Şekil 4. 6. TAST atıksularındaki AKM konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.

#### 4.1.7. NH<sub>4</sub>-N

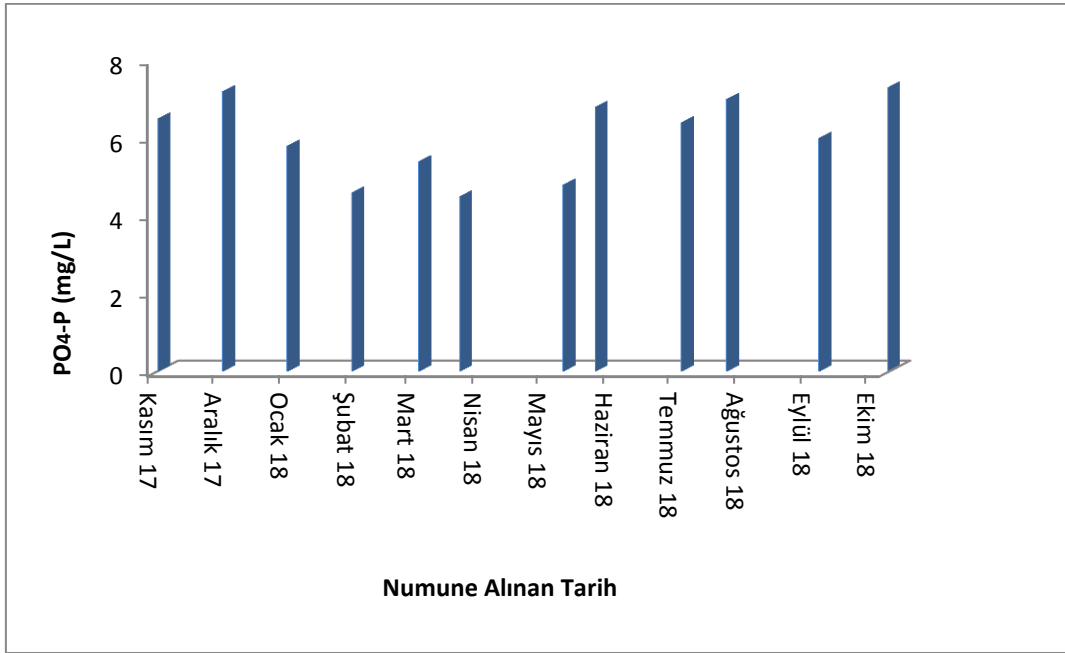
Şekil 4.7. ' de görüldüğü gibi 12 aylık yapılan analizlerin sonucunda elde edilen sonuçlarda maksimum değer 25 mg/L minimum 11mg/L olarak bulunmuştur. Elde edilen NH<sub>4</sub>-N değerlerinin verilen sınır değerler arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 7. TAST atıksularındaki NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.

#### 4.1.8. PO<sub>4</sub>-P

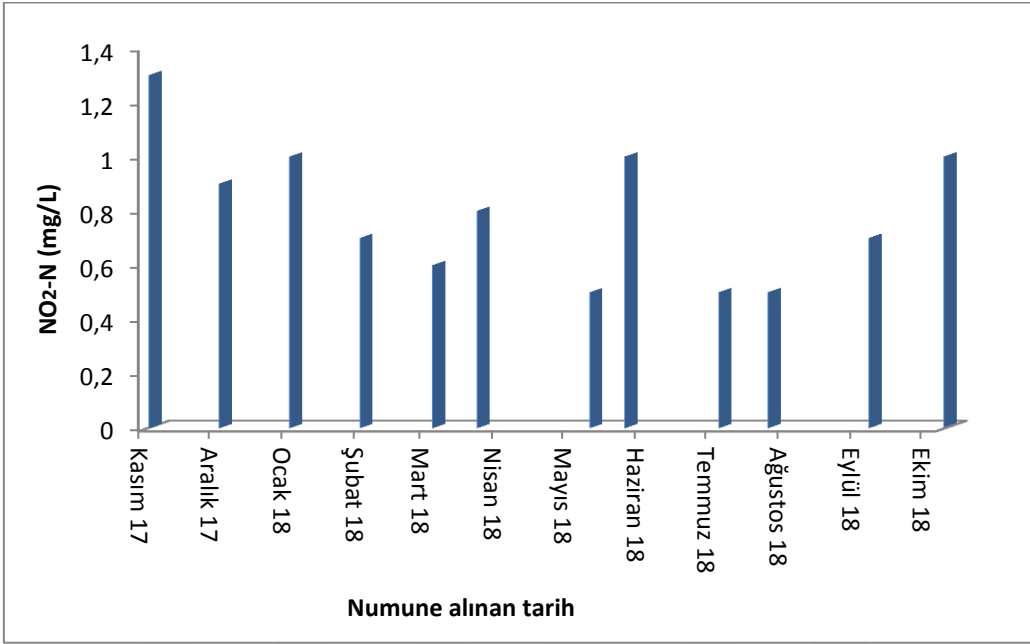
Bir yıl içerisinde, atıksuyun PO<sub>4</sub>-P parametresi 4,5-7,2 mg/L arasında değişmiştir. Elde edilen PO<sub>4</sub>-P değerlerinin verilen sınır değerler arasında olduğu görülmektedir.



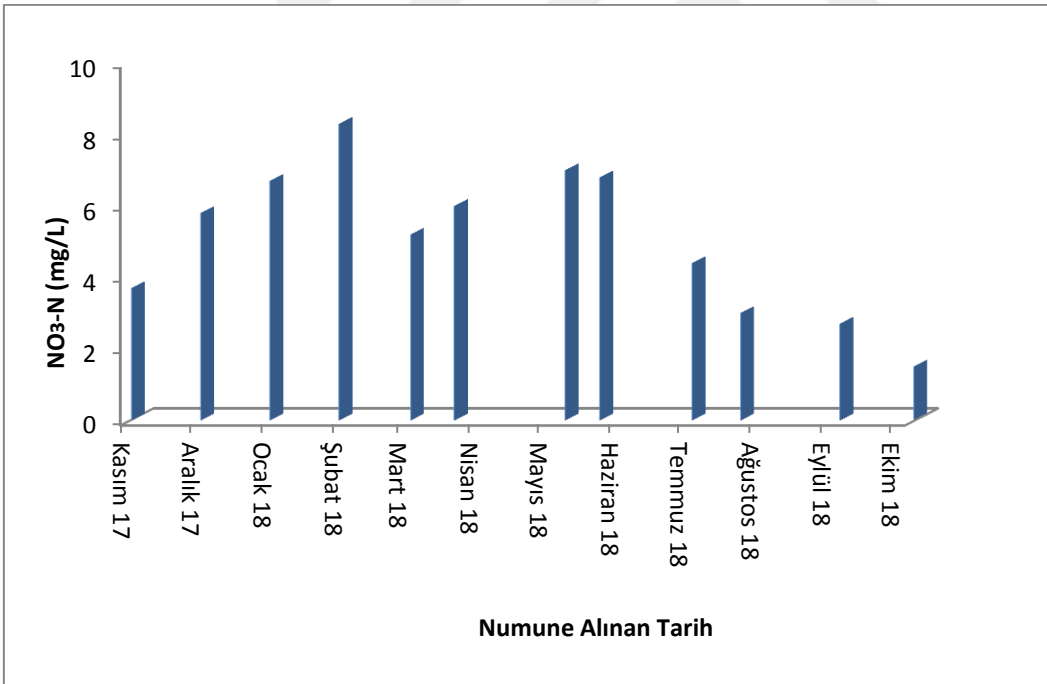
Şekil 4. 8. TAST atıksularındaki PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.

#### 4.1.9. NO<sub>2</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N

Yapılan çalışmada TAST atıksuları aylara bağlı olarak değişim göstermektedir. NO<sub>2</sub>-N en yüksek değere 2017 kasımında 1.3 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 2018 şubat ayında 8.3 mg/L ulaşmıştır. Atıksuların içerdiği NO<sub>2</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N değerlerinin aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.9. ve Şekil 4.10.' da gösterilmektedir.



Şekil 4. 9. TAST atıksularındaki NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.



Şekil 4. 10. TAST atıksularındaki NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.

#### 4.1.10. Ağır metaller

Tıbbi atık sterilizasyon tesisinden 12 ay boyunca alınan atık su numuneleri Van YYÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarında analizlerinin yapılması sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Analiz edilen ağır metal konsantrasyonları ve SKKY 'ne göre deşarj standartları (mg/L)										
Analiz Dönemi	Hg (0,2)	Al (5)	As (3)	Cd (2)	Co (2)	Cr (5)	Cu (2)	Ni (5)	Pb (3)	Zn (10)
11.2017	0,035	2,61	0,008	0,0140	0,0060	0,030	0,202	0	0,200	1,580
12.2017	0,034	0,42	0,003	0,0010	0,0006	0,024	0,672	0	0,013	1,205
01.2018	0,017	0,70	0	0,0010	0,0010	0,015	0,046	0,004	0,025	0,440
02.2018	0,009	0,40	0	0,0120	0,0140	0,027	0,042	0,008	0,143	0,335
03.2018	0	0,39	0	0,0003	0,0002	0,013	0,038	0	0,009	0,285
04.2018	0	3,99	0	0,0040	0,0050	0,024	0,024	0	0,047	0,285
05.2018	0	1,29	0	0,0050	0,0015	0,013	0,015	0	0,070	0,209
06.2018	0,016	3,50	0,003	0,0046	0,0040	0,022	0,234	0,003	0,025	0,205
07.2018	0	2,76	0	0,0300	0,0003	0,016	0,120	0,003	0,120	0,300
08.2018	0	0,80	0,002	0,0020	0,0030	0,010	0,055	0	0,005	0,288
09.2018	0,011	1,12	0,005	0,0005	0,0044	0,020	0,104	0,002	0,070	0,560
10.2018	0	0,50	0	0,0010	0,0001	0,016	0,025	0	0,230	0,800

Çizelge 4. 3. TAST atıksularındaki ağır metal konsantrasyonları ve deşarj limitleri

Bazı ağır metaller sağlıklı bir yaşam için eser miktarda gereklidir. Fakat vücut tarafından metabolize edilmediklerinde ve yumuşak dokularda biriktiklerinde toksik hale gelirler. Bu özelliklerinden dolayı ağır metaller analiz edilmesi gereken bileşiklerdir.

Ağır metal konsantrasyonları yönetmelikte verilen sınır değerlerden düşüktür. Ağır metal değerlerinin standart değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Baylan 2010, yaptığı çalışmada TAST atıksularının ortama verdiği ağır metalleri ( CN, Ar, Pb) incelemiş ve SKKY deşarj limitlerine göre karşılaştırmıştır. CN: 0,0016 mg/L, Ar: 0,002 ve Pb : 0,0056 mg/L olarak tespit etmiştir (Baylan, 2010).

Karakterizasyon çalışmaları sonucunda diğer TAST atıksularına kıyasla, incelenen tesiste düşük kirlilik yükü gözlenmiştir. Bir yıl içerisinde, atıksuyun KOI parametresi 200-900 mg/L arasında değişmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.

#### 4.1.11. Mikrobiyolojik analizler

Patojen mikroorganizmaların analizleri Van YYÜ Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Toplam fekal koliform, *E.coli* ve koliform analizleri yapılarak Çizelge 4.4.' de gösterilmiştir. Küçükşahin ve ark. (2008) Çorum ilinde yapmış oldukları tıbbi atık sterilizasyonu atıksuyu analiz çalışmasında atıksuyu laboratuvar tüplerine ekim yaparak, 24-26 saat etüvde bekletmişlerdir. Koliform, Fekal koliform bakteri türlerinin yaşamsal faaliyeti olmadığı kanısına varmışlardır.

Çizelge 4. 4. Atıksu numunesi mikrobiyolojik analiz sonuçları

PARAMETRE	BİRİM	ANALİZ SONUÇLARI
Koliform Bakteri	EMS/100 ml	Saptanamadı< 0
<i>E. coli (Escherichia coli)</i>	EMS/100 ml	Saptanamadı< 0
Fekal koliform	EMS/100 ml	Saptanamadı< 0

Çizelge 4.5. 'de literatürde bulunan çeşitli tıbbi atık sterilizasyon tesisi atıksularının karakterizasyonu verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Literatürdeki TAST atıksuları karakterizasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Parametreler	Gökkuş ve ark., 2015 (Kayseri)	Küçükşahin ve ark.,2008 (Çorum)	Özkan ve ark.,2010 (Kayseri)	Baylan.,2009 (Edirne)	Van İli TAST (ort)	SKKY deşarj standartları
pH	9,19	8,93	7	7,6	7,74	6,5- 10
İletkenlik(µs/cm)	2630	981	-	-	169	-
KOI (mg/L)	1821	2406	855	1037	472	600
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	15	14,2	-	-	5,1	10
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	0,5	0,5	-	-	0,8	5
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	29	64	-	-	18,25	40
AKM (mg/L)	170	491	250	61	40	350
BOI-5 (mg/L)	906	-	220	-	-	-
PO <sub>4</sub> -P (mg/L)		12	16	-	6,02	10

Çizelge 4.5. 'de verilen atık su karakterizasyonu ile ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda TAST atık su parametrelerinindeşarj standartları sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu atık suların alıcı ortama verilmeden önce uygun bir arıtma yöntemi seçilerek arıtılması gerekmektedir.

Gökkuş ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada tıbbi atıkların bertarafında elektrokoagülasyon yöntemini uygulayarak pH, iletkenlik, KOI, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, AKM ve BOI parametrelerinin giderim verimlerini incelemişlerdir. Uygulanan yöntemde %52 giderim sağlanmıştır.

Özkan ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada tıbbi atık tesisi atıksularında flokülasyon yöntemini inceleyerek karakterizasyon çalışması yapmışlardır ve Çizelge 4.5' de belirtilen sonuçları SKKY' ne göre değerlendirmişlerdir. Yapılan uygulama ile %60 oranında giderim sağlanmıştır.

#### 4.1.12. Eluat analizleri

Sterilizasyon tesisinden çıkan tıbbi atıkların liç analizinde Pb ve Cd (1,05-1,09 mg/L) değerleri sınır değerinin çok az üzerindedir. Genel olarak Çizelge 4. 6' da verilen analiz sonuçlarına göre tıbbi atıkların TAKY' ne göre tehlikesiz atık sınıfında olduğu görülmektedir. Afşin, Elbistanda uçucu küllerin liç karakteristikleri ile ilgili yapılan bir

çalışmada Pb, Cd, Cr ve Ni gibi bazı ağır metallerin liç karakteristikleri incelenmiştir ve TAKY göre sınır değerleri aşmadığını tespit edilmiştir (Türkmenoğlu, 2010). Atıksu arıtma çamuru ile ilgili yapılan ağır metal liç deneylerinde Cu, Cr, Zn gibi ağır metallerin konsantrasyonlarının (Cu: 3,762 mg/L, Cr:0,075 mg/L ve Zn: 0,490 mg/L) TAKY sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür (Topal ve ark., 2011). Bu durum atık depolama alanları yakınındaki yeraltı sularında ağır metallerin birikim olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Ağır metal içeren atıklardan ağır metallerin liçlenmesi sonucunda yeraltı sularının ve yüzeysel suların kirlenmesi riski; bu atıkların bertarafında gerekli tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir.

Çizelge 4. 6. Tıbbi atıkların günlük eluat konsantrasyonlarından TAKY' ye göre belirlenen atık sınıfları

Numunenin alındığı dönem	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Hg (mg/L)
11.2017	0,01	0,004	0,11	0,93	0,06	0,012	0,020
12.2017	0,90	0,009	0,10	0,30	0	0,006	0,010
01.2018	0,04	0,012	0,03	0,23	0,12	0,011	0,020
02.2018	0,06	0,010	0,07	0,10	0	0,014	0,010
03.2018	0,59	0,050	0,10	0,13	0,03	0,007	0,005
04.2018	1,09	0,180	0,04	1,00	0,04	0,003	0,006
05.2018	1,05	0,190	0,07	0,82	0,14	0,004	0,006
06.2018	0,50	0,031	0,09	1,10	0,06	0,012	0,003
07.2018	1,00	0,003	0,10	0,73	0,07	0,003	0,019
08.2018	1,00	0,002	0,04	0,55	0,10		0,020
<b>Sınır Değerler</b>	≤ 0,05 0,05 - 1 > 1 - 5	≤ 0,004 0,004 - 0,1 > 0,1 - 0,5	≤ 0,05 0,05 - 1 > 1 - 7	≤ 0,2 0,2 - 5 > 5 - 10	≤ 0,04 0,04 - 1 > 1 - 4	≤ 0,4 0,4 - 5 > 5 - 20	≤ 0,001 0,001 - 0,02 > 0,02 - 0,2

- (İnert Tehlikesiz Tehlikeli)



## 5. SONUÇ

TAST atıksularının özelliklerini belirlemek için 12 ay boyunca ayda bir kez 24 saatlik kompozit atıksu numuneleri alınarak analizler yapılmıştır. Atıksuların karakterizasyon parametreleri SKKY' de verilen deşarj standartları ile karşılaştırılmıştır. Atıksu karakterizasyon değerleri incelendiğinde tıbbi atık sterilizasyon tesisinden kaynaklanan atıksuların tipik bir evsel atıksu karakteri sergilediği görülmüştür.

Van ili tıbbi atık sterilizasyon tesisinden alınan atıksu ve katı atık numunelerinde pH, sıcaklık, KOİ, iletkenlik, AKM, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Analizlerin ortalama değerleri, pH 7,74, sıcaklık 23°C, iletkenlik 169,25 µS/cm, KOİ 472 mg/L, AKM 40 mg/L, NO<sub>2</sub>-N 0,8 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 5,1 mg/L, NH<sub>4</sub>-N 18,25 mg/L ve PO<sub>4</sub>-P 6.02 mg/L bulunmuştur. Ağır metal konsantrasyonlarının (Hg, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) SKKY' de verilen sınır değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik analizler ise membran filtrasyon yöntemine göre yapılmıştır. 24-48 saat süre ile bekletilen numunelerde herhangi bir faaliyet gözlenmemiştir. Ayrıca TAST katı atıklarının ağır metal açısından liç karakteristikleri incelenmiştir. Atıkların liçlemesi sonucu ağır metal konsantrasyonlarının yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altında olduğu bulunmuştur.

İncelenen tesiste sterilizasyon sonrası parçalamaya işleminin sayesinde katı atıkların hacim azalması da sağlanmaktadır. TAST atıksularının karakteristik özellikleri literatürde uygulanan proseslere göre farklılık göstermektedir. Bu değişkenliğin nedenleri sağlık kuruluşları ve hastanelerde üretilen tıbbi atık miktarına bağlı olmaktadır. Karakterizasyon sonuçlarına göre, Van TAST atıksularının kirlilik yükleri çok yüksek değildir. Sadece TAST atıksularındaki bazı aylardaki KOİ konsantrasyonları ve sterilizasyon tesisinden çıkan tıbbi atıkların liç analizinde Pb ve Cd (1,05-1,09 mg/L) değerleri sınır değerin çok az üzerindedir. Bu nedenle, sadece sınır değerinin aşıldığı aylarda atıksulara kimyasal arıtma (koagülasyon, flokülasyon vb.) işleminin uygulanması, toksisite etkilerini azaltmak ve ayrıca deşarj standartlarını sağlamak için yeterli olabilir.



## KAYNAKLAR

- Abu Qdais, H., Rabi, A., Abdulla, F., 2007. Characteristics of the medical waste generated at the Jordanian hospitals. *Clean Technology Environ Policy* **9**: 147–152.
- Albayrak, D., Esmen, C., Varınca, 2008. K., Tıbbi atık bertaraf yöntemlerinden buharlı sterilizasyon teknolojisi, *ÇESKO 2008*, Çevre Sorunları Kongresi, 2008, 1-6.
- Alkan, U., Cindoruk., S.S., Odaman, Y.,1999. Bursa İlinde Tıbbi Atıkların Kontrolü. *Çev-Kor*, **9**(33): 12-14.
- APHA, AWWA, WCPF., 1998. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.
- Aydoğan, Ö.,Varank, G., Bilgili, M.S.,2010. Medical Waste Management In Gaziantep. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, **3**: 132-140.
- Baylan, A., 2009. *Tıbbi Atıkların Bertarafı Üzerine Çalışma Edirne Örneği* (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bayrak, S., Karadurmuş, E., 2007. Tıbbi atıkların buhar ile sterilizasyonu sonucunda oluşan bioemisyonların ölçümü ve kullanılacak bioindikatörlerin seçimi, *Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi*. 16-18 Mayıs 2007, Hitit Üniversitesi, Çorum.
- Birpınar, M. E., Bilgili, M. S., Erdoğan, T., 2009. Medical waste management in Turkey: A case study of Istanbul. *Waste Management*, **29** : 445-448.
- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2018. *Van İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu*, Çevre Yönetim ve Denetimi Şube Müdürlüğü, Van.
- Çobanoğlu, N., Aydoğdu, İ.B., 2014. Tıbbi Atıkların oluşturduğu sorunların Çevre, Sağlık ve Etik Açısından İncelenmesi, *Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi* 38. ICANAS, Ankara
- Demir Yetiş, A., Can, O.T., Gazigil, L., Yetiş, R., Gözel, A., Akyüz, F., Yüzdağ, F., Tütün, M. M., Gözetten, C., 2014. Tıbbi Atık Yönetimi: Bitlis Örneği. *Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi*, 1-4 Eylül 2014, Van.
- Diaz, L.F., Savage, G.M, Eggerth, L.L., 2005. Alternatives for the treatment and disposal of health care wastes in developing countries. *Waste Management*, **25**: 626-637.
- El-Haggar., 2007. *Sustainable Industrial Design and Waste Management*, Academic Press, Oxford, 293–306.
- Erkuş, A., Oygün, E., Türkmenoğlu, M., Aldemir, A., 2018. Boya endüstrisi atıklarının karakterizasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **23** (3): 308-319.
- Eskitürk, A., 2002. *Hastane Atıklarının Yönetiminde Atık Minimizasyonu* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Esmen, C., Varınca, K. B., Şengil, A.S., Albayrak, D., 2008. Tıbbi atık bertaraf metodu olarak otoklav ile sterilizasyonda sondan parçalama sistemi örneği. *Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Kongresi*, 15-16 Mayıs 2008, İstanbul. 91-99.

- Evirgen, H., 2007. *Çumra Devlet Hastanesi Katı Atıklarının Potansiyeli, Bertarafı ve Değerlendirme Yöntemlerinin Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Faikoğlu, R., 2007. *Hastane Atıklarının Yönetimi, Bertaraf Yöntemleri ve Strateji Önerileri* (Doktora Tezi). İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Giusti, L., 2009. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, **29**:2227-2239.
- Gökkuş, Ö., Yıldız, Y. Ş., 2015. Application of electrocoagulation for treatment of medical waste sterilization plant wastewater and optimization of the experimental conditions. *Clean Techn Environ Policy*, **17**: 1717-1725.
- Insa, E., Zamorano, M., Lopez, R., 2010. Critical review of medical waste legislation in Spain resources. *Conserv Recycl* **54**:1048–1059.
- Jang, Y. C., Lee, C., Yoon, O., Kim, H., 2005. Medical waste management in Korea. *Journal of Environmental Management*, **1**:9.
- Jiang, C., Ren, Z., Tian, Y., Wang, K., 2012. Application of best available technologies on medical wastes disposal/treatment in China (with case study). *Procedia Environmental Sciences*, **16** : 257-265.
- Kajitvichyanukul, P., Suntronvipart, N., 2006. Evaluation of biodegradability and oxidation degree of hospital wastewater using photo-Fenton process as the pretreatment method, *J Hazard Mater*, **138**:384–391.
- Kaptanoğlu, S., Kaplan, K., Aksakal, K., Kaplan, H., Atasoy, N., Kaptanoğlu, M., Aranlı, Ş., 2014. Van İli deprem öncesi ve sonrası tıbbi atıklar kontrol yönetimi. *Akademik Platform*.
- Koçer, N., Gözegir, M., 2018. Elazığ İli tıbbi atık yönetim sisteminin değerlendirilmesi ve mali sürdürülebilirlik. *BEU Journal of Science*, **7**(1):1-10.
- Küçükşahin, E., Özkaya, O., Bayrak, S., Karadurmuş, E., (2008). Tıbbi atıkların buhar sterilizasyon yöntemi ile bertaraf edilmesi ve bu yöntemin çorum ilindeki tıbbi atık tesisinde incelenmesi. *Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Kongresi*. 15-16 Mayıs 2008, İstanbul. 34-41
- Marin, C., Yıldırım, U., 2004. Çevre sorunlarına çağdaş yaklaşımlar: ekolojik, ekonomik, politik ve yönetsel perspektifler, 103-124, Beta, İstanbul.
- Marinkovic, N., Vitale, K., Holcer, N. J., Dzakula, A., Pavic, T., 2008. Management of hazardous medical waste in Croatia. *Waste Management*, **28**: 1049-1056.
- McKeen, L., 2012. *Introduction to Food Irradiation and Medical Sterilization*. In: *McKeen L (ed) The Effect of Sterilization on Plastics and Elastomers*, 3rd edn. William Andrew Publishing, Boston, 1–40.
- MEB, Milli Eğitim Bakanlığı, 2011. Katı Atıklar (850CK0104)
- MEB, Milli Eğitim Bakanlığı, 2011. Tıbbi Atıklar, (850CK0038)
- MEB, Milli Eğitim Bakanlığı, 2007.
- Özbay, B., Doğruparmak, Ş.Ç., Ayberk, S., 2010. Kocaeli İlinde tıbbi atık yönetimi. *Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi*. 18-20 Ekim 2010, Kocaeli.
- Özkan, O., Mihçioğur, H., Azgın, Ş.T., Özdemir, Ö., 2010. Characterisation of medical-waste sterilisation-plant wastewater and a preliminary study of coagulation–flocculation treatment options. *Water Science & Technology – WST*, **62**,2.
- Salihoğlu, N. K., Salihoğlu, G., 2009. Tıbbi atık yönetiminde bursa örneği. *Türkiye’ de Katı Atık Sempozyumu*. 15-17 Haziran 2009, İstanbul. 1-6.

- Silva, C. E., Hoppe, A.E., Ravello, M. M., Mello, N., 2004. Medical wastes management in the South of Brazil. *Waste Management*, **25**, 600-605.
- Sultan, N., 2006. Yeni sterilizasyon yöntemleri. *ANKEM*, **2**(20): 84-88.
- Taghipour, H., Mosaferi, M., 2009. Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran. *Science Of Total Environment*, **407**: 1527-1535.
- Tepe, Ö., Tunç, M. S., Tepe, M., 2015. *11. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. (2017, 25 Ocak). Resmi Gazete (Sayı: 29959).
- TMEF, 2005. Turkey Ministry of Environment and Forestry Turkish medical waste control regulation. *Official Gazette* No: 25883, Ankara, Turkey.
- Topal, M., Arslan Topal, E.I., Aslan, S. ve Kılıç, M., 2011. Termik santral uçucu külü, cürufu ve arıtma çamurundan ağır metallerin liçlenebilirliği. SAÜ. *Fen Bilimleri Dergisi*, **15**(2), 97-104.
- Topkaya, B., 2006. Tıbbi atıkların yönetimi. *Unilever Katı Atık Türk Milli Komitesi*.
- PATH, 2005. Treatment alternatives for infectious medical waste: *USAID(From The American People)*, USA, 2005.
- Tutar, D.Y., 2004. *Tıbbi Atık Yönetimi İçin Yeni Bir Yaklaşım ve Ankara Örneği*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu sağlık verileri, (2014-2017)
- Türkmenoglu, M., 2010. *Uçucu Küllerin Liç Karakteristiklerinin ve Çevreye Etkilerinin Araştırılması*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Yeşilyurt, H., Nayır, T., Akbaba, N., 2015. Medical Waste Management In Turkey In The World. *Turjoem*, **2**(1): 2149-4711.
- Yılmaz, S., Arpacı, A., 2014. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların bertaraf edilmesi ve su kirliliği. *Akademik Platform*, Adıyaman.



## ÖZ GEÇMİŞ

1988 yılında Van' da doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini Van' da tamamlamıştır. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü' nü kazanarak eğitim hayatına Elazığ' da devam etmiştir. 2012 yılında Fırat Üniversitesinde Lisans eğitimini tamamlayarak 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü' nde yüksek lisansa başlamıştır. Ayrıca 2015 Nisan ayı itibariyle Van Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığında Çevre Mühendisi olarak çalışmaya başlamış olup göreve devam etmektedir.



T.C  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 09 / 08 / 2019

Tez Başlığı / Konusu: **TIBBİ ATIKLARIN BERTARAFINDA STERİLİZASYON İŞLEMİ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VAN İLİ ÖRNEĞİ**

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 87 sayfalık kısmına ilişkin, 09 / 08 / 2019 tarihinde şahsım/tez danışmamın tarafından Turitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 13 ( on üç ) dir.

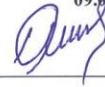
Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

09.08.2019



Adı Soyadı: **Dilek OKUR**

Öğrenci No: **149101118**

Anabilim Dalı: **Çevre Mühendisliği**

Programı: **Çevre Mühendisliği**

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

**DANIŞMAN ONAYI**  
UYGUNDUR

**Dr.Öğr.Üyesi Ayşe ÖZGÜVEN**

  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

**ENSTİTÜ ANAYI**  
UYGUNDUR.

  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)  
Enstitü Müdürü