

**MEZBAHALARDAN KAYNAKLANAN ATIKSULARIN
ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Kadriye MOLLA MOUSTAFA



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEZBAHALARDAN KAYNAKLANAN ATIKSULARIN
ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Kadriye MOLLA MOUSTAFA

0000-0001-5462-4343

Doç. Dr. Melike YALILI KILIÇ

0000-0001-7050-6742

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Kadriye MOLLA MOUSTAFA tarafından hazırlanan “MEZBAHALARDAN KAYNAKLANAN ATIKSULARIN ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Melike YALILI KILIÇ
0000-0001-7050-6742

Başkan : Doç. Dr. Melike YALILI KILIÇ
0000-0001-7050-6742
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Üye : Doç. Dr. İlker KILIÇ
0000-0003-0087-6718
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Saadet HACISALİHOĞLU
0000-0001-5969-4180
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa
Bilimleri Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.././....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

10/09/2019

Kadriye MOLLA MOUSTAFA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MEZBAHALARDAN KAYNAKLANAN ATIKSULARIN ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Kadriye MOLLA MOUSTAFA

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Melike YALILI KILIÇ

Kesim aşamasında ve sonrasında mezbaha tesislerinde, yüksek konsantrasyonlarda kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (3 500 – 12 500 mg/L), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (1 250 – 1 900 mg/L), askıda katı madde (AKM) (400 – 2 300 mg/L), toplam fosfor (2 – 7,5 mg/L), toplam azot (25 – 32 mg/L), yağ&gres (90 – 2 700 mg/L) ve kan ihtiva eden atıksular oluşmaktadır. Kanın yirmi günlük BOİ değeri 405 000 mg/L, beş günlük BOİ değeri 150 000 - 200 000 mg/L mertebelerinde olduğundan, yüksek miktarda kan içeren mezbaha tesisi atıksularının alıcı ortama verilmeden önce arıtılması gerekmektedir. İçerdiği yoğun kirletici maddeler nedeniyle arıtılmaları oldukça zor ve maliyetli olan bu atıksuların arıtımında, fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Konya’da bulunan 70 büyükbaş, 230 küçükbaş hayvan kapasiteli bir mezbaha tesisinden kaynaklanan atıksuların karakterizasyonu belirlenmiş ve arıtılabilirliği incelenmiştir. Bu kapsamda fizikokimyasal ve biyolojik arıtma ünitelerini içeren bir atıksu arıtma tesisi boyutlandırılmış ve bu arıtma tesisinin kurulabilmesi için gerekli maliyet hesabı yapılmıştır. Fizikokimyasal ve biyolojik arıtılabilirlik sonucunda; KOİ, yağ&gres ve renk giderim verimleri sırasıyla %98, %98 ve %90 olarak elde edilmiştir. Bu giderme verimleriyle KOİ 78,4 mg/L, yağ&gres 10 mg/L, renk 78,5 mg/L mertebelerine indirilmiştir. Mezbaha atıksularının arıtımında fizikokimyasal ve biyolojik proseslerin uygun arıtma yöntemleri olduğu kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıtılabilirlik, Atıksu, Boyutlandırma, Giderim Verimi, Maliyet, Mezbaha Tesisi

2019, vii + 73 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF TREATABILITY OF WASTEWATER FROM SLAUGHTERHOUSES

Kadriye MOLLA MOUSTAFA

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Melike YALILI KILIÇ

Slaughterhouse wastewaters containing high chemical oxygen demand (COD) (3 500 – 12 500 mg/L), biological oxygen demand (BOD) (1 250- 1 900 mg/L), total suspended solids (TSS) (400 – 2 300 mg/L), total phosphorus (TP) (2 – 7,5 mg/L), total nitrogen (TN) (25 – 32 mg/L), oil&grease (90 – 2 700 mg/L) and blood have occurred during and after the cutting in slaughterhouse. Since the twenty and five days BOD values of blood are 405 000 mg/L and 150 000 - 200 000 mg/L, respectively, the slaughterhouse wastewater containing high amounts of blood needs to be treated before discharging to the receiving media. Physical, chemical and biological methods are used in the treatment of this kind of wastewaters which are difficult and costly to be treated due to the high amounts of pollutants. In this study, the characterization of wastewater from a slaughterhouse with 70 ovines and 230 bovines in Konya was determined and their treatability was investigated. In this way, a wastewater treatment system including physicochemical and biological treatment units was dimensioned and necessary cost calculation was made for the establishment of this treatment system. As a result of treatment with physicochemical and biological treatment systems; COD, oil&grease and colour removal efficiencies were determined as 98%, 98% and 90%, respectively. With this removal efficiencies COD was reduced to 78,4 mg/L, oil&grease to 10 mg/L, color to 78,5 mg/L. It has been concluded that physicochemical and biological processes are suitable treatment methods for slaughterhouse wastewater treatment.

Keywords: Cost, Treatability, Wastewater, Sizing, Slaughterhouse

2019, vii + 73 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen, tez çalışmam süresinde bana yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Melike YALILI KILIÇ'a,

Tez çalışmam için mezbaha tesisleri hakkında gerekli tüm bilgilerin temin edilmesinde bana destek olan ve yol gösteren Çevre Mühendisi Sayın Selime ERDEM HEKİMOĞLU'na, analiz çalışmalarında bana yardımcı olan Elinsan Çevre Laboratuvarı'na,

Çalışmanın literatür araştırmaları sırasında ve çalışma süreci boyunca her türlü desteğini esirgemeyen eşim Endüstri Müh. Moustafa MOLLA MOUSTAFA'ya ve çalışma süresince bana manevi güç veren oğlum Meriç MOLLA MOUSTAFA'ya,

Tez çalışmam ve tüm hayatım boyunca maddi, manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen ve tüm hayallerimi gerçekleştirmeme yardımcı olan aileme, özellikle kardeşim Ebru ONURALMIŐ' a, arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kadriye MOLLA MOUSTAFA

Çevre Mühendisi

10/09/2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Mezbaha Tesislerinin Türkiye’de ve Dünyadaki Durumu.....	4
2.2. Mezbaha Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar.....	10
2.2.1. Mezbaha Tesislerinden Kaynaklanan Katı Atıklar.....	10
2.2.2. Mezbaha Tesislerinden Kaynaklanan Atıksu Karakterizasyonu.....	10
2.2.3. Mezbaha Tesisi Atıksularının Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Mezbaha Tesisinin Tanıtımı.....	15
3.2. Mezbaha Tesisinden Kaynaklanan Atıksuların Karakterizasyonu.....	17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
4.1. Fiziksel ve Fizikokimyasal Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	19
4.2. Biyolojik Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	20
4.3. Atıksu Arıtma Tesisi Proses Hesaplamaları.....	22
4.3.1. Debi Hesaplamaları.....	22
4.3.2. Fiziksel ve Fizikokimyasal Proses Hesaplamaları.....	23
4.3.3. Biyolojik Arıtma Proses Hesaplamaları.....	50
4.3.4. Çamur Susuzlaştırma Sistemi Hesaplamaları.....	60
4.4. Maliyet Hesabı.....	67
5. SONUÇ.....	69
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMALAR DİZİNİ

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKM	Askıda Katı Madde
AKR	Ardışık Kesikli Reaktör
AnSMBR	Anaerobik Batık Membran Biyoreaktör
APR	Ardışık Perdeli Reaktör
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
DAF	Çözünmüş Hava Flatasyonu
HYO	Hidrolik Yük Oranı
IPARD	Instrument for Preaccession Rural Development
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
SBR	Sequencing Batch Reactor
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TKN	Toplam Kjeldahl Azotu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Modern Bir Mezbaha Tesisi.....	4
Şekil 2.2. 2014-2015 Yılı Küçükbaş ve Büyükbaş Hayvan Sayısı (Milyon Baş) Değişimi	8
Şekil 3.1. Mezbaha Tesisine Ait Üretim Akım Şeması	16
Şekil 4.1. Mezbaha Tesisi Atıksuyu Deşarj Standardını Sağlayan Arıtma Tesisi Akım Şeması	21

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. 1991-2015 Yılları arasında Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş ve Küçükbaş Kesilen Hayvan Sayısı	5
Çizelge 2.2. 1991-2015 Yılları arasında Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş ve Küçükbaş Et Üretim Miktarı	6
Çizelge 2.3. Türkiye ve AB'deki Temel Hayvansal Ürün Göstergeleri	9
Çizelge 2.4. SKKY Çizelge 5.6 Gıda Sanayii (Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri).....	11
Çizelge 2.5. Çeşitli Çalışmalarda Belirlenen Mezbaha Tesisi Atıksu Karakterizasyon .	11
Çizelge 2.6. Tipik Bir Eysel Atıksu Kirlilik Yükleri	12
Çizelge 3.1. Tesis Karkas Et Üretim Kapasitesi	17
Çizelge 3.2. Mezbaha Atıksuyu Kirletici Derişimleri ve Kirlilik Yükleri.....	18
Çizelge 4.1. Mezbaha Tesisi Atıksuyu Deşarj Noktasında Kirletici Derişimleri ve Kirlilik Yükleri.....	21
Çizelge 4.2. Mezbaha Tesislerinde Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Başına Tüketilen Su Miktarı.....	22
Çizelge 4.3. Terfi Havuzu Tasarım Değerleri	32
Çizelge 4.4. Izgaralardan Geçen Atıksularda Beklenen Kirletici Giderim Verimleri	33
Çizelge 4.5. Nötralizasyon-Hızlı Karıştırma Tankı Tasarım Değerleri	35
Çizelge 4.6. Yavaş Karıştırma Tankı Tasarım Değerleri	38
Çizelge 4.7. DAF Tankı Tasarım Değerleri	45
Çizelge 4.8. DAF Sisteminden Geçen Atıksularda Beklenen Kirletici Giderim Verimleri	48
Çizelge 4.9. Dengeleme Tankı Tasarım Değerleri.....	50
Çizelge 4.10. Havalandırma Havuzu Tasarım Değerleri	56
Çizelge 4.11. Biyolojik Çöktürme Havuzu Tasarım Değerleri.....	59
Çizelge 4.12. Biyolojik Arıtma Verimliliği	59
Çizelge 4.13. Çamur Yoğunlaştırma Havuzu Tasarım Değerleri	64
Çizelge 4.14. Filtre Pres Tasarım Değerleri.....	66
Çizelge 4.15. Atıksu Arıtma Tesisi Yatırım Maliyeti	66
Çizelge 4.16. Kimyasal Madde Yatırım Maliyeti	66

1. GİRİŞ

Hayvancılık, insanların beslenmesinde ihtiyaç duyulan hayvansal gıdaların yeterli ve hızlı bir şekilde temin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (İnençli ve ark., 2000). Canlı hayvanların kesimi sonucu elde edilen hammadde ete dönüştürülmektedir. Oluşan ürün uzun süre bozulmadan saklanabilecek şekil ve yapıya çevrilmekte ve ambalajlanarak kullanıma hazır hale getirilmektedir. Söz konusu hammaddenin ürüne dönüşümü için büyükbaş ve küçükbaş hayvanların kesimi mezbaha tesislerinde gerçekleştirilmektedir (İnençli ve ark., 2000).

Mezbaha tesisi atıksularında, organik madde (kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)), toplam askıda katı madde, toplam fosfor, toplam azot ve yağ&gres konsantrasyonu oldukça yüksektir (Özyonar ve Karagözoğlu, 2011). Bu nedenle, mezbaha tesisi atıksuları, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini gidermek amacıyla alıcı ortama verilmeden önce arıtılması gerekmektedir. Arıtılmadan direkt deşarj edilir ise nehirler oksijensizleşmekte ve yüzeysel sular kirlenmektedir (Masse ve Masse, 2000). Yüzeysel sulardaki kirlenme, insan ve hayvanlar için hastalık kaynağı olarak büyük tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca yüksek miktarda kan içeren mezbaha atıksularının direkt deşarjı, atıksuyun renginden ve bulanıklığından dolayı estetik açıdan görüntü kirliliğine neden olacaktır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde, SKKY “Gıda Sanayi Sektöründe” yer alan mezbahalar ve entegre et tesisleri için alıcı ortama deşarj standartları Tablo 5.6’da verilmiştir. Mezbahalar ve entegre et tesisleri söz konusu Tablo 5.6’da verilen deşarj standartlarını sağlayamaz ve oluşan atıksuları doğrudan alıcı ortama verirse, 2872 Sayılı Çevre Kanunu’nun 8. Madde’ sinde yer alan ‘Her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerde belirlenen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır’ hükmü gereğince aynı kanununun 20. maddesi (1) bendine göre 24 000 TL idari para cezasına çarptırılır (Topal ve Topal, 2011).

Mezbaha atıksuları, kan ve etten kaynaklanan protein, yağ ve karbonhidrat içeriği ile BOİ ve KOİ değerlerinde yükselmeye neden olmaktadır. Mezbaha atıksularının en önemli bileşeni kandır. Kanın yirmi günlük BOİ'si 405 000 mg/L, beş günlük BOİ'si 150 000-200 000 mg/L civarında olup, pıhtılaşmış kanın BOİ' si ise 470.000 mg/l dir (Danış, 1996). Bu nedenle mezbaha tesislerinde kesimlerden dolayı ortaya çıkan kanın ayrı bir yerde toplanarak, ilgili bertaraf tesislerine gönderilmesi gerekmektedir. Aksi taktirde arıtma tesisine gelecek kanın arıtılması mümkün değildir.

Mezbaha atıksuları içeriği bakımından farklı Avrupa kanunları tarafından çok kirletici olarak sınıflandırılmakta ve yağ, protein ve fiberlerin kompleks bir karışımı olarak karakterize edilmektedir. Organik madde konsantrasyonu orta-yüksek seviyede olup, yaklaşık %45'i çözülmüş formda bulunurken, %55'i askıda formda bulunmaktadır (Gürtekin, 2009). Literatürde yapılan çeşitli çalışmalar incelendiğinde, mezbaha atıksularının, KOİ değerinin 3 500 - 12 150 mg/L, BOİ değerinin 1 200 - 2 000 mg/L, yağ&gres değerinin 90 - 2 750 mg/L, AKM değerinin ise 400 – 2 500 mg/L mertebelerinde olduğu görülmektedir. Atıksu karakterizasyon değerlerinin geniş bir aralıkta seyretmesi; kan tutma verimi, su kullanımı, kesilen hayvan tipi ve et işleme miktarı gibi faktörlere bağlıdır (Gürtekin, 2009).

Mezbaha tesisleri incelendiğinde, kesimden dolayı endüstriyel nitelikli atıksu ile birlikte, kesim sonrası zemin yıkamalarından ve lavabolardan kaynaklanan evsel nitelikli atıksuların da oluşabileceği tespit edilmiştir.

Yüksek konsantrasyonda organik kirliliğe sahip mezbaha atıksularının arıtımı, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma prosesleri ile ileri arıtma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Topal ve Topal, 2011).

Oluşan mezbaha atıksularının arıtılabilmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde bu yöntemlerden bazıları; koagülasyon/flokülasyon ve ardışık kesikli reaktör (AKR) yöntemleri ile birlikte arıtma, anaerobik batık membran biyoreaktör (AnSMBR) ile arıtma, flotasyon (DAF) ve flotasyondan sonra damlatmalı

filtre ile arıtmadır. Çalışmalar incelendiğinde kullanılan bu yöntemler ile, yüksek miktarda organik kirlilik içeren mezbaha atıksularında organik madde, AKM ve yağ&gres yükünde %80-90 aralığında yüksek giderim verimlerinin olduğu ayrıca SKKY Tablo 5.6 limit değerlerinin sağlanabildiği görülmüştür. Ayrıca daha önceki çalışmalarımda da fizikokimyasal prosesler ile birlikte sequencing batch reactor (SBR) sistemleri kullanılarak bir atıksu arıtma tesisi tasarlanmıştır. SKKY Tablo 5.6 limit değerleri sağlanabilmiştir ancak SBR sistemlerinde çıkış suyu kalitesi güvenli boşaltmaya bağlıdır.

Bu çalışma kapsamında Konya'da bulunan 70 büyükbaş, 230 küçükbaş hayvan kapasiteli bir mezbaha tesisinden kaynaklanan atıksuların karakterizasyonu belirlenmiş ve arıtılabilirliği incelenmiştir. Mezbaha atıksularının arıtımında fizikokimyasal ve biyolojik proseslerin uygun arıtma yöntemleri olduğu kanaatine varılmıştır. İlave olarak uygulanan arıtma prosesleri boyutlandırılmış ve maliyetleri çıkarılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Mezbaha Tesislerinin Türkiye’de ve Dünyadaki Durumu

İnsan vücudu protein sentezi için gerekli bir takım aminoasitleri hayvansal gıdalardan sağlamaktadır (Türkyılmaz, 2010). Hayvansal protein kaynakları içerdikleri amino asitler ile büyüme ve gelişmenin sağlanması, doku onarımı, hastalıklara karşı direncin artırılması ve hayatsal faaliyetlerin devamlılığının sağlanması açısından son derece önemli bir rol oynamaktadır (Ovalı, 2000). Bu nedenle, erişkin bir insanın yeterli ve dengeli beslenmesi için gerekli hayvansal gıda miktarı 0,75 g/kg’dır (Türkyılmaz, 2010). Hayvancılık, insanların beslenmesinde ihtiyaç duyulan hayvansal gıdaların yeterli ve hızlı bir şekilde temin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (İnençli ve ark., 2000).

Canlı hayvanların kesimi sonucu elde edilen hammadde ete dönüştürülmektedir. Oluşan ürün uzun süre bozulmadan saklanabilecek şekil ve yapıya çevrilmekte ve ambalajlanarak kullanıma hazır hale getirilmektedir. Söz konusu hammaddenin ürüne dönüşümü için büyükbaş ve küçükbaş hayvanların kesimi mezbahalarda gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.1.) (İnençli ve ark., 2000).



Şekil 2.1. Modern Bir Mezbaha Tesisi (Anonim, 2016)

Dünyada toplam sığır ve dana eti üretiminin %20,6'sını Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve %14'ünü Avrupa Birliği (AB) oluşturmaktadır. Türkiye'nin dünya kırmızı et üretimindeki payı ise %1,6-1,8 düzeyindedir. Dünyada hem kırmızı et, hem de beyaz et üretiminin hızla artmasına karşılık, AB'de sığır ve manda ile koyun ve keçiden sağlanan kırmızı et üretiminde bir azalmanın meydana geldiği gözlenmektedir (Karakuş, 2011). Çizelge 2.1.'de 1991-2015 yılları arasında tür ve ırklarına göre küçükbaş ve büyükbaş kesilen hayvan sayısı, Çizelge 2.2.'de aynı yıllar içerisinde küçükbaş ve büyükbaş et üretim miktarları verilmiştir. Bu çizelgeler incelendiğinde, Türkiye'de 1991 ve 2006 yılları arasında küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayıları ve et üretiminde genel olarak bir azalış görülürken, son yıllarda az da olsa bir artış meydana gelmektedir. Bu durum Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu tarafından, 2014 yılında başlayan Instrument for Pre-accession Rural Development (IPARD) programı kapsamında mezbahalara verilen destek ile açıklanabilir. Türkiye'de 1991 yılında et üretim miktarı koyun için 128 000 ton mertebelerinde, yerli sığır için 165 000 ton mertebelerinde iken, 2015 yılında koyun için et üretim miktarı 100 000 ton, 2006 yılında yerli sığır için et üretim miktarı ise 90 000 ton değerine kadar düşmüştür (Anonim, 2015a). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 1991 yılı Türkiye nüfusunun 60 000 000, 2006 yılı 70 000 000, 2015 yılı 78 000 000 olduğu dikkate alındığında, bu rakamlar nüfus artışına rağmen kişi başına düşen küçükbaş birim hayvan sayısının azaldığını göstermektedir.

Çizelge 2.1. 1991-2015 Yılları arasında Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş ve Küçükbaş Kesilen Hayvan Sayısı (Anonim, 2015b)

Yıl	Kesilen Hayvan Sayısı (baş)					
	Koyun	Keçi	Sığır	Sığır-Kültür	Sığır-Melez	Sığır-Yerli
1991	7 926 513	1 198 008	2 162 860	263 052	569 404	1 330 404
1992	7 478 617	1 047 648	2 064 982	279 529	724 286	1 061 167
1993	6 868 528	959 262	2 085 350	222 380	760 000	1 102 970
1994	7 650 160	904 550	2 249 483	167 393	885 260	1 196 830
1995	5 493 520	842 770	1 820 770	179 230	924 630	716 910
1996	5 536 300	734 190	1 816 000	277 830	721 160	817 010

Çizelge 2.1. 1991-2015 Yılları arasında Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş ve Küçükbaş Kesilen Hayvan Sayısı (devam) (Anonim, 2015c)

Yıl	Kesilen Hayvan Sayısı (baş)					
	Koyun	Keçi	Sığır	Sığır-Kültür	Sığır-Melez	Sığır-Yerli
1997	6 488 056	922 322	2 382 346	292 577	982 447	1 107 322
1998	7 899 041	1 342 083	2 200 475	241 156	915 838	1 043 481
1999	7 104 853	1 309 055	2 006 758	236 344	851 112	919 302
2000	6 110 853	1 166 169	2 101 583	255 855	804 798	1 040 930
2001	4 747 268	879 127	1 843 320	282 414	670 817	890 089
2002	3 935 393	757 465	1 774 107	228 471	681 825	863 811
2003	3 554 078	607 006	1 591 045	229 830	613 306	747 909
2004	3 933 973	570 512	1 856 549	280 812	765 812	809 925
2005	4 145 343	688 704	1 630 471	365 225	749 693	515 553
2006	4 763 394	803 063	1 750 997	425 551	740 432	585 014
2007	6 428 866	1 256 348	2 003 991	-	-	-
2008	5 588 906	767 522	1 736 107	-	-	-
2009	3 997 348	606 042	1 502 073	-	-	-
2010	6 873 626	1 219 504	2 602 246	-	-	-
2011	5 479 546	1 254 092	2 571 765	-	-	-
2012	4 541 122	926 799	2 791 034	-	-	-
2013	4 958 226	1 340 909	3 430 723	-	-	-
2014	5 197 289	1 570 239	3 712 281	-	-	-
2015	5 008 411	1 999 241	3 765 077	-	-	-

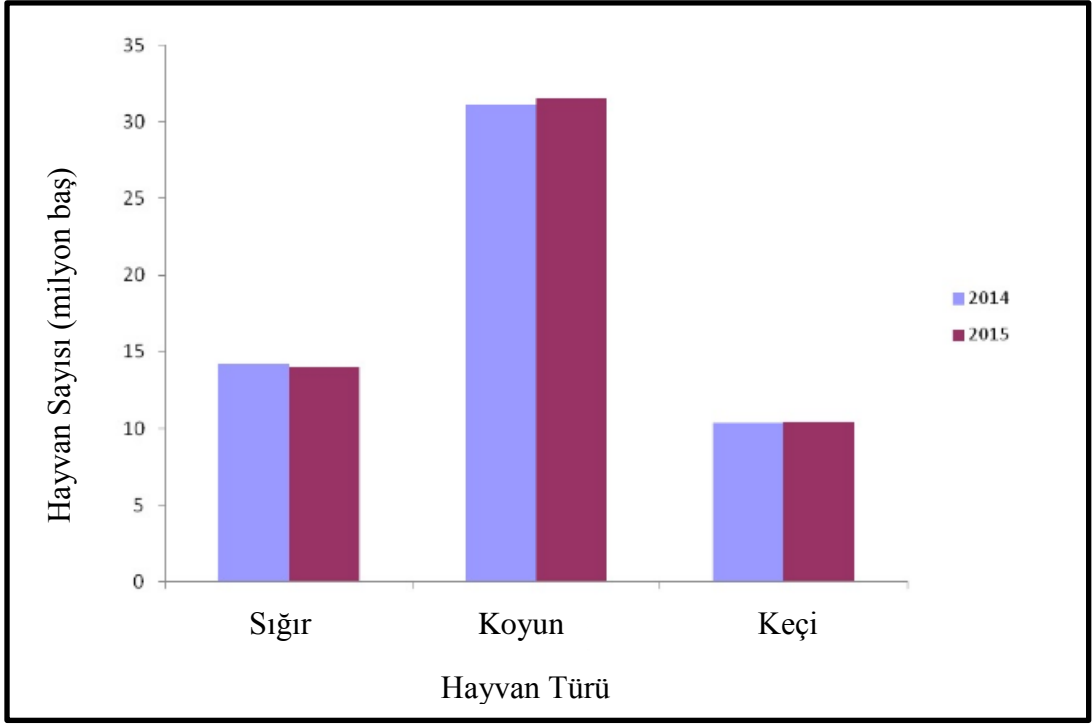
Çizelge 2.2. 1991-2015 Yılları arasında Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş ve Küçükbaş Et Üretim Miktarı (Anonim, 2015c)

Yıl	Et Üretim Miktarı (ton)					
	Koyun	Keçi	Sığır	Sığır-Kültür	Sığır-Melez	Sığır-Yerli
1991	128 626	19 570	309 563	52 919	91 532	165 113
1992	122 887	17 286	300 652	52 750	118 065	129 837
1993	112 806	16 166	296 066	41 328	119 363	135 375

Çizelge 2.2. 1991-2015 Yılları arasında Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş ve Küçükbaş Et Üretim Miktarı (devam) (Anonim, 2015c)

Yıl	Et Üretim Miktarı (ton)					
	Koyun	Keçi	Sığır	Sığır-Kültür	Sığır-Melez	Sığır-Yerli
1994	126 306	14 908	316 654	31 679	136 851	148 124
1995	102 115	14 124	292 447	37 634	164 036	90 777
1996	98 127	12 274	301 828	62 533	129 819	109 476
1997	116 104	15 592	379 541	63 616	171 945	143 981
1998	144 703	23 429	359 273	54 153	164 842	140 278
1999	132 476	23 693	349 681	54 137	164 770	130 774
2000	111 139	21 395	354 636	58 534	154 377	141 725
2001	85 661	16 138	331 589	68 282	133 435	129 872
2002	75 828	15 454	327 629	56 063	140 014	131 552
2003	63 006	11 487	290 455	53 900	124 615	111 939
2004	69 715	10 301	364 999	67 881	165 879	131 240
2005	73 743	12 390	321 681	86 070	151 432	84 179
2006	81 899	14 133	340 705	98 917	150 908	90 881
2007	117 524	24 136	431 963	-	-	-
2008	96 738	13 752	370 619	-	-	-
2009	74 633	11 675	325 286	-	-	-
2010	135 687	23 060	618 584	-	-	-
2011	107 076	23 318	644 906	-	-	-
2012	97 334	17 430	799 344	-	-	-
2013	102 943	23 554	869 292	-	-	-
2014	98 978	26 770	881 999	-	-	-
2015	100 021	33 990	1 014 926	-	-	-

Şekil 2.2.'de 2014-2015 yılı küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayısındaki değişimler gösterilmiştir. 2015 yılı TÜİK verilerine göre, büyükbaş hayvan sayısı bir önceki yıla göre %1,5 azalırken küçükbaş hayvan sayısı ise %1,1 oranında artmıştır. Yılısonu itibariyle sığır sayısı 13 994 000 baş, koyun sayısı 31 508 000 baş, keçi sayısı ise 10 416 000 baş olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2015c).



Şekil 2.2. 2014-2015 Yılı Küçükbaş ve Büyükbaş Hayvan Sayısı (Milyon Baş) Değişimi (Anonim, 2015b)

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin karşılaştırılmasında, hayvansal ürünlerin kişi başına düşen tüketim miktarları önemli bir kriterdir. Yıllık kişi başına et tüketimi Avustralya’da 142 kg, ABD’de 125 kg, Almanya’da 82 kg, İngiltere’de 80 kg iken Türkiye’de yalnızca 12 kg olarak belirtilmektedir (Şeker ve ark., 2011). Türkiye’de kırmızı et tüketiminin diğer ülkelere göre daha az olmasının nedeni, başta ekonomik problemler olmak üzere, nüfus artış oranı ve nüfus yapısında meydana gelen değişimler, tüketici tercihleri, ürünlerin kalitesi, dağılımı, etin hijyenik özellikleri, dini inançlar, sağlık sorunları, iklim, gelenekler, gıda ile ilgili reklamlar olarak sıralanabilir (Şeker ve ark., 2011).

AB ülkelerinde ihtiyaç fazlası kırmızı et üretimi olmasına rağmen, Türkiye’de ihtiyacı karşılayamayacak kırmızı et açığı bulunmaktadır ve bu durum AB için avantajlı iken, Türkiye için konu ile bağlantılı tüm alanlarda olumsuzlukların devam etmesi anlamını taşımaktadır (Karakuş, 2011).

Çizelge 2.3.'te 2004 yılına göre Türkiye ve AB'deki hayvansal ürün göstergeleri verilmiştir. Çizelge incelendiğinde AB'de üretilen karkas ağırlığı, Türkiye'de üretilen karkas ağırlığının yaklaşık iki katıdır. Karkas et fiyatının ise AB' de daha uygun olduğu görülmektedir. Bunun en büyük sebeplerinden biri hayvansal üretimde maliyetlerin yükselmesidir. Maliyet faktörlerinden en önemlisi olan yemin fiyatının çok yüksek olduğu bilinmektedir. Yem üretiminde kullanılan girdilerin (akaryakıt, gübre vb.) fiyatlarının düşürülmesi veya yem bitkilerine verilen desteklerin artırılması gerekmektedir. Böylece üretim maliyetlerinde ciddi bir azalış söz konusu olabilir (Türkyılmaz, 2010).

Çizelge 2.3. Türkiye ve AB'deki Temel Hayvansal Ürün Göstergeleri (Anonim, 2010)

Gösterge	Birim	AB	Türkiye
Karkas ağırlığı	kg	268,4	175,8
Kırmızı et tüketimi	kg/kişi	62	12
Karkas et fiyatları	TL/kg	4,75	6,83

Karkas et fiyatının Türkiye' de daha yüksek olmasının bir diğer nedeni de, pazarlama kanallarının uzun olmasından kaynaklı pazarlama maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Tüketicinin şehir veya kırsal alanda bulunmasına göre değişse de, kırmızı et pazarlamasında genelde ortalama 5-6 komisyoncunun bulunduğu görülmektedir (Türkyılmaz, 2010).

Gelişmişlik düzeyi arttıkça ülkeler tarımsal üretimin kompozisyonlarında bitkisel üretimden hayvansal ağırlıklı üretime yönelmektedir. Bu noktada Türkiye'nin hayvansal üretimin verimliliğinde AB'nin gerisinde kalmasının önlenmesi ve ilgili tüm alanlarda olumsuzlukların giderilmesi için mezbaha tesislerinde denetimlerin artırılarak kayıt dışı et üretiminin önlenmesi, hayvansal üretimde doğrudan veya dolaylı maliyetlerin düşürülmesi hayvancılık politikaları çerçevesinde teşviklerin artırılması, yasa dışı hayvan hareketlerinin kontrol altına alınması gerekmektedir.

2.2. Mezbaha Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar

2.2.1. Mezbaha Tesislerinden Kaynaklanan Katı Atıklar

Kesimhanedeki üretim düzeni barındırma ile başlayıp, kesimle elde edilen karkasın ve ortaya çıkan ürünlerin işlendiği ve geri kazanıldığı bir dizi işlemi kapsamaktadır (Danış, 1996). Mezbaha tesisi işletmesinden kaynaklı oluşması muhtemel katı atıklar; kesimden kaynaklı özel atıklar (boynuz, kıl, tüy, deri vb.), atıksu arıtma tesisi çamuru, tesis ve ekipmanların bakım ve onarımından kaynaklanan katı atıklar, evsel nitelikli katı atıklar, tesisde yer alan revirden kaynaklanan tıbbi atıklar, floresan lambalar, elektrik kabloları vb. diğer elektrikli ve elektronik atıklardır. Bu bağlamda oluşan tehlikesiz atıklar, tehlikeli atıklar, revirden kaynaklanan tıbbi atıklar ve elektrikli ve elektronik atıklar lisanslı kuruluşlara gönderilmeli, evsel katı atıklar ilgili belediyenin çöp toplama araçlarına teslim edilmeli, hayvan karkasları kapalı plastik torbalarda saklanmalı ve kapalı bölmelerde nakliye edilmeli, kimyasal atıklar uygun konteynerlerde saklanmalı, atıksu arıtma tesisi çamuru susuzlaştırılarak döküm sahasına nakledilmeli, kesim sahasında oluşan özel atıklar ise soğuk hava deposunda biriktirilmeli ve rendering tesislerine gönderilmelidir (Anonim, 2017a).

2.2.2. Mezbaha Tesislerinden Kaynaklanan Atıksu Karakterizasyonu

Mezbaha tesisi atıksularında, organik madde (kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)), toplam askıda katı madde, toplam fosfor, toplam azot ve yağ&gres konsantrasyonu oldukça yüksektir (Özyonar ve Karagözoğlu, 2011). Mezbaha et tesisleri ve entegre et tesisleri yüksek konsantrasyonlarda kirlilik içeren bu atıksuları alıcı ortama vermeden önce arıtmalı ve arıtma sonucunda SKKY Çizelge 5.6'da verilen deşarj standartlarını sağlamalıdır. SKKY Çizelge 5.6 Gıda Sanayii (Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri) Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. SKKY Çizelge 5.6 Gıda Sanayii (Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri)
(Anonim, 2004)

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
KOİ	mg/L	250	160
Yağ ve Gres	mg/L	30	20
pH	-	6-9	6-9
Renk	Pt-Co	280	260

Çizelge 2.5.'de literatürde yapılan çeşitli çalışmalarda belirlenen karakterizasyon değerleri verilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, mezbaha atıksularının, KOİ değerinin 3 500 - 12 150 mg/L, BOİ değerinin 1 200 - 2 000 mg/L, Yağ&Gres değerinin 90 - 2 750 mg/L, AKM değerinin ise 400 – 2 500 mg/L mertebelerinde olduğu görülmektedir. Atıksu karakterizasyon değerlerinin geniş bir aralıkta seyretmesi; kan tutma verimi, su kullanımı, kesilen hayvan tipi ve et işleme miktarı gibi faktörlere bağlıdır (Gürtekin, 2009).

Çizelge 2.5. Çeşitli Çalışmalarda Belirlenen Mezbaha Tesisi Atıksu Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Danış (1996)	Seif ve Moursy (2001)	Gürtekin (2009)	Budiyono (2011)
KOİ	mg/L	3 662	4 400	12 150	3 756
BOİ ₅	mg/L	1 256	-	-	1 873
AKM	mg/L	1 851	400	2 300	1 171
Yağ&Gres	mg/L	2 705	-	90	-
TKN	mg/L	32	25	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	2	7,5	-	-
Renk	Pt-Co	-	-	-	-
Ph	-	7,5 – 5,5	6,8	7,2	7,19

Mezbaha tesislerinde, kesimden dolayı endüstriyel nitelikli atıksu ile birlikte, kesim sonrası zemin yıkamalarından ve lavabolardan kaynaklanan evsel nitelikli atıksular da oluşabilmektedir. Bu nedenle lavabolardan kaynaklanabilecek tipik bir evsel nitelikli atıksu karakterizasyonunu bilmek, bir mezbaha tesisinden oluşabilecek atıksuların kirliliği hakkında net bir bilgi vermiş olacaktır (Çizelge 2.6.).

Çizelge 2.6. Tipik Bir Evsel Atıksu Kirlilik Yükleri (Anonim, 2017b)

Parametre	Birim	Hamsu Giriş Değerleri
BOİ	mg/L	220
KOİ	mg/L	500
AKM	mg/L	220
Amonyum Azotu	mg/L	25
Toplam Fosfor	mg/L	8
Yağ ve Gres	mg/L	100

2.2.3. Mezbaha Tesisi Atıksularının Arıtılabilirlik Çalışmaları

Yüksek konsantrasyonda organik kirliliğe sahip mezbaha atıksularının arıtımı, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma prosesleri ile ileri arıtma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Topal ve Topal, 2011).

Gürtekin (2009) tarafından yapılan çalışmada, mezbaha atıksularının çok kirletici olmasından dolayı, bu atıksuların direkt olarak aerobik proseslerde arıtılmasının; havalandırmadan dolayı yüksek enerji gereksinimi, oksijen transfer hızlarında sınırlamalar ve büyük miktarda çamur üretimi gibi problemlere neden olacağı belirtilmiştir. Çalışmada mezbaha atıksuyunun arıtılabilirliği konusunda koagülasyon/flokülasyon ve ardışık kesikli reaktör (AKR) yöntemlerinin arıtma verimine etkisi araştırılmıştır. Koagülasyon/flokülasyon prosesleri sonucunda, AKM %95, Yağ&Gres %90 oranında, biyolojik arıtma çıkışında ise KOİ'de %90

mertebelerinde giderim verimi elde edilmiş ve bu yöntemlerin uygulanmasıyla deşarj standartlarının sağlandığı tespit edilmiştir.

Özyonar ve Karagözoğlu (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, mezbaha tesisi atıksularının, ön arıtım olarak kimyasal koagölasyon ve flokülasyon prosesi ile arıtılabilirliği araştırılmış ve bu amaçla Sivas ilinde bulunan bir mezbaha tesisinden atıksu numunesi alınmıştır. Koagölasyon işleminde demir (III) klorür ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$), alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) ve demir sülfat ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$) olmak üzere 3 farklı koagölant madde kullanılarak; KOİ, yağ&gres ve bulanıklık parametreleri üzerinde giderme verimlerine olan etkileri ve gerekli olan optimum koagölant dozları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, en yüksek KOİ giderim verimi demir (III) klorür koagölant maddesiyle %37,4 oranında elde edilmiştir. Aynı koagölant maddesiyle yağ&gres ve bulanıklık parametrelerinde ise sırasıyla %89,9 ve %75,6 giderim verimi elde edilmiştir. En yüksek yağ&gres ve bulanıklık giderimi ise alüminyum sülfat koagölant maddesiyle sırasıyla %93,6 ve %89,8 oranlarında bulunmuştur. Söz konusu arıtma verimlerini sağlayabilecek optimum demir (III) klorür dozu pH= 6 ortam şartlarında 100 mg/L, optimum alüminyum sülfat dozu pH= 7 ortam şartlarında 200 mg/L olarak bulunmuştur.

Aslan ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, mezbahalardan kaynaklanan atıksuların arıtılması amacıyla anaerobik batık membran biyoreaktör (AnSMBR) sisteminin kullanımı incelenmiştir. Çalışma sonunda, çıkış suyunda %95 oranında KOİ, %90 oranında yağ&gres giderim verimi elde edilmiş ve mezbaha atıksularının arıtılmasında anaerobik batık membran biyoreaktör sistemi ile yüksek oranda giderim sağlandığı görülmüştür.

Kaftan (2010) tarafından yapılan mezbaha atıksuyu arıtımı ile ilgili çalışma incelendiğinde; sözkonusu atıksuyun flotasyon (DAF) ve flotasyondan sonra damlatmalı filtre ile arıtılmasında etkin bir BOİ giderim verimi sağlanabileceği sonucuna varılmıştır. Çalışmada, damlatmalı filtrasyon ile arıtmada %81-90; iki kademeli damlatmalı filtrasyon ile %95 oranında BOİ giderme verimi elde edilmiştir.

Damlatmalı filtrelerde atıksudaki yüksek BOİ nedeniyle 5/1 oranında geri besleme yapıldığı ve flotasyondan sonra %60 BOİ arıtım verimi sağlandığı tespit edilmiştir.

Polprasert ve ark. (1992) tarafından yapılan çalışmada, mezbaha atıksuyunda organik karbon giderimi üzerindeki etkinliğini araştırmak amacıyla anaerobik perdeli reaktör (APR) deneyleri yapılmıştır. Çözünmüş hava flotasyonu ile ön arıtımı sağlanmış, KOİ konsantrasyonu 480-730 mg/L mertebelerinde olan mezbaha atıksularının arıtılabilmesi için laboratuvar ölçekli APR üniteleri kullanılmıştır. Çalışmada, uygun çevre sıcaklığında (gündüz 30-35 °C, gece 25-30 °C) ve 2,5 ile 26 saatlik hidrolik tutma süresinde (HRT) 8 gün içinde KOİ bazında toplam % 90'a varan arıtma elde edilmiştir. KOİ'nin %78'lik metan haline dönüşümü sağlanmış olup üretilen biyogazın % 20-27 arasında azot, % 69-73 arasında metan ve %2-4 arasında karbondioksit içerdiği tespit edilmiştir. Bu deneysel çalışma, APR'nin mezbaha atıksuyunun arıtılabilmesinde verimli bir sistem olduğunu göstermiştir.

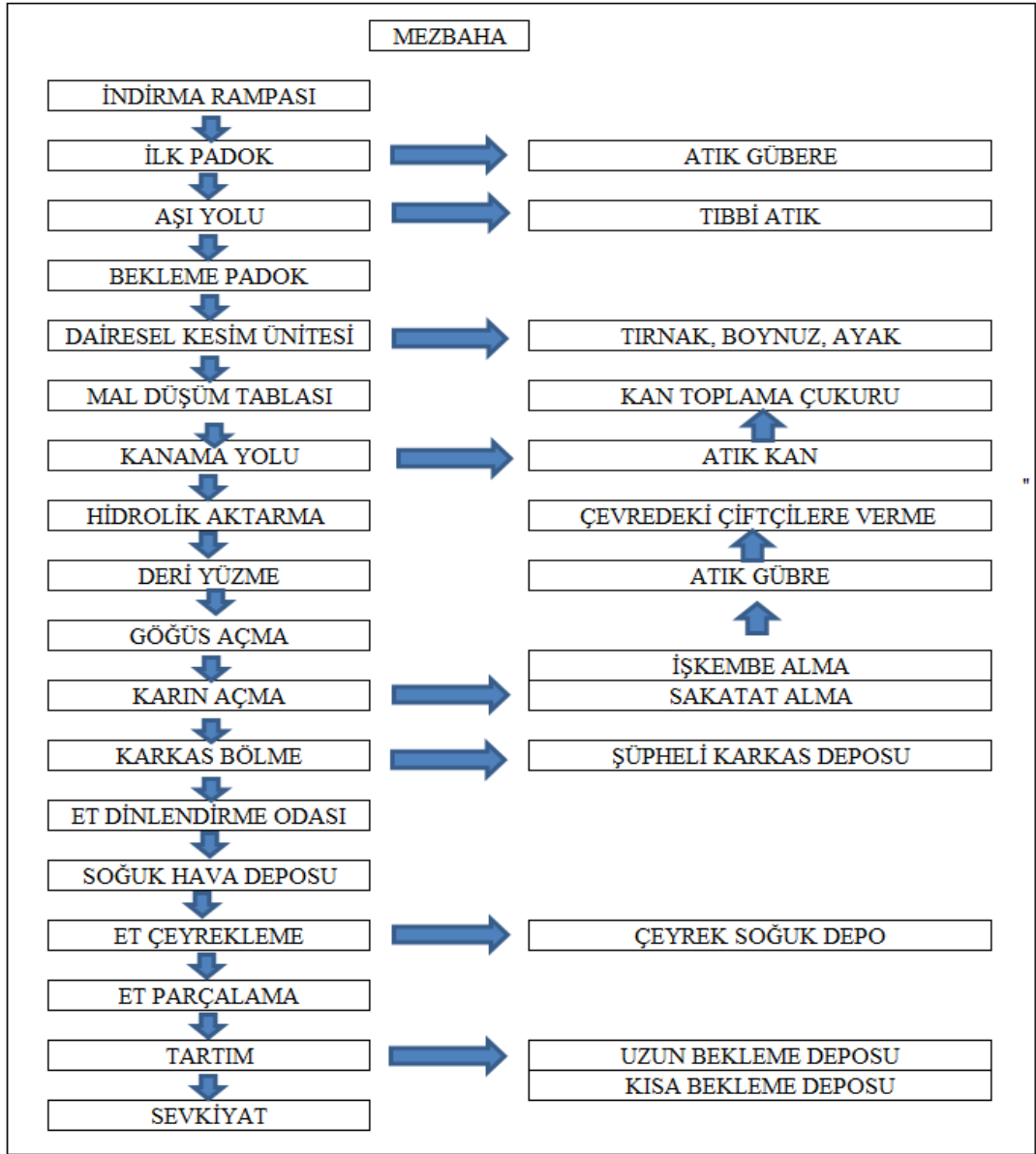
Bazrafshan ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, mezbaha atıksularında organik bileşiklerin giderimi için laboratuvar pilot ölçekte kimyasal koagülasyon ve elektrokoagülasyon birlikte araştırılmıştır. Organik bileşiklerin giderim oranı artan PACl dozları ve uygulanan voltaj ile doğrusal olarak artmıştır. 100 mg/L PACl ilavesi ve 40 V uygulanarak %99'un üzerinde KOİ ve BOİ₅ giderimi elde edilmiştir. Deneyler, mezbaha atıksularının arıtımında kimyasal koagülasyon ve elektrokoagülasyonun etkinliğini göstermiştir. Sonuç olarak inorganik ve organik bileşiklerin gideriminde, birleştirilen işlemlerin tek başına elektrokoagülasyondan daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Mezbaha Tesisinin Tanıtımı

Bu çalışmada, Konya’ da bulunan bir mezbaha tesisinden kaynaklanan atıksuların fizikokimyasal ve biyolojik arıtılabilirliği araştırılmıştır. Tesiste, Konya ve civar illerden gelen küçükbaş ve büyükbaş hayvanların kesimi gerçekleştirilerek, Türkiye'ye dağıtımı yapılmaktadır. Tesiste herhangi bir et işleme prosesi söz konusu değildir.

Mezbaha tesisinde üretim, hayvanların padok denilen bekleme sahalarında barındırılması ile başlayıp, etlerin parçalanmasına kadar geçen bir dizi işlemden oluşmaktadır. Araçlarla canlı olarak gelen hayvanlar, öncelikle tesis girişinde padoklara, daha sonra tek hayvanın geçişine izin verecek şekilde yapılan koridordan sıra ile dairesel kesim ünitesine alınmaktadır. Kesimi yapılan hayvanlar hidrolik aktarma ünitelerine gelmekte ve daha sonra derilerinin yüzülmesi, göğüs açma, karın açma gibi işlemlere tabi tutulmaktadır. Etlerin belirli boyutlarda parçalamasından sonra soğuk hava deposuna alınarak istenilen yere nakliyesi yapıncaya kadar bekletilmektedir. Üretime ait akım şeması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Mezbaha Tesisine Ait Üretim Akım Şeması

Tesiste günlük maksimum 70 adet büyükbaş, 230 adet küçükbaş hayvan kesimi yapılmaktadır. Ortalama karkas ağırlığı sığırdaki 253,4 kg, koyunda 20,8 kg olduğundan, tesisin yılda 300 gün çalışıldığı düşünüldüğünde, tesis üretim kapasitesi büyükbaş hayvan için yıllık 5 321 400 kg/yıl, küçükbaş hayvan için yıllık 1 435 200 kg/yıl olarak hesaplanabilir (Köseman ve Şeker, 2015). Tesis üretim kapasitesi Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Tesiste kesim sonrası zemin yıkamalarında kullanılan temiz su kuyudan karşılanmaktadır. Tesise kuyudan ortalama günlük 90 m³ su temin edilmektedir.

Tek vardiya çalışılan tesiste 20 personel görev almaktadır.

Çizelge 3.1. Tesis Karkas Et Üretim Kapasitesi

Üretilen Madde	Hayvan Başına Ortalama Ağırlık (kg)	Yıllık Hayvan Kullanım Miktarı (adet/yıl)	Günlük Üretim Miktarı (kg/gün)	Yıllık Üretim Miktarı (kg/yıl)*
Büyükbaş Karkas Et	253,4	21 000	17 738	5 321 400
Küçükbaş Karkas Et	20,8	69 000	4 784	1 435 200

*Yılda 300 gün çalışıldığı varsayılmıştır.

3.2. Mezbaha Tesisinden Kaynaklanan Atıksuların Karakterizasyonu

Çalışmada kullanılan atıksu, Konya’ da bulunan, günlük maksimum 70 adet büyükbaş ve 230 adet küçükbaş hayvan kesimine sahip olan bir mezbaha tesisinden temin edilmiştir. Tesiste 3 farklı noktadan atıksu oluşmaktadır. Bu atıksulardan ilki kesim aşamasından, diğer atıksular ise zemin yıkamalarından ve lavabolardan ileri gelmektedir.

Bir büyükbaş veya küçükbaş hayvanın kesimiyle oluşacak olan kanın, arıtma tesisine gelecek olan atıksuya karışması veya direkt kanalizasyona deşarjı kirlilik yükünü büyük ölçüde artıracaktır. Bu nedenle kanın geri kazanılması mezbahalarda oldukça önemlidir (Danış, 1996). Tesiste oluşan kan temiz bir şekilde su ile karıştırılmadan kapalı kanallar vasıtasıyla kan toplama tankında biriktirilmekte, daha sonra yönetmelikler kapsamında bertaraf edilmektedir.

Tesisten aynı gün sabah, öğle ve akşam olmak üzere 2 saatlik kompozit numuneler alınmış olup, ham su numunesinin ortalama değerleri Çizelge 3.4’te verilmiştir. Bu atıksuyun analizleri Standart Metotlara (SM) göre yapılmış olup, BOİ SM 5210 B, KOİ

SM 5220 C, AKM SM 2540 D, Renk SM 2120 C, pH SM 4500 H+ B, TKN SM 4500-Norg B, Toplam Fosfor SM 4500-P B metodlarına göre analizlenmiştir (APHA, AWWA, WCPF, 1998). Yapılan analizler sonucunda hamsu ortalama KOİ değeri 3 450 mg/L, BOİ değeri 2 000 mg/L, Yağ-Gres değeri 910 mg/L olduğu görülmektedir. Buna göre BOİ/KOİ oranı yaklaşık 0,58' dir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Mezbaaha Atıksuyu Kirletici Derişimleri ve Kirlilik Yükleri

Parametre	Birim	Hamsu Giriş Değerleri
BOİ	mg/L	2 000
KOI	mg/L	3 450
AKM	mg/L	1 200
Yağ Gres	mg/L	910
Renk	Pt-Co	785
pH	-	7,25
TKN	mg/L	167
Toplam Fosfor	mg/L	14,5

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel ve Fizikokimyasal Arıtılabilirlik Çalışmaları

Mezbaha tesisinden kaynaklanan atıksulardaki katı madde miktarı yüksek ve çok değişken boyutlarda olduğundan dolayı öncelikli olarak fiziksel arıtımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun için önerilen sistemde atıksular; kaba partiküllerinden arındırılmak için önce otomatik temizlemeli kaba ızgaradan geçirilmektedir. Kaba ızgaranın elek aralığı 20 mm olarak tasarlanmış olup atıksuda bulunan 20 mm'den büyük olan katı maddeler tutularak atık sudan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Otomatik kaba ızgaradan geçen atıksular otomatik temizlemeli ince ızgaraya gelmektedir. İnce ızgara çubuk aralığı 10 mm'dir. 10 mm'den büyük olan tüm katı maddeleri atıksudan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Kaba ve ince ızgarada tutulan ve otomatik olarak uzaklaştırılan katı maddeler bir konteynerda biriktirilmekte ve yönetmelik kapsamında bertaraf edilmektedir.

İnce ızgaradan geçen atıksu terfi havuzuna, terfi havuzundan da tambur eleğe gelmektedir. Tambur elek, elek aralığı 1mm olan bir fiziksel arıtma ekipmanıdır. Atıksu tambur elekten geçtikten sonra yaklaşık 1 mm kadar katı maddelerinden uzaklaştırılmış olmaktadır.

Fiziksel arıtmadan geçen atıksu, hem kirlilik yükünün azaltılması hem de yağ&gres oranının düşürülmesi için kimyasallı çözünmüş hava ile yüzdürme sistemlerine (DAF havuzu) alınmaktadır. DAF havuzu atıksuda bulunan kolloidal maddeler ile serbest ve emülsiyeli yağları sudan uzaklaştırmak için kullanılmıştır.

Tambur elekten geçen atıksu öncelikle DAF havuzunda bulunan hızlı karıştırma havuzuna alınmaktadır. Burada atıksuya dozaj pompası ile otomatik olarak 50 mg/L $FeCl_3$ ilave edilmektedir. Daha sonra atıksu yavaş karıştırma havuzuna geçmektedir. Yavaş karıştırma havuzunda otomatik dozaj pompası ile 40 mg/L kostik ve 4 mg/L polimer bazlı polielektrolit dozlanarak koagülasyon havuzunda oluşan pıhtıların daha rahat yüzebilir ve çökebilir yumaklar haline gelmesi sağlanarak DAF ünitesine geçmesi sağlanmaktadır. DAF havuzunda havuz tabanından sıkıştırılmış hava ve su

karışımı bulunan basınç tankından atmosferik koşullarda hava su karışımının verilmesi sağlanmaktadır. Bu sıkıştırma yaklaşık 6 barlık bir basınçla yapılmakta, DAF havuzuna verilmeden önce karışım bir basınç düşürücü vanadan geçirilerek atmosferik koşullara indirilmekte ve çok küçük kabarcıklar halinde havuz tabanından yüzeye doğru çıkması sağlanmaktadır. Hava kabarcıkları havuz yüzeyine doğru çıkarken askıda kalan emülsiyel yağlar ile katı maddeleri su yüzeyine taşımaktadır. Havuz yüzeyinde bulunan yağ sınırlayıcı ile yüzeydeki kirleticiler bir savağa atılmakta ve buradan cazibe ile yağ havuzuna geçen kirleticiler bir pompa ile otomatik olarak çamur havuzuna basılmaktadır.

Çözünmüş hava ile yüzdürme sistemleri (DAF), flokulasyon ile birlikte kullanıldığında, arıtma tesisi üzerindeki yükün azaltılması, biyolojik arıtma havuzlarındaki Karışık Sıvı Askıda Katı Madde (Mixed Liquor Suspended Solid-MLSS) biyokütle miktarının yüksek tutulması, aktif çamur çöktürme havuzlarındaki yükün azaltılması, ön arıtmanın aktif çamur yoğunlaştırma ile kombine edilmesi gibi üstünlükleri bildirilmektedir. Atık su içinde yüksek miktarda inorganik katı maddelerin, biyolojik arıtma öncesi, aktif çamur ile giderimi gerekmektedir. DAF ile bu katı maddelerin minimum %50'si ve ortamdaki yağ ve gresin serbest kısmının biyolojik havuz öncesinde giderimi mümkün olmaktadır. DAF ünitesine flokulator eklenmesi ile mezbaha ve kesimhanelerde %70-75 KOI giderim verimlerine ulaşıldığı bildirilmektedir (Kluit, 2008).

4.2. Biyolojik Arıtılabilirlik Çalışmaları

Biyolojik Arıtma Sistemi uzun havalandırılmalı sistem olarak tasarlanmış olup bu sistem organik kökenli atıksuların arıtımı için kullanılan en iyi ve en yaygın yöntemdir. Çevre dostu, güvenilir ve uygun maliyetli olan biyolojik arıtmada, organik madde ve inorganik nütrientlerin giderimi sağlanmaktadır (Kılıç ve ark., 2009).

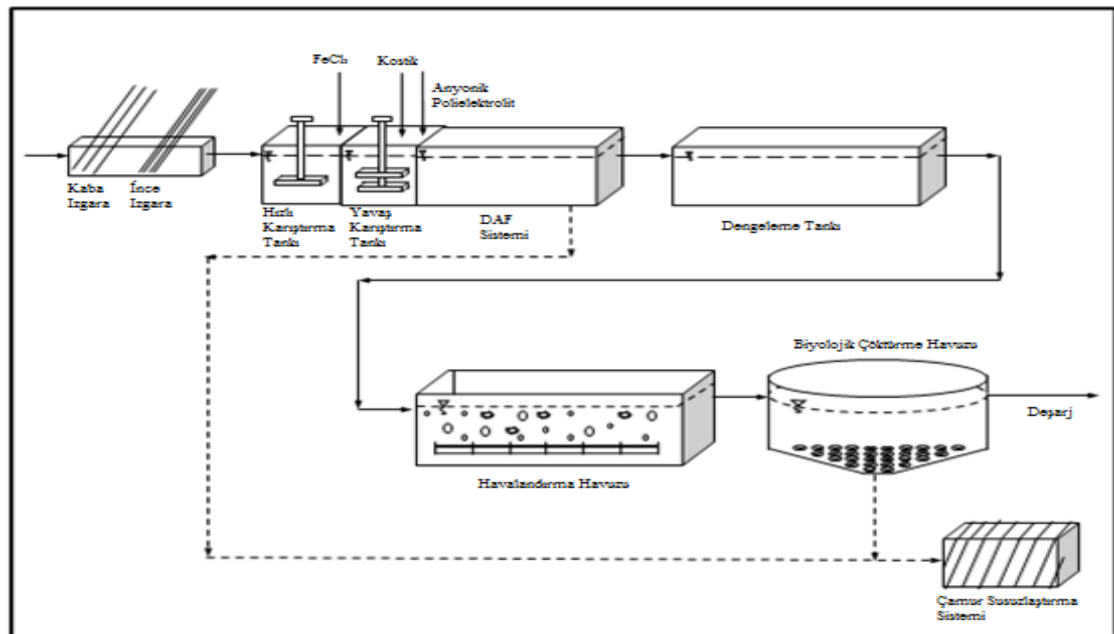
Mezbaha tesisinden kaynaklanan atıksu DAF havuzundan sonra önce kirlilik yükünün dengelenmesi amacıyla dengeleme tankına, oradan da uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemine alınmaktadır. Biyolojik arıtmadan çıkan arıtılmış sular alıcı ortama deşarj

edilmektedir. Deşarj edilen su SKKY Çizelge 5.6 deşarj standartlarını sağlamaktadır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Mezbaaha Tesisi Atıksuyu Deşarj Noktasında Kirletici Derişimleri ve Kirlilik Yükleri

Parametre	Birim	Çıkış Suyu Giriş Değerleri
KOİ	mg/L	78,4
Yağ&Gres	mg/L	<10
Renk	Pt-Co	78,50
pH	-	7,6

Bu çalışma kapsamında mezbaaha tesisi atıksuyunu arıtabilmek amacıyla uygulanan yöntemler Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Mezbaaha Tesisi Atıksuyu Deşarj Standardını Sağlayan Arıtma Tesisi Akım Şeması

4.3. Atıksu Arıtma Tesisi Proses Hesaplamaları

4.3.1. Debi Hesaplamaları

Mezbaha tesisinin maksimum kapasiteye ulaşması halinde günlük su tüketimi ortalama 90 m³/gün civarında olduğu kabul edilmiştir. Bu debi hesaplanırken pik yüklemeler ve mevsimsel değişkenlikler, Kurban Bayramı gibi özel günler göz önünde bulundurularak hareket edilmiştir. Atıksu arıtma tesisine gelecek atık su debisi, 70 adet büyükbaş hayvan kesiminde ve 230 adet küçükbaş hayvan kesiminde ortaya çıkacak atık su miktarına eşdeğer olacaktır. Mezbahalarda bir adet büyükbaş ve bir adet küçükbaş için tüketilen su miktarları Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Mezbaha Tesislerinde Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Başına Tüketilen Su Miktarı (Anonim, 2013b)

Parametre	Birim	Tüketilen Su Miktarı
Mezbahalarda Tüketilen Büyükbaş Hayvan	L/gün	300-400
Mezbahalarda Tüketilen Küçükbaş Hayvan	L/gün	150-300

Mezbaha tesisi için tüketilen su miktarı, büyükbaş hayvan için adet başına 400 L/gün, küçükbaş hayvan için adet başına 200 L/gün kabul edilmiştir. Buna göre günlük oluşacak üretime bağlı prosesten gelen atıksu miktarı;

- Büyükbaş hayvan için;

$$70 \text{ adet Büyükbaş} \times 400 \text{ L/gün Büyükbaş} = 28\ 000 \text{ L/gün}$$

$$28\ 000 \text{ L/gün} = 28 \text{ m}^3/\text{gün}$$

- Küçükbaş hayvan için;

$$230 \text{ adet Küçükbaş} \times 200 \text{ L/gün Küçükbaş} = 46\ 000 \text{ L/gün}$$

$$46\ 000\ \text{L/gün} = 46\ \text{m}^3/\text{gün}$$

- Personel kullanımından kaynaklı;

Kişi başı günlük su tüketim miktarı 200 L kabul edilmiştir. Buna göre;

$$20\ \text{kişi} \times 200\ \text{L/kişi.gün} = 4\ 000\ \text{L/gün}$$

$$4\ 000\ \text{L/gün} = 4\ \text{m}^3/\text{gün}$$

Hesaplamalardan görüldüğü üzere maksimum kapasite göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalarda günlük ortalama debi $78\ \text{m}^3/\text{gün}$ olarak hesaplanmıştır. Fakat pik yüklemeler (mevsimsel değişim, hayvan sayısındaki artış, kurban bayramları vs.), mevsimsel değişiklikler, göz önünde bulundurularak AAT tasarım debisi $90\ \text{m}^3/\text{gün}$ olacak şekilde tasarlanmıştır.

Fabrikaların çalışma saatlerine bakılarak saatlik maksimum, minimum ve ortalama debiler belirlenir (Kestioğlu, 2011). Tek vardiya çalışan tesis için;

$$Q_{\max} = \frac{90\ \text{m}^3/\text{gün}}{8\ \text{saat/gün}} = 11,25\ \text{m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{\text{ort}} = \frac{90\ \text{m}^3/\text{gün}}{10\ \text{saat/gün}} = 9\ \text{m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{\min} = \frac{90\ \text{m}^3/\text{gün}}{12\ \text{saat/gün}} = 7,5\ \text{m}^3/\text{sa}$$

4.3.2. Fiziksel ve Fizikokimyasal Proses Hesaplamaları

Izgara yaklaşım kanalı hesabı

Izgara yaklaşım kanalları dikdörtgen en kesitli inşa edilecektir. h_{\max} , h_{\min} , ve h hesaplanırken Manning denklemi referans alınmıştır (Kestioğlu, 2001).

$$Q = 1/n \times R^{2/3} \times J^{1/2} \times A \quad (4.1)$$

$$Q_{\max} = 11,25 \text{ m}^3/\text{sa} = 0,003 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$Q_{\min} = 7,5 \text{ m}^3/\text{sa} = 0,002 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$n = 0,013$$

J = 0,001 kabulleri yapılır ve bu değerler manning denkleminde yerine konursa;

B (Kanal Geniřlięi), tesis kořulları ve debinin dūřüklüęü dikkate alınarak 70 cm olarak tasarlanacaktır.

$$B = 70 \text{ cm} = 0,7 \text{ m}$$

$$0,003 = \frac{1}{0,013} \left(\frac{2h_{\max}}{2+2h_{\max}} \right)^{2/3} (0,001)^{1/2} 2h_{\max}$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntı deneme yanılma (tatonman) metodu ile çözümlerse,

$$h_{\max} = 0,014 \text{ m}$$

$h_{\min} = 0,011 \text{ m}$ olarak hesaplanır.

h_{\max} değeri hesaplandıktan sonra kanaldaki maksimum hız (V_{\max});

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{B \times h_{\max}} \quad (4.2)$$

$$V_{\max} = \frac{0,003}{0,7 \times 0,014} = 0,3 \text{ m/sn}$$

Aynı şekilde kanaldaki minimum hız (V_{\min});

$$V_{\min} = \frac{Q_{\min}}{B \times h_{\min}} \quad (4.3)$$

$$V_{\min} = \frac{0,002}{0,7 \times 0,011} = 0,2 \text{ m/sn}$$

olarak hesaplanır.

Bu değerler için istenen sınır değerler $0,4 < V < 3,06 \text{ m/sn}$ ' dir (Kestioğlu, 2011). Ancak $90 \text{ m}^3/\text{gün}$ ' lük debili atıksu için, teoride hesaplanan yaklaşım kanalı değerleri uygun değildir. Saha koşullarında uygulanabilirlik göz önüne alındığında yaklaşım

kanalına parshall savağı ilavesi ile kanaldaki gerekli hız kontrolü sağlanacak, böylece düşük hızdan dolayı kanalda olabilecek çökelmeler önlenmiş olacaktır.

Parshall savağı hesabı

Parshall savağı ile hem hız kontrolü yapılmakta hem de debi ölçülmektedir (Samsunlu, 2010).

Yaklaşım Kanalına 1 adet parshall savağı seçilmiştir.

Venturi Kanalının uzunluğu (B) aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$Q_{\max} = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 1,5 * Q^{1/3} \quad (4.4)$$

$$B = 1,5 * (0,003)^{1/3}$$

$$B = 0,216 \text{ m} = \sim 22 \text{ cm olmalıdır.}$$

Savak genişliği sahada uygulanabilirliği de düşünülerek toplam 50 cm yapıldığında;

Kanalın yeni genişliği; $70 - 50 = 20 \text{ cm}$ olacaktır. Böylece hem hız kontrolü sağlanacak hem de kanalda oluşabilecek çökelmeler önlenmiş olacaktır. Yaklaşım kanalında ekipmanların bulunacağı kısma (22 cm parshall savağından sonra kanalda kalan uzunluğa) ekipmanlar yerleştirileceğinden işletme şartlarında kanal genişliği olarak 70 cm uygun görülmüştür.

20 cm kanal genişliği için yeni hızlar;

- Kanaldaki maksimum hız;

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{B \times h_{\max}} \quad (4.5)$$

$$V_{\max} = \frac{0,003}{0,2 \times 0,014} = 1,07 \text{ m/s}$$

olarak bulunur. Bulunan hız değerleri istenen sınır değerlere ($0,4 < V < 3,06$ m/s) uygundur.

- Kanaldaki minimum hız;

$$V_{\min} = \frac{Q_{\min}}{B \times h_{\min}} \quad (4.6)$$

$$V_{\min} = \frac{0,002}{0,2 \times 0,011} = 0,9 \text{ m/s}$$

olarak bulunur. Bulunan hız değerleri istenen sınır değerlere ($0,4 < V < 3,06$ m/s) uygundur.

Kaba ızgara hesabı

$$Q = V \times A_s \quad (4.7)$$

A_s : Çubuklar arasındaki serbest mesafe (m^2)

$V = 0,4$ m/sn kabul edilmiştir (Metcalf & Eddy, 2004)

- Minimum debideki çubuklar arasındaki mesafe;

$$A_s = \frac{0,002}{0,4} = 0,005 \text{ m}^2$$

- Maksimum debide çubuklar arası hız;

$V_{\max} = Q_{\max} / A_s$ denkleminde;

$$V_{\max} = \frac{0,003}{0,005} = 0,6 \text{ m/s}$$

Bu hızın 0,6-1 m/s arasında olması istenmektedir (Metcalf &Eddy, 2004). Bulunan değer uygundur.

Yaklaşım kanalındaki su yüksekliği aynen kabul edilir. Bu değer $h_{\max} = 0,014$ m'dir. Bu durumda serbest kanal genişliği;

$$A_s = B_u \times h_{\max} \quad (4.8)$$

$$B_u = \frac{0,005}{0,014}$$

$$B_u = \sim 0,36 \text{ m}$$

Izgara aralık uzunluğu: $w = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$ alınmıştır.

Izgara aralık sayısı;

$$n = B_u/w \quad (4.9)$$

$$n = 0,36/0,02 = 18 \text{ adet}$$

Izgaralar boyutlandırılırken, n çubuk sayısı ise, n+1 aralık sayısı olarak alınır (Kestioğlu, 2001). Yapılan hesaplamalarda ızgara aralık sayısı 18 adet bulunmuştu. Bu durumda çubuk sayısı;

$$n = 18-1 = 17 \text{ adet}$$

olarak hesaplanır.

Kaba ızgarada yük kaybı;

Chain-Belt Company denklemine göre yük kayıpları, h_k ;

$$h_k = \frac{V_s^2 - V^2}{0,7 \times 2g} \quad (\text{Metcalf \& Eddy, 2004}) \quad (4.10)$$

V_s : Izgara çubukları arasındaki su hızı (m/s)

V : Izgara yaklaşım kanalındaki hız (m/s)

g : Yer çekimi ivmesi

$V_s = 0,6$ m/s ve $V = 0,2$ m/s için

$$h_k = \frac{0,6^2 - 0,2^2}{0,7 \times 2 \times 9,81} = 0,023 \text{ m} = 2,3 \text{ cm}$$

Izgarada tutulan maddeler, 02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Atık Yönetimi Yönetmeliği EK-4 listesine istinaden, 19 08 01 kodlu elek üstü atıkları başka bir atıkla karışmayacak şekilde, geçici depolama süresi olan 180 gün gözetilerek izni alınmış geçici depolama sahasında biriktirilecek ve ardından lisanslı nihai bertaraf tesisine gönderilecektir.

İnce ızgara hesabı

$$Q = V \times A_s$$

A_s : Çubuklar arasındaki serbest mesafe (m^2)

V : 0,4 m/sn kabul edilmiştir (Metcalf & Eddy, 2004)

- Minimum debideki çubuklar arasındaki mesafe;

$$A_s = \frac{0,002}{0,4} = 0,005 \text{ m}^2$$

- Maksimum debide çubuklar arası hız;

$V_{\max} = Q_{\max}/A_s$ denkleminde;

$$V_{\max} = \frac{0,003}{0,005} = 0,6 \text{ m/s}$$

Bu hızın 0,6-1 m/s arasında olması istenmektedir (Metcalf & Eddy, 2004). Bulunan değer uygundur.

Yaklaşım kanalındaki su yüksekliği aynen kabul edilir. Bu değer $h_{\max} = 0,014 \text{ m}$ ' dir. Bu durumda serbest kanal genişliği;

$$A_s = B_u \times h_{\max}$$

$$B_u = \frac{0,005}{0,014}$$

$$B_u = \sim 0,36 \text{ m}$$

Izgara aralık uzunluğu: $w = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$ alınmıştır.

Izgara aralık sayısı;

$$n = B_u/w$$

$$n = 0,36/0,01 = 36 \text{ adet}$$

Izgaralar boyutlandırılırken, n çubuk sayısı ise, n+1 aralık sayısı olarak alınır (Kestioğlu, 2001). Yapılan hesaplamalarda ızgara aralık sayısı 36 adet bulunmuştu. Bu durumda çubuk sayısı;

$$n = 36 - 1 = 35 \text{ adet}$$

olarak hesaplanır.

İnce ızgarada yük kaybı;

Chain-Belt Company denklemine göre yük kayıpları, h_k ;

$$h_k = \frac{V_s^2 - V^2}{0,7 \times 2g} \text{ (Metcalf \& Eddy, 2004)}$$

V_s : Izgara çubukları arasındaki su hızı (m/s)

V : Izgara yaklaşım kanalındaki hız (m/s)

g : Yer çekimi ivmesi

$V_s = 0,6 \text{ m/s}$ ve $V = 0,2 \text{ m/s}$ için;

$$h_k = \frac{0,6^2 - 0,2^2}{0,7 \times 2 \times 9,81} = 0,023 \text{ m} = 2,3 \text{ cm}$$

Izgarada tutulan maddeler, 02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Atık Yönetimi Yönetmeliği EK-4 listesine istinaden, 19 08 01 kodlu elek üstü atıkları başka bir atıkla karışmayacak

şekilde, geçici depolama süresi olan 180 gün gözetilerek izni alınmış geçici depolama sahasında biriktirilecek ve ardından lisanslı nihai bertaraf tesisine gönderilecektir.

Atıksu terfi ünitesi hesabı

$$\text{Terfi Havuzu Hacmi} = \text{Maksimum Debi (} Q_{\text{max}} \text{)} * \text{Bekletme Süresi (} \theta \text{)}$$

$$\text{Bekletme Süresi (} \theta \text{)} = \text{Terfi Havuzu Hacmi} / Q_{\text{max}}$$

Terfi Havuzu Boyu = 2,84 m

Terfi Havuzu Genişliği = 1,84 m

Terfi Havuzu Yüksekliği = 3 m

Terfi Havuzu Su Yüksekliği = 2.8 m olarak tasarlanmıştır.

Buna göre;

$$\text{Terfi Havuzu Hacmi} = \text{En} \times \text{Boy} \times \text{Havuz derinliği (} h_{\text{su}} \text{)}$$

$$\text{Terfi Havuzu Hacmi} = 2,84 \text{ m} \times 1,84 \text{ m} \times 2,80 \text{ m} = 14,6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{gerçek}} = 1,84 * 2,84 * 3 = 15,7 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{max}} = 11,25 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Çamur üst suyu ve süzüntü suyu terfi havuzuna geri devredilecektir. Bu sular dikkate alındığında debisi;

$$Q_{\text{max}} = Q + Q_{\text{çamur üst suyu}} + Q_{\text{süzüntü suyu}}$$

$Q_{\text{çamur üst suyu}}$ ve $Q_{\text{süzüntü suyu}}$ sisteme giren sulu çamur debisi – sistemden çıkan sulu çamur debisi şeklinde hesaplanır. Buna göre;

$$Q_{\text{çamur üst suyu}} = 5 \text{ m}^3/\text{gün} - 1,9 \text{ m}^3/\text{gün} = 3,1 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{süzüntü suyu}} = 2,4 \text{ m}^3/\text{gün} - 0,35 \text{ m}^3/\text{gün} = 2,05 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Toplam Geri Devredilen } Q = 3,1 + 2,05 = 5,15 \text{ m}^3/\text{gün} = 0,2 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$\text{Toplam } Q_{\text{max}} = 11,25 \text{ m}^3/\text{sa} + 0,2 \text{ m}^3/\text{sa} = \sim 11,5 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$\text{Bekletme süresi } (\theta) = 14,6 \text{ m}^3 / 11,5 \text{ m}^3/\text{sa} = \sim 1,3 \text{ saat}$$

$\theta = 0,5-1,5$ saat aralığında olmalıdır (Metcalf & Eddy, 2004). Hesaplanan bekletme süresi bu değerler arasında olduğundan uygundur. Terfi havuzu tasarım değerleri Çizelge 4.3.'de, ızgaralardan geçen atıksularda beklenen kirletici giderim verimleri Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Terfi havuzu terfi pompası maksimum debiye ($11,5 \text{ m}^3/\text{h}$) göre seçilmiş olup, 1+1 yedekli olarak tasarlanmıştır. Emniyet faktörü ve piyasada satılan standartlar kapasiteler dikkate alınarak $14 \text{ m}^3/\text{sa}$ kapasiteli terfi pompası seçimi yapılmıştır.

Çizelge 4.3. Terfi Havuzu Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Maksimum Debi	m^3/sa	11,5
Kalış süresi	sa	1,3
Hacim	m^3	15,7
Etkin Hacim	m^3	14,6
Havuz Derinliği	m	3

Çizelge 4.3. Terfi Havuzu Tasarım Değerleri (devam)

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Su Derinliği	M	2,8
Havuz Boyutları	m x m	2,84 x 1,84

Çizelge 4.4. Izgaralardan Geçen Atıksularda Beklenen Kirletici Giderim Verimleri

Parametre	Birim	Atıksu Giriş Değerleri	Kaba Izgara		İnce Izgara		
			Çıkış Değeri	Verim (%)	Giriş Değeri	Çıkış Değeri	Verim (%)
BOİ	mg/L	2000	1800	10	1800	1500	17
KOİ	mg/L	3450	3105	10	3105	2760	11
AKM	mg/L	1200	1080	10	1080	960	11
Yağ&Gres	mg/L	910	-	-	910	900	1,1
Renk	Pt-Co	785	-	-	-	-	-
Ph	-	7,25	7,25	-	7,25	7,25	-
TKN	mg/L	167	-	-	-	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	14,5	-	-	-	-	-

Nötralizasyon ve hızlı karıştırma tankı hesabı

Koagülant madde olarak $FeCl_3$, dozaj pompası ile otomatik olarak dozlanacaktır. Kimyasal arıtmamanın verimliliği için ilgili koagülant madde dozlandıktan sonra istenen pH ayarı için NaOH dozlanacaktır. $FeCl_3$ 50 mg/L ve NaOH 40 mg/L dozaj yapılacaktır. Buna göre 90 m³ günlük debimiz için günlük gerekli $FeCl_3$ miktarı 4,5 kg, NaOH miktarı ise 3,6 kg' dır.

Dozlanan kimyasal maddenin hızlı karıştırma mikseri ile tankta tam karışımı sağlanacaktır. Nötralizasyon-Hızlı Karıştırma Tankı tasarımı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$Q = 9 \text{ m}^3/\text{saat} = 0,15 \text{ m}^3/\text{dk}$$

Havuzlar;

$$h_{su} = 1,1 \text{ m}, h = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Havuz Boyu (L)} = 0,80 \text{ m}$$

$$\text{Havuz Genişliği (B)} = 0,80 \text{ m}$$

olarak tasarlanmıştır.

Buna göre;

$$V_{su} = 0,80 \times 0,80 \times 1,1 = 0,7 \text{ m}^3$$

$$V_{gercek} = 0,80 \times 0,80 \times 1,5 = 0,96 \text{ m}^3$$

Havuzda bekletme süresi;

$$\theta = \frac{V_{su}}{Q} = \frac{0,7}{0,15} = 4,7 \text{ dk}$$

Bekletme süresi 2-5 dk arasında seçilir (Kestioğlu, 2001). Tasarlanan tank için hesaplanan bekletme süresi uygundur. Nötralizasyon-Hızlı Karıştırma Tankı tasarım değerleri izelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Nötralizasyon-Hızlı Karıştırma Tankı Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Ortalama Debi	m ³ /sa	9
Bekletme Süresi	dk	4,7
Gerçek Hacim	m ³	0,96
Etkin Hacim	m ³	0,7
Havuz Derinliği	M	1,5
Havuz Boyutları	m x m	0,80 x 0,80

Hızlı karıştırma mikseri;

Karıştırıcı için gerekli güç (G);

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}} \quad (4.11)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir (Kestioğlu, 2001).

Bu bağıntıda;

G: Ortalama hız gradyanını (sn⁻¹)

P: Güç ihtiyacını (watt)

μ : Dinamik viskoziteyi (N.sn/m²) (20⁰, de $\mu = 10^{-3}$ N.sn / m²)

V: Tank hacmini (m³)

göstermektedir.

Bu bağıntıda,

$G = 350 \text{ sn}^{-1}$ seçilirse P değeri hesaplanabilir. G değeri 300-1000 sn⁻¹ aralığında seçilmelidir (Kestioğlu, 2001).

θ_H : Bekleme süresi

$$\theta_H = 4,7 \text{ dk}$$

olarak bulunmuştur.

Hızlı karıştırıcılarda hız gradyanı ile bekleme süresinin çarpımının ($10^4 < G \times \theta_H < 10^5$) arasında olma zorunluluğu vardır (Kestioğlu, 2001).

Boyutlandırmada yapılan kabullerle bu değer;

$10^4 < G \times \theta_H = 98\,700 < 10^5$ mertebesine çıkmaktadır ve verilen limit değerlerine uygundur. Aşağıdaki değerler yerine konulursa;

$$G = 350 \text{ sn}^{-1}$$

$$\mu = 10^{-3} \text{ N.sn/m}^2$$

$$V = 0,96 \text{ m}^3$$

$$P = G^2 \times \mu \times V \quad (4.12)$$

$$P = 350^2 \times 10^{-3} \times 0,96 = 118 \text{ watt} = 0,11 \text{ kW}$$

olarak hesaplanır. Ancak tesiste uygulanabilirliği açısından 1,1 kW'lık hızlı karıştırıcı uygun görülmüştür.

Yavaş karıştırma tankı hesabı

Yavaş karıştırma tankında eklenen polielektrolitle birlikte atıksu içerisinde bulunan koloidal yapıdaki katıların daha hızlı çökebilir iri floklar oluşturması sağlanacaktır. Havuzda ortalama alıkonma süresi 10-30 dakika arasında seçilebilir (Kestioğlu, 2001).

Yavaş karıştırma tankı tasarımı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir;

$$Q = 9 \text{ m}^3/\text{saat} = 0,15 \text{ m}^3/\text{dk}$$

Havuzlar;

$$h_{su} = 1,1 \text{ m} \quad h = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Havuz boyu (L)} = 1,70 \text{ m}$$

$$\text{Havuz genişliği (B)} = 0,80 \text{ m}$$

olarak tasarlanmıştır.

Buna göre;

$$V_{su} = 1,70 \times 0,80 \times 1,1 = 1,5 \text{ m}^3$$

$$V_{gercek} = 1,70 \times 0,80 \times 1,5 = 2,04 \text{ m}^3$$

Havuzda bekletme süresi (θ);

$$\theta = \frac{V_{su}}{Q} = \frac{1,5}{0,15} = 10 \text{ dk}$$

Bekletme süresi; 10-30 dk arasında seçilir (Kestioğlu, 2001). Tasarlanan tank için hesaplanan bekletme süresi uygundur. Yavaş Karıştırma Tankı tasarım değerleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yavaş Karıştırma Tankı Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Ortalama Debi	m ³ /sa	9
Bekletme Süresi	dk	10
Gerçek Hacim	m ³	2,04
Etkin Hacim	m ³	1,5
Havuz Derinliği	M	1,5
Havuz Boyutları	m x m	1,70 x 0,80

Yavaş karıştırma mikseri;

Karıştırıcı için gerekli güç (G);

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}}$$

bağıntısı ile hesaplanabilir (Kestioğlu, 2001).

Bu bağıntıda;

G: Ortalama hız gradyanını (sn⁻¹)

P: Güç ihtiyacını (watt)

μ : Dinamik viskoziteyi (N.sn/m²), (20⁰ de $\mu = 10^{-3}$ N.sn / m²)

V: Tank hacmini (m³)

göstermektedir.

Bu bağıntıda;

$G = 60 \text{ sn}^{-1}$ seçilirse P değeri hesaplanabilir. G değeri 20-80 sn^{-1} aralığında seçilmelidir (Kestioğlu, 2001).

θ_H : Bekleme süresi

$\theta_H = 10 \text{ dk}$

Yavaş karıştırıcılarda hız gradyanı ile bekleme süresinin çarpımının ($10^4 < G \times \theta_H < 10^5$) arasında olma zorunluluğu vardır (Kestioğlu, 2001).

Boyutlandırmada yapılan kabullerle bu değer;

$$10^4 < G \times \theta_H = 36\,000 < 10^5 \text{ mertebesinde uygundur.}$$

$$G = 60 \text{ sn}^{-1}$$

$$\mu = 10^{-3} \text{ N.sn/m}^2$$

$$V = 2,04 \text{ m}^3$$

$$P = G^2 * \mu * V$$

$$P = 60^2 * 10^{-3} * 2,04 = 7,3 \text{ watt} = 0,0073 \text{ kW}$$

olarak hesaplanır. Ancak tesiste uygulanabilirliği açısından 0,55 kW'lık hızlı karıştırıcı uygun görülmüştür.

Sistemde kullanılacak kimyasal madde hesabı

Sistemde kullanılacak kimyasallar FeCl₃, kostik ve polielektrolit çözeltileridir. FeCl₃ 50 mg/L, kostik 40 mg/L, Anyonik polielektrolit 3 mg/L olarak dozlanacaktır. Kostik sarfiyatı pH metre kontrolünde olacaktır.

Buna göre;

- FeCl₃ Sarfiyatı;

FeCl₃ çözeltisi % 5'lik hazırlanacaktır.

$$\text{FeCl}_3 \text{ İhtiyacı} = 50 \text{ mg/L} \times 90 \text{ m}^3/\text{gün} \times 10^{-3} = 4,5 \text{ kg/gün}$$

$$\text{FeCl}_3 \text{ İhtiyacı} = 108 \text{ kg/ay} = 1 \text{ 350 kg/yıl}$$

FeCl₃ Miktarı;

$$M_{\text{FeCl}_3} = 4,5/10 \text{ saat} = 0,45 \text{ kg/saat}$$

$$Q_{\text{FeCl}_3} = 0,45 \times 100/5 = 9 \text{ L/saat}$$

Emniyet açısından çok yüklemeler ve piyasada satılan standart kapasiteler dikkate alınarak 20 L/sa, 2 bar kapasiteli dozaj pompası seçimi yapılmıştır, 1 adet kullanılacaktır.

- Kostik Sarfiyatı;

Kostik çözeltisi % 5'lik hazırlanacaktır.

$$\text{Kostik İhtiyacı} = 40 \text{ mg/L} \times 90 \text{ m}^3/\text{gün} \times 10^{-3} = 3,6 \text{ kg/gün}$$

$$\text{Kostik İhtiyacı} = 86,4 \text{ kg/ay} = 1080 \text{ kg/yıl}$$

Kostik Miktarı;

$$M_{\text{Kostik}} = 3,6/10 \text{ saat} = 0,36 \text{ kg/saat}$$

$$Q_{\text{Kostik}} = 0,36 \times 100/5 = 7,2 \text{ L/saat}$$

Emniyet açısından şok yüklemeler ve piyasada satılan standart kapasiteler dikkate alınarak 20 L/sa, 2 bar kapasiteli dozaj pompası seçimi yapılmıştır, 1 adet kullanılacaktır.

- Anyonik Polielektrolit Sarfıyatı;

Polielektrolit çözeltisi % 0,1'lik hazırlanacaktır.

$$\text{Polielektrolit İhtiyacı} = 3 \text{ mg/L} \times 90 \text{ m}^3/\text{gün} \times 10^{-3} = 0,27 \text{ kg/gün}$$

$$\text{Polielektrolit İhtiyacı} = 6,48 \text{ kg/ay} = 81 \text{ kg/yıl}$$

Polielektrolit Miktarı;

$$M_{\text{Poli}} = 0,27/10 \text{ saat} = 0,027 \text{ kg/saat}$$

$$Q_{\text{Poli}} = 0,027 \times 100/0,1 = 27 \text{ L/saat}$$

Emniyet açısından şok yüklemeler ve piyasada satılan standart kapasiteler dikkate alınarak 30 L/sa, 2 bar kapasiteli dozaj pompası seçimi yapılmıştır, 1 adet kullanılacaktır.

DAF sistemi hesabı

Yağ tutucu olarak DAF sistemi kullanılacaktır. Sisteme kimyasal maddeler de ilave edilerek sistemin verimliliği arttırılacaktır. Kimyasallı DAF sistemi ile hem yağ ve gres giderimi hem de AKM ve koloidal madde giderimi de sağlanacaktır. Geri devirli, plakasız DAF sistemi tasarlanmıştır.

DAF ünitesine girişteki yağ-gres derişimi = 900 mg/L'dir.

T = 20°C

Geri devir debisi hesaplama;

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 \times sa \times (f \times P - 1) \times R}{Sa \times Q} \quad (4.13)$$

$\frac{A}{S}$: Hava-katı oranı (ml/mg katı)

Hava-katı oranı 0,005 – 0,06 alınır (Metcalf & Eddy, 2004). Burada 0,008 mL/mg kabul edilmiştir.

sa: Hava çözünürlüğü (ml/L)

20°C için; sa = 18,7 ml/L (Metcalf&Eddy, 2004).

f: P basıncındaki çözünmüş hava fraksiyonu

f genellikle 0,5 alınır (Metcalf&Eddy, 2004).

P: basınç (atm)

$$P = \frac{p+101,35}{101,35} \quad (4.14)$$

p: basınç tankındaki basınç (kPa)

p = 3 bar = 300 kPa (Metcalf&Eddy, 2004).

R: Geri devir debisi (m³/gün)

Sa: Giriş yağ&gres derişimi (mg/L)

Q: Giriş debisi (m³/gün)

$$P = \frac{p+101,35}{101,35}$$

$$P = \frac{300+101,35}{101,35} = 3,96 \text{ atm}$$

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 \times sa \times (f \times P - 1) \times R}{Sa \times Q}$$

$$0,008 \text{ mL/mg} = \frac{1,3 \times 18,7 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times (0,5 \times 3,96 - 1) \times R}{900 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 90 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}}$$

$$R = 27 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Mezbaha endüstrilerinde hidrolik yükleme oranı (HYO) 5-7 m/sa arasında seçilir (Anonim, 2019).

HYO = 5,5 m/sa kabul edilmiştir.

Buna göre;

$$A = \frac{Q+R}{YHY} \quad (4.15)$$

$$A = \frac{90 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} + 27 \text{ m}^3/\text{gün}}{5,5 \text{ m/sa}}$$

$$A = 0,9 \text{ m}^2$$

DAF Havuzu;

$h_{su} = 1,1$ m, $h = 1,5$ m seçilmiştir.

Buna göre;

$$V_{su} = A \times h_{su}$$

$$V_{su} = 0,9 \times 1,1$$

$$V_{su} = 1 \text{ m}^3$$

$$V_{gercek} = 0,9 \times 1,5 \text{ m}^3$$

$$V_{gercek} = 1,35 \text{ m}^3$$

olarak hesaplanır.

Emniyet payı ve tankın tesis ölçüleri ile verimli uyumu düşünülerek; $L = 1,7$ m, $B = 0,8$ m'lik ($A = 1,3 \text{ m}^2$, $V_{su} = 1,5 \text{ m}^3$, $V_{gercek} = 2,04 \text{ m}^3$) DAF tankı tasarlanmıştır.

Buna göre bekleme süresi;

$$\theta = \frac{V}{Q+R} \quad (4.16)$$

$$\theta = \frac{1,5 \text{ m}^3}{(90+27) \text{ m}^3/\text{gün}}$$

$$\theta = \sim 20 \text{ dk}$$

Kimyasal dozajı ile birlikte, DAF ünitesinde % 90 yağ&gres giderimi olması hedeflenmektedir. Mezbaha tesislerinde, DAF sistemi ile yağ&gres giderim verimi %93-96 arasında olabilmektedir (Eckenfelder, 2000). Ancak işletme şartları düşünülerek giderim verimi % 90 olarak kabul edilmiştir. DAF tankı tasarım değerleri Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. DAF Tankı Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Debi	m ³ /gün	90
Bekletme Süresi	Dk	20
Gerçek Hacim	m ³	2,04
Etkin Hacim	m ³	1,5
Havuz Derinliği	M	1,5
Havuz Boyutları	m x m	1,70 x 0,80

DAF sistemi çıkışında yağ&gres derişimi = (900 mg/L) x (1– 0,9)

DAF sistemi çıkışında yağ&gres derişimi = 90 mg/L' dir.

Doygunluk verimi;

Santrifüj pompa kullanıldığı klasik DAF sistemlerinde, doyunluk verimi işletmede % 65 ve daha küçük olur (Colic ve diğ., 2005). Bu tesis için doyunluk verimi % 50 kabul edilmiştir.

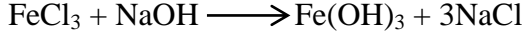
DAF sisteminde oluşan yağlı katı madde miktarı;

$$YKMM = Q \times (S_o - S_e) \times 10^{-3} \quad (4.17)$$

$$YKMM = 90 \times (900 - 90) \times 10^{-3} = 73 \text{ kg/gün}$$

DAF sisteminde oluşan çamur;

FeCl₃ dozajı 50 mg/L ve NaOH dozajı 40 mg/L yapılacaktır.



$$\text{FeCl}_3 \text{ gereksinimi} = 90 \text{ m}^3/\text{gün} \times 50 \text{ mg/L} \times 10^{-3}$$

$$\text{FeCl}_3 \text{ gereksinimi} = 4,5 \text{ kg/gün}$$

Atıksuya ilave edilen FeCl₃, Fe(OH)₃ çökeleği oluşturacaktır. Bu reaksiyon için stokiyometrik bağıntı yazılırsa 1 g FeCl₃ için 0,66 g Fe(OH)₃ çökeleği oluştuğu hesaplanır.

$$\text{Fe(OH)}_3 \text{ miktarı} = 4,5 \text{ kg/gün} \times 0,66 \text{ g Fe(OH)}_3 = 3 \text{ kg/gün}$$

$$\text{NaOH gereksinimi} = 90 \text{ m}^3/\text{gün} \times 40 \text{ mg/L} \times 10^{-3}$$

$$\text{NaOH gereksinimi} = 3,6 \text{ kg/gün}$$

Atıksuya ilave edilen NaOH, NaCl çökeleği oluşturacaktır. Bu reaksiyon için stokiyometrik bağıntı yazılırsa 1 g NaOH için 1,46 g NaCl çökeleği oluştuğu hesaplanır;

$$\text{NaCl miktarı} = 3,6 \text{ kg/gün} \times 1,46 \text{ g NaCl}$$

$$\text{NaCl miktarı} = 5,3 \text{ kg/gün}$$

DAF giriş AKM = 960 mg/L

DAF çıkış AKM = 96 mg/L için

$$\text{DAF giriş AKM miktarı} = 90 \text{ m}^3/\text{gün} \times 960 \text{ mg/L} \times 10^{-3} = 86,4 \text{ kg/gün}$$

$$\text{DAF çıkış AKM miktarı} = 90 \text{ m}^3/\text{gün} \times 96 \text{ mg/L} \times 10^{-3} = 8,64 \text{ kg/gün}$$

$$\text{Giderilen AKM} = 86,4 - 8,64 = \sim 78 \text{ kg/gün}$$

Oluşan yağlı katı madde miktarı;

$$\text{YKMM} = 90 \times (900 - 90) \times 10^{-3} = 73 \text{ kg/gün}$$

Yağlı maddelerin katı madde oranı %20 ve özgül ağırlığı $S=0,7 \text{ g/cm}^3$ alınırsa (Kestioğlu, 2001);

Oluşan Yağlı amur Hacmi ($V_{\text{DAFy}}$);

$$V_{\text{DAFy}} = \frac{73 \text{ kg/gün}}{1000 \times 0,7 \times 0,2} = 0,52 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Yüzdürülen Toplam Katı Madde Miktarı = $78 \text{ kg/gün} + 3 \text{ kg/gün} + 5,5 \text{ kg/gün} = \sim 87 \text{ kg/gün}$

Burada katı madde oranı %2,6 ve özgül ağırlığı $S = 1 \text{ g/cm}^3$ alınırsa (Kestioğlu, 2001);

Oluşan Toplam amur Hacmi (V_{DAFkm});

$$V_{\text{DAFkm}} = \frac{87 \text{ kg/gün}}{1000 \times 1 \times 0,026} = 3,3 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Kimyasallı DAF sistemi arıtma verimliliği izelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. DAF Sisteminden Geçen Atıksularda Beklenen Kirletici Giderim Verimleri

Parametre	Birim	Kimyasalı DAF Sistemi		
		Giriş Değeri	Çıkış Değeri	Verim (%)
BOİ	mg/L	1500	600	60
KOİ	mg/L	2760	828	70
AKM	mg/L	960	96	90
Yağ&Gres	mg/L	900	90	90
Renk	Pt-Co	785	157	80
pH	-	7,25	6-9	-
TKN	mg/L	167	164	2
Toplam Fosfor	mg/L	14,5	14,2	2

Dengeleme tankı hesabı

Arıtma tesisine gelen atıksuyu debi ve kirlilik açısından homojenize etmek için 1 adet dengeleme tankı tasarlanmıştır.

Belli bir bekletme süresi kabul edip bu değerlere göre dengeleme havuzu hacmini hesaplayabiliriz ve genellikle 4 ile 8 saat arasında olacak şekilde bir bekletme süresi seçilir (Kestioğlu, 2001).

Buna göre;

$\theta = 4,2$ sa seçilmiştir.

$$Q_{\max} = 11,25 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$V = 11,25 \text{ m}^3/\text{sa} \times 4,2 \text{ saat} = 48 \text{ m}^3$$

h = 4 m seçilmiştir.

$$\text{Dengeleme Tankı Alanı (A)} = \frac{V}{h}$$

$$A = \frac{48 \text{ m}^3}{4 \text{ m}} = 12 \text{ m}^2$$

Buna göre tank uzunluğu (L) 4 m, tank genişliği (w) 3 m olarak tasarlanmıştır. Dengeleme tankı tasarım değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Dengeleme tankı terfi pompası maksimum debiye göre seçilmiş olup, 1+1 yedekli olarak tasarlanmıştır. Emniyet faktörü de düşünülerek 14 m³/sa kapasiteli terfi pompası seçimi yapılmıştır.

Dengeleme tankında çökelmeleri önlemek ve homojen bir karışım sağlamak için blower ile havalandırma yapılacaktır. Blower için havalandırma ihtiyacı;

Gerekli birim hava debisi (q) = 1,5 m³ hava/m³.sa seçilmiştir (Kestioğlu, 2011). Buna göre gerekli hava miktarı;

$$\text{Gerekli hava miktarı} = 1,5 \text{ m}^3 \text{ hava/m}^3 \cdot \text{saat} \times 48 \text{ m}^3$$

$$\text{Gerekli hava miktarı} = 72 \text{ m}^3 \text{ hava/sa}$$

Dengeleme tankı için 7 m³/sa efektif kapasiteli difüzör seçilmiştir. Buna göre gerekli difüzör miktarı;

$$\text{Difüzör miktarı} = \frac{72 \text{ m}^3/\text{sa}}{7 \text{ m}^3/\text{sa}}$$

$$\text{Difüzör miktarı} = 12 \text{ adet}$$

Çizelge 4.9. Dengeleme Tankı Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Maksimum Debi	m ³ /sa	11,25
Bekletme Süresi	sa	4,2
Hacim	m ³	48
Havuz Derinliği	m	4
Havuz Boyutları	m x m	4 x 3

4.3.3. Biyolojik Arıtma Proses Hesaplamaları

Havalandırma havuzu hesabı

Dengeleme havuzuna gelen atıksular, dalgıç pompa ile havalandırılmalı aktif çamur havuzuna alınacaktır. Burada mikroorganizmaların faaliyeti sonucu organik maddeler oksijenli ortamda parçalanarak H₂O ve CO₂ açığa çıkacak ve yeni mikroorganizmalar oluşacaktır. Havalandırılmalı aktif çamur sistemi uzun havalandırılmalı sistem olarak tasarlanmıştır. Biyolojik sistem karbonlu bileşikler yanında azot giderimini de sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Havalandırma blower-difüzör sistemi ile sağlanacaktır. Difüzör aktif çamur havuzuna hem gerekli olan oksijeni sağlayacak hem de atıksuyun karışımını sağlayacaktır.

Tesis çıkışında çözünmüş BOİ konsantrasyonu = Arıtılmayan çözünmüş organik madde konsantrasyonu (BOİ₅) + Çıkış suyundaki AKM'nin BOİ₅ değeri (Samsunlu, 2006)

Çıkış suyundaki AKM'nin BOİ₅ değeri;

Sistemin çıkış suyundaki AKM değeri 25 mg/L olarak analizlenmiştir. Analiz Standart Metotlara (SM) göre yapılmış olup, AKM SM 2540 D metoduna göre analizlenmiştir

(APHA, AWWA, WCPF, 1998). Bu miktarın %65'i parçalanabilir biyolojik unsurlardan oluşmaktadır (Samsunlu, 2006). Buna göre;

$$\text{Biyolojik ayrışabilir AKM konsantrasyonu} = 25 \text{ mg/L} \times 0,65 = 16,25 \text{ mg/L}$$

$$\text{Biyolojik ayrışabilir AKM'nin nihai BOİ değeri} = 16,25 \text{ mg/L} \times 1,42^* = 23 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOİ}_5 = 0,68 \text{ BOİ}_L$$

$$\text{Çıkış suyundaki AKM'nin BOİ}_5 \text{ değeri} = 23 \text{ mg/L} \times 0,68 = 15,64 \text{ mg/L}$$

*1,42 değeri 1 g hücrenin BOİ eşdeğeridir.

Sistemin çıkış suyundaki BOİ değeri 30 mg/L olarak analizlenmiştir. Analiz Standart Metotlara (SM) göre yapılmış olup, AKM SM 5210 B metoduna göre analizlenmiştir (APHA, AWWA, WCPF, 1998). Buna göre;

Arıtılmamış çözünmüş BOİ₅ miktarının olabileceği konsantrasyon değeri;

$$S = S_e - 15,64$$

$$S = 30 - 15,64 = 14,36 \text{ mg nihai/L}$$

$$\text{Çıkış BOİ konsantrasyonu} = 14,36 + 15,64 = 30 \text{ mg/L}$$

Havalandırma havuzunda arıtma verimi;

$$\text{Arıtma Verimi (E)} = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 \text{ (Samsunlu, 2010)} \quad (4.18)$$

$$E = \frac{600 - 30}{600} \times 100 = \%95$$

Havalandırma havuzu hacmi;

$$V = [Q \times \theta_C \times Y \times (S_0 - S)] / [Q \times (1 + k_d \times \theta_C)] \quad (\text{Samsunlu, 2010}) \quad (4.19)$$

Bu bağıntıda;

Q: Sisteme gelen atıksu debisi ($\text{m}^3/\text{gün}$)

V: Havalandırma havuzu hacmi (m^3)

θ_C : Çamur bekleme süresi (gün)

X: Havalandırma havuzundaki mikroorganizma derişimi (mg/L)

S_0, S : Giriş ve çıkış suyundaki substrat derişimleri (mg/L)

k_d : Endojen bozunma katsayısı (gün^{-1})

Y: Hücre dönüşüm katsayısı ($\text{kg } \Delta X/\text{kg } \Delta S$)

Havalandırma havuzu hacim hesabı için yapılan kabuller (Metcalf&Eddy, 2014);

$$\theta_C = 30 \text{ gün}$$

$$Y = 0,62$$

$$k_d = 0,06 \text{ gün}^{-1}$$

$$X = 2550 \text{ mg/L' dir.}$$

$$S_0 = 600 \text{ mg/L}$$

$$S = 30 \text{ mg/L (}\%95 \text{ giderim verimi ile)}$$

Buna göre;

$$V = [90 \times 30 \times 0,62 \times (600 - 30)] / [2550 \times (1 + 0,06 \times 30)]$$

$$V \approx 135 \text{ m}^3$$

$W = 5 \text{ m}$, $L = 8 \text{ m}$, $h_{su} = 3,38 \text{ m}$ boyutlarında havalandırma havuzu tasarlanmıştır.

$h_{toplam} = 4 \text{ m}$ $h_{hava} = 0,62 \text{ m}$ olduğundan;

$V_{gerçek} = 160 \text{ m}^3$ tür.

Bekletme süresi (θ);

$$\theta = V/Q$$

$$\theta = 135 \text{ m}^3 / 90 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\theta = 1,5 \text{ gün} = 36 \text{ saat bulunur.}$$

Çamur bekleme süresi uzun havalandırma sistemleri için 18-36 saat arasında olmalıdır (Metcalf&Eddy, 2014). Bulunan değer uygundur.

Havalandırma havuzunda F/M oranı;

$$F/M = \frac{Q \times (S_i - S_e)}{V \times X} \quad (4.20)$$

$$F/M = \frac{90 \times (600 - 30)}{135 \times 2550} = 0,14$$

F/M için 0,05-0,15 aralığı uzun havalandırma aktif çamur sistemlerinde tercih edilmektedir (Metcalf&Eddy, 2014). Bulunan değer uygundur.

Havalandırma havuzundaki mikroorganizma konsantrasyonu;

$$X = \frac{\theta C \times Y \times (S_0 - S)}{\theta \times (1 + k_d \times \theta C)} \quad (4.21)$$

$$X = \frac{30 \times 0,62 \times (600 - 30)}{1,5 \times (1 + 0,06 \times 30)} = \sim 2524 \text{ mg/L' dir.}$$

Bu değer istenen sınır değerler içerisinde (Metcalf&Eddy, 2014).

Geri devir oranı (Q_r);

Atıksu havalandırma havuzunda 24 saat arıtılacaktır. Buna göre saatlik debi;

$$Q_{\text{saat}} = 90/24 = 3,75 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$Q_r = Q$ kabul edilmiştir (Samsunlu, 2010). Buna göre;

$$Q_r = 3,75 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$R = \frac{Q_r}{Q} \quad (4.22)$$

$$R = \frac{3,75}{3,75} = 1 = \%100$$

ıkış debisinin %100' geri döndürülmelidir. Geri dönüş oranı %25-100 arasında olmalıdır (Samsunlu, 2010).

Fazla amur miktarı;

$Y_{\text{göz}}$: Gözlenen maksimum dönüşüm oranı

$$Y_{\text{göz}} = Y / (1+k_d*\theta_C) \quad (\text{Samsunlu, 2010}) \quad (4.23)$$

$$Y_{\text{göz}} = 0,62 / (1+0,06*30)$$

$$Y_{\text{göz}} = 0,22 \text{ kg UAKM} / \text{kg BOI}_5$$

Buna göre üretilen günlük çamur miktarı;

$$P_X = Y_{göz} \times Q \times (S_0 - S) \quad (\text{Samsunlu, 2010}) \quad (4.24)$$

$$P_X = 0,22 \times 90 \times (600 - 30) \times 10^{-3}$$

$$P_X = \sim 11,3 \text{ kg /gün}$$

Gerekli oksijen miktarı (G.O.M.);

$$\text{G.O.M.} = \frac{Q \times (S_0 - S)}{1000 \times 0,68} - 1,42 \times P_X + 4,33 \times Q \times (\text{NO}_x) \quad (\text{Metcalf\&Eddy, 2014}) \quad (4.25)$$

$$\text{NO}_x = \text{TKN} - \text{Ne} - 0,12 \times P_{x\text{bio}}/Q \quad (\text{Metcalf\&Eddy, 2014}) \quad (4.26)$$

TKN giriş = 164 mg/L

Havalandırma havuzu ile TKN'de %97 oranında giderim olabilecektir (Metcalf&Eddy, 2014).

TKN çıkış = 4,9 mg/L

$$\text{NO}_x = 164 - 4,9 - 0,12 \times 9/90$$

$$\text{NO}_x = 159 \text{ mg/L}$$

Buna göre;

$$\text{G.O.M.} = \frac{90 \times (600 - 30)}{1000} - 1,42 \times 11,3 + 4,33 \times 90 \times 159 \times 10^{-3} = 97,2 \text{ kg oksijen/gün}$$

Gerekli olan hava miktarı;

Havanın yoğunluğu $1,2 \text{ kg/m}^3$ olup, havanın %23,2' sinin oksijen olduğu kabul edilecektir. Oksijen transfer verimi %8 olarak kabul edilmiştir (Samsunlu, 2010). Buna göre;

$$V_{\text{hava}} = \frac{97,2}{1,2 \times 0,232 \times 0,08}$$

$$V_{\text{hava}} = 4\,364 \text{ m}^3 \text{ hava/gün} = 182 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Havalandırma havuzu için blower hesaplanan gerekli olan hava miktarına göre seçilmiş olup, 1+1 yedekli olarak tasarlanmıştır. Emniyet faktörü ve piyasada satılan standartlar kapasiteler dikkate alınarak $250 \text{ m}^3/\text{sa}$ kapasiteli terfi pompası seçimi yapılmıştır.

Havalandırma havuzu için $7 \text{ m}^3/\text{sa}$ efektif kapasiteli difüzör seçilmiştir. Buna göre gerekli difüzör miktarı;

$$\text{Difüzör miktarı} = \frac{182 \text{ m}^3/\text{sa}}{7 \text{ m}^3/\text{sa}}$$

$$\text{Difüzör miktarı} = 26 \text{ adet}$$

Havalandırma havuzu tasarım değerleri Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Havalandırma Havuzu Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Havuz Boyutları	mxm	8 x 5
Havuz Yüksekliği	m	4
Etkin Havuz Hacmi	m^3	135
Gerçek Havuz Hacmi	m^3	160
Oksijen İhtiyacı	kg O_2 /gün	97,2
Hava İhtiyacı	m^3/saat	182

Çizelge 4.10. Havalandırma Havuzu Tasarım Değerleri (devam)

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Blower Kapasitesi	m ³ /saat	250
Blower sayısı	adet	2
Gerekli Difüzör Miktarı	adet	26

Biyolojik çöktürme havuzu hesabı

Biyolojik çöktürme havuzu kare planlı merkezden beslemeli olarak seçilmiştir. Boyutlandırmada hidrolik yüzey yükü, katı madde yükü dikkate alınmaktadır. Yüzeysel hidrolik yük değerleri böyle bir ünitenin tasarımı için 0,5-1 m³/m².sa değerleri arasında seçilir (Metcalf&Eddy, 2014).

Biyolojik çöktürme havuzlarında yüzeysel hidrolik yükün yanında katı madde yükü de önemlidir. Katı madde yükü genelde 3-61 kg /m².sa' tir (Metcalf&Eddy, 2014).

Biyolojik çöktürme havuzlarında geri devir akımı da iletilir. Bundan dolayı;

$$\text{Havuzdan geçen debi} = (1 + r) \times Q$$

olarak hesaplanır.

$$\text{Biyolojik çöktürme havuzuna alınan debi} = (1+1) \times 3,75 \text{ m}^3/\text{sa} = 7,5 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Yüzeysel Hidrolik Yük= 0,625 m³/m².sa seçilirse;

$$\text{Tank Alanı (A)} = Q/Vs$$

$$A = 7,5 \text{ m}^3/\text{sa} / 0,625 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa} = 12 \text{ m}^2$$

Tank yüzeyi kare olacaktır. Buna göre;

$$B = L = \sqrt{A} = \sqrt{12} = 3,5 \text{ m}$$

Tank boyutları B = 3,5 m, L = 3,5 m olarak tasarım yapılmıştır.

Uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi son çöktürme havuzu bekletme süresi 3-6 saat arasında olmalıdır (Metcalf&Eddy, 2014). Biyolojik çöktürme havuzu bekletme süresi 3,2 saat seçilmiştir. Buna göre;

$$V_{\text{toplam(su)}} = Q \times \theta = 7,5 \times 3,2 = 24 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{su}} = \frac{V_{\text{su}}}{A}$$

$$h_{\text{su}} = \frac{24 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^2} = 2 \text{ m}$$

Biyolojik çöktürme havuzu derinliği 3-6 m arasında olmalıdır (Metcalf&Eddy, 2014).

$h_{\text{toplam}} = 3 \text{ m}$ olarak tasarlanmıştır. Buna göre hava payı;

$$h_{\text{hava}} = h_{\text{toplam}} - h_{\text{su}}$$

$$h_{\text{hava}} = 3 - 2 = 1 \text{ m}$$

$$V_{\text{gerçek}} = A \times h_{\text{toplam}}$$

$$V_{\text{gerçek}} = 12 \times 3 = 36 \text{ m}^3$$

Biyolojik çöktürme havuzu tasarım değerleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Biyolojik Çöktürme Havuzu Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Havuz Boyutları	Mxm	3,5 x 3,5
Havuz Yüksekliği	M	3
Etkin Havuz Hacmi	m ³	24
Gerçek Havuz Hacmi	m ³	36
Bekletme Süresi	Sa	3,2
Yüzeysel Hidrolik Yük	m ³ /m ² .sa	0,625

Biyolojik arıtma verimleri Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Biyolojik Arıtma Verimliliği

Parametre	Birim	Biyolojik Arıtma Sistemi			
		Giriş Değeri	Çıkış Değeri	S.K.K.Y Çizelge 5.6 (Kompozit Numune 2 Saatlik)	Verim (%)
BOİ	mg/L	600	30	-	95
KOİ	mg/L	828	82,8	250	90
AKM	mg/L	96	24	-	75
Yağ&Gres	mg/L	90	18	30	80
Renk	Pt-Co	157	78,5	280	50
pH	-	6-9	6-9	6-9	-
TKN	mg/L	164	4,9	-	97
Toplam Fosfor	mg/L	14,2	11,4	-	20

4.3.4. Çamur Susuzlaştırma Sistemi Hesaplamaları

Biyolojik arıtmadan ve DAF ünitesinden çıkan çamurlar, önce çamur yoğunlaştırıcıya alınacaktır. Çamur yoğunlaştırma işlemi için havuza dozaj pompası ile katyonik polielektrolit dozlanacaktır. Çamur yoğunlaştırıcıdan çıkan çamur filtre prese basılacaktır. Filtre pres ünitesi çıkışında oluşan çamurda %30 – 35 arası kuru katı madde oluşumu sağlanacaktır.

Çamur yoğunlaştırma havuzu hesabı

Çamur yoğunlaştırıcılarda, yoğunlaştırma işlemi esnasında üç tabaka oluşmaktadır. Duru suyun bulunduğu en üst tabaka ($h_{su} = 1$ m), çıkış katı maddesinin %75'i oranında katı madde oranına sahip sıkışma bölgesi ve çamur küreme ($h_{küreme} = 0,3$ m) bölgesidir (Kestioğlu, 2001). Çamur yoğunlaştırıcıda, yoğunlaştırma yöntemi graviteli yoğunlaştırma olarak tasarlanmıştır.

Yoğunlaştırıcıya DAF' tan kaynaklanan yağlı kimyasal çamur ve biyolojik çamur gelecektir.

Yağlı Çamur Miktarı = 87 kg/gün

Biyolojik Çamur Miktarı = 11,3 kg/gün olarak hesaplanmıştır. Buna göre;

Gelen Toplam Çamur Miktarı = 98,3 kg/gün

Yağlı çamur hacmi;

$$V_{DAFkm} = \frac{87 \text{ kg/gün}}{1000 \times 1 \times 0,026} = 3,3 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Biyolojik çamur hacmi;

$$V_{\text{biy.çamur}} = \frac{Px}{\%KM \times d_{\text{çamur}} \times 1000} \quad (4.27)$$

$$V_{\text{biy.çamur}} = \frac{11,3}{0,007 \times 1,01 \times 1000}$$

$$V_{\text{biy.çamur}} = 1,6 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Çamur yoğunlaştırıcıya gelen toplam çamur debisi;

$$V_{\text{toplamçamur}} = V_{\text{DAFkm}} + V_{\text{biy.çamur}}$$

$$V_{\text{toplamçamur}} = 3,3 + 1,6$$

$$V_{\text{toplamçamur}} = 5 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Karışım sonucunda oluşan çamurun KM yüzdesi %2, yoğunlaştırma sonucunda oluşan çamurun KM yüzdesi %5, çamurun spesifik ağırlığı 1,02 ve yoğunlaştırıcıdaki katı madde yükü 80 kg KM/m².G (Metcalf&Eddy, 2014) seçilirse yoğunlaştırıcı yüzey alanı;

$$A = L\ç/\sigma$$

$$A = 98,3/80 = 1,23 \text{ m}^2$$

A: Yoğunlaştırıcı yüzey alanı (m²)

σ : Katı madde yükünü (kg/m².G)

Lç: Yoğunlaştırıcıya gelen toplam çamur yükü (kg/gün)

Sahada yapım kolaylığı açısından ve emniyetli bölgede kalmak maksadıyla çamur yoğunlaştırıcı alanı 1,75 m² seçilmiştir.

Çamur yoğunlaştırıcı dairesel tasarlanmıştır. Buna göre yoğunlaştırıcı çapı;

$$D = \sqrt{4 * A / \pi} \quad (4.28)$$

$$D = \sqrt{4 * 1,75 / \pi} \approx 1,5 \text{ m}$$

Çamur yoğunlaştırıcılarının tasarımında, giren katı maddelerin sıkışma bölgesinde toplandığı ve sıkışma bölgesindeki KM yüzdesinin, yoğunlaşmış çamurun KM yüzdesinin 0,75 katı olduğu kabul edilmektedir (Kestioğlu, 2001).

Sıkışma bölgesindeki çamur debisi;

$$Q_{SB} = Lç / 1000 * Sç * \%KM * 0,75 \quad (4.29)$$

$$Q_{SB} = 98,3 / 1000 * 1,02 * 0,05 * 0,75$$

$$Q_{SB} = 2,57 \text{ m}^3/\text{G} = 0,1 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Çamurun sıkışma bölgesindeki bekleme süresi $\theta = 36$ saat kabul edilirse, sıkışma bölgesinin hacmi;

$$V_{SB} = Qç * \theta \quad (4.30)$$

$$V_{SB} = 0,1 * 36 \approx 4 \text{ m}^3$$

Sıkışma bölgesinin yüksekliği;

$$h = V_{SB} / A$$

$$h = 4 / 1,75 = 2,3 \text{ m}$$

Buna göre h_{toplam} ;

$$h_{\text{toplam}} = h_{\text{duru su}} + h_{\text{sıkışma bölgesi}} + h_{\text{küreme}}$$

$$h_{\text{toplam}} = 1 + 2,3 + 0,3 = 3,6 \text{ m}$$

Buna göre toplam hacim;

$$V = A \times h$$

$$V = 1,75 \times 3,6 = 6,3 \text{ m}^3$$

Bekletme Süresi (θ);

$$\theta = V/Q$$

$$\theta = 6,3 \text{ m}^3 / 5 \text{ m}^3/\text{gün} = 1,26 \text{ gün} = 30,2 \text{ sa}$$

Yoğunlaştırıcıda çıkan çamurun debisi;

$$Q_{YÇ} = L_{\phi}/1000 \times S_{\phi} \times \%KM \quad (4.31)$$

$$Q_{YÇ} = 98,3/1,02 \times 1000 \times 0,05 = 1,9 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Çamur debisindeki azalma;

$$\text{Çamur debisindeki azalma} = \text{Giren çamur debisi} - \text{Çıkan çamur debisi}$$

$$5 - 1,9 = 3,1 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Çamurdaki yüzde hacim azalması;

$$\text{Çamurdaki yüzde hacim azalması} = (5-1,9)/5 = \%62$$

Duru su Hacmi;

$$V_{\text{duru su}} = A \times h$$

$$V_{\text{duru su}} = 0,75 \times 1 = 0,75 \text{ m}^3$$

Konik Kısım Hacmi;

$$V_{\text{konik}} = V_{\text{toplam}} - (V_{\text{duru su}} + V_{\text{SB}})$$

$$V_{\text{konik}} = 6,3 - (4 + 0,75) = 1,55 \text{ m}^3$$

Çamur yoğunlaştırma havuzu tasarım değerleri Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Çamur Yoğunlaştırma Havuzu Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Yoğunlaştırıcı Yüzey Alanı	m ²	1,75
Yoğunlaştırıcı Çapı	m	1,5
Sıkışma Bölgesi Hacmi	m ³	4
Sıkışma Bölgesi Bekleme Süresi	sa	36
Duru Su Yüksekliği	m	1
Küreme Bölgesinin Yüksekliği	m	0,3
Yoğunlaştırıcının Toplam Hacmi	m ³	7
Yoğunlaştırma Çıkış Debisi	m ³ /gün	1,9

Filtre pres hesabı

Çamur yoğunlaştırma sonucunda oluşan çamurun KM yüzdesi %5 kabul edilmiştir.

Çamur yoğunlaştırıcıdan çıkan, filtre prese gelen çamurun debisi;

$$Q_{YÇ} = 1,9 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Filtre pres çıkışı çamurun %KM' si %30 kabul edildiğinde;

$$V_1 \times \%KM = V_2 \times \%KM \quad (4.32)$$

$$1,9 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,05 = V_2 \times 0,30$$

$$V_3 = 0,32 \text{ m}^3/\text{gün} = 320 \text{ L}/\text{şarj} = 160 \text{ L}/2 \text{ şarj}$$

Susuzlaştırma işlemi için kullanılacak olan filtrepresin kapasitesi 630 x 630 boyutlarında olacaktır.

630 x 630 plakalı filtre presin her bir plakasının kapasitesi 9,3 L kabul edilirse (Anonim, 2013a);

$$\text{Plaka Adeti} = 160 \text{ L}/\text{şarj} / 9,3 \text{ L} \approx 17 \text{ adet}$$

Emniyet payı da düşünülerek 20 adet plaka uygun görülmüştür. Filtre pres tasarım değerleri Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Filtre presteki çamur keki miktarı;

Filtrepreste oluşacak çamur keki %30 Katı Madde içeriğinde 320 L/gün (0,32 m³/gün) olarak hesaplanmıştır. Buna göre;

$$V_{\text{ç}} (\text{m}^3/\text{gün}) = \text{Çamur Miktarı (kg/gün)}/1000 \times S_{\text{ç}} \times \% \text{KM} \quad (4.33)$$

$$\text{Günlük Çamur Miktarı} = 0,32 \times 1000 \times 1,02 \times 0,3$$

$$\text{Günlük Çamur Miktarı} = \sim 98 \text{ kg/gün}$$

Yılda 300 gün çalışıldığı kabulü ile;

$$\text{Yıllık Çamur Miktarı} = 98 \times 300$$

$$\text{Yıllık Çamur Miktarı} = 29400 \text{ kg/yıl} = 29,4 \text{ ton/yıl}$$

Çizelge 4.14. Filtre Pres Tasarım Değerleri

Parametre	Birim	Tasarım Değerleri
Şarj Sayısı	şarj	2
Filtre Pres Boyutları	mm x mm	630 x 630
Filtre Pres Plaka Sayısı	adet	20

4.4. Atıksu Arıtma Tesisi Yatırım Maliyeti

Arıtma tesisi yatırım maliyeti; ekipman betonarme, boru ve ek parçaları, elektrik otomasyonu, projelendirme ve Çizelge 6.1.'de verilen diğer maliyetlerden oluşmaktadır. Sistemde kullanılan ekipmanlar; boru ve ek parçaları, havuzlar için gerekli demir ve beton, blower, difüzör ve filtre prestir. Çizelge 4.15.'de verilen diğer malzemelere, kullanılan kimyasal maddeler ve personel giderleri örnek olarak verilebilir.

Çizelge 4.15. Atıksu Arıtma Tesisi Yatırım Maliyeti

Parametre	Birim (90 m³ atıksu için)	Yatırım Maliyeti
Ekipmanlar	Euro	10 100
Betonarme	Euro	12 500
Borular ve Ek Parçalar	Euro	2 500
Elektrik Otomasyon	Euro	1 700
Projelendirme	Euro	500
Diğer (Kimyasal Madde vb.)	Euro	1 500
Toplam	Euro	28 800

Atıksu arıtma tesisi toplam yatırım maliyeti 28 800 Euro olarak belirlenmiştir. Proje, yapılan boyutlandırma hesapları, havuz ölçüleri, gerekli oksijen miktarı vb. bilgiler tedarikçi firmalara verilerek; ekipmanlar, betonarme, borular ve ek parçalar ve elektrik otomasyon sistemi için direkt fiyat alınmıştır. Debinin düşük olmasından dolayı sistemde bir personel görevlendirilecektir ve bir aylık personel giderleri yatırım maliyetine eklenmiştir. Kimyasal madde yatırım maliyeti için de bir aylık giderler dikkate alınmıştır. Tesis için gerekli bir aylık kimyasal madde miktarı ve yatırım maliyeti Çizelge 4.16.'da verilmiştir. Çizelge 4.16.'ya göre, saatlik sarfiyat hesaplamaları yapılan FeCl₃, kostik ve polielektrolit için aylık yatırım maliyeti sırasıyla 216 Euro, 172,8 Euro ve 25,92 Euro olarak bulunmuştur. Günlük tüketimi en düşük

olan polielektrolitin yatırım maliyeti de en uygun, günlük tüketimi en fazla olan FeCl₃'ün ise yatırım maliyeti de en yüksektir.

Çizelge 4.16. Kimyasal Madde Yatırım Maliyeti

Parametre	Sarfiyat (L/sa)	Günlük Tüketim (kg/gün)	Aylık Tüketim (kg/ay)	Birim Fiyat (Euro/kg)	Yatırım Maliyeti (Euro/gün)	Yatırım Maliyeti (Euro/ay)
FeCl ₃	9	4,5	108	2	9	216
Kostik	7,2	3,6	86,4	2	7,2	172,8
Polielektrolit	27	0,27	6,48	4	1,08	25,92

5. SONUÇ

Türkiye'nin hayvansal üretimin verimliliğinde AB'nin gerisinde kalmasının önlenmesi ve ilgili tüm alanlarda olumsuzlukların giderilmesi için mezbaha tesislerinde denetimlerin arttırılarak kayıt dışı et üretiminin önlenmesi, hayvansal üretimde doğrudan veya dolaylı maliyetlerin düşürülmesi, hayvancılık politikaları çerçevesinde teşviklerin arttırılması, yasa dışı hayvan hareketlerinin kontrol altına alınması gerekli olduğu belirlenmiştir.

Canlı hayvanların kesimi sonucu elde edilen hammaddenin ete dönüşümü için büyükbaş ve küçükbaş hayvanların kesimi mezbaha tesislerinde gerçekleştirilmektedir. Kesim aşamasında ve sonrasında mezbaha tesislerinde, yüksek konsantrasyonlarda kirlilik içeren atıksular oluşmaktadır. İçerdiği yoğun kirletici maddeler nedeniyle arıtılmaları oldukça zor ve maliyetli olan mezbaha tesisi atıksularının alıcı ortama verilmeden önce arıtılması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan atıksu Konya'da bulunan bir mezbaha tesisinden kaynaklanan atıksudur ve KOİ içeriği yüksek olup (3 450 mg/L), tek başına fizikokimyasal yöntemlerle ya da biyolojik sitemlerle arıtılması mümkün değildir. İki arıtma yönteminin birlikte kullanıldığı entegre sistemler ile deşarj limitleri sağlanabilmektedir. Çalışma kapsamında fizikokimyasal ve biyolojik yöntemleri içeren bir atıksu arıtma tesisi detaylı bir şekilde tasarlanmış, tasarlanana tesisin ilk yatırım maliyeti hesaplanmıştır.

Yapılan fizikokimyasal ve biyolojik arıtma sistemleri ile mezbaha arıtma tesisinde KOİ'de %98, yağ&gres' de %98 ve renkte %90 mertebelerinde giderim elde edilmiştir. Bu giderim verimleri ile SKKY Çizelge 5.6 deşarj standartları sağlanmaktadır. 90 m³ atıksu debili atıksu arıtma tesisi için hesaplanan yatırım maliyeti 28 800 Euro olarak bulunmuştur. Buna göre böyle bir entegre atıksu arıtma tesisinin düşük maliyetli ve yüksek verimli bir tesis olduğu belirlenmiştir.

Mezbaha tesislerine yapılabilecek böyle bir atıksu arıtma tesisi ile çevre ve halk sağlığı korunmuş olacaktır. Bu çalışma ile tesisin bulunduğu alandaki çevrenin ve halk

sağlığının korunmasına katkı sağlanmıştır. Ayrıca yüksek miktarda kan içeren kırmızı renkli atıksuyun arıtılarak, deşarj limitlerinin sağlanması ile deşarj edilen alandaki estetik açıdan görüntü kirliliği de nlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2004.** 31.12.2004 Tarih ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- Anonim, 2010.** Türkiye Kırmızı Et Sektörü ve Rekabet Politikası. Rekabet Kurumu 3. Daire Başkanlığı, 2010, Ankara.
- Anonim, 2013a.** Atıksu arıtma tesisleri tasarım rehberi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2013, Ankara.
- Anonim, 2013b.** İçme suyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartname. İller Bankası A.Ş., 2013, Ankara.
- Anonim, 2015a.** Kırmızı Et Stratejisi. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015, Ankara.
- Anonim, 2015b.** TÜİK, İstatistiklerle Türkiye, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Anonim, 2016.** <http://cemsanmakina.com//public/images/slider/thumb/slide2.jpg>-(Erişim tarihi: 22.05.2018).
- Anonim, 2017a.** Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017, Ankara.
- Anonim, 2017b.** web.deu.edu.tr/atıksu/ana58/bolum01.pdf-(Erişim tarihi: 09.07.2018).
- Anonim, 2019.** <https://www.gyedafclarifier.com/dissolved-air-flotation/dissolved-air-flotation-equipment.html>-(Erişim tarihi: 10.11.2019).
- APHA, AWWA, WCPF 1998.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Eddition American Public Health Association, Washington D.C., USA.
- Aslan M., Arı H., Gülşen H., Yıldız H. ve Saatçi Y., 2013.** Treatment of slaughterhouse wastewaters by anaerobic submerged membrane bioreactor. *Turkish Journal of Science & Technology*, 8(1): 29-36.
- Bazrafshan E., Mostafapour F.K., Farzadkia M., Ownagh K.A. and Mahvi A.H., 2012.** Slaughterhouse wastewater treatment by combined chemical coagulation and electrocoagulation process. *Open Access Journal*, 7(6).
- Boudiyono, Widiasta I.N., Johari S., and Sunarso, 2011.** Study on Slaughterhouse Wastes Potency and Characteristic for Biogas Production. *Internat. J. of Waste Resources*, Vol. 1, (2): 4-7.
- Colic M., Morse D., Morse W. and Miller J.D., 2005.** New developments in mixing, flocculation and flotation for industrial wastewater pretreatment and municipal wastewater treatment. *Clean Water Technology*, 1-29.
- Damış Ü., 1996.** Et işleme tesisleri ve yerleşim yeri atıklarının karasu nehrine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2: 9-14.
- Eckenfelder W.W.Jr., 2000.** Industrial water pollution control. McGraw-Hill International Editions, New York.
- Gürtekin E., 2009.** Mezbaha atıksuyunun koagülasyon/flokülasyon-ardışık kesikli reaktör (AKR) yöntemiyle arıtılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14: 131-136.
- Seif H. and Moursy A., 2001.** Treatment Of Slaughterhouse Wastes. *Sixth International Water Technology Conference, IWTC*, 269-275.
- İnençli B., Karakaya A. ve Develi Işıklı N., 2000.** Türkiye’de hayvan potansiyeli ve mezbahaların durumu. *Gıda*, 25(3): 227-235

- Kaftan A., 2010.** Entegre et tesislerinde atık suyun yeniden kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(1): 81-88.
- Karakuş K., 2011.** Türkiye'nin canlı hayvan ve kırmızı et ithaline genel bir bakış. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 1(1): 75-79.
- Kestioğlu K., 2001.** Atıksu arıtımında biyokimyasal prosesler. Vipaş, Bursa.
- Kestioğlu K., 2011.** Çevre mühendisliğinde fiziksel ve kimyasal temel işlemler, Vipaş, Bursa.
- Kluit A., 2008.** Biyolojik arıtmanıza ikinci bir şans verin. *Su ve Çevre Dergisi*, Sayı: 20.
- Köseman A. ve Şeker İ., 2015.** Elazığ ili'nde büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık faaliyetleri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 4(1): 36-44.
- Masse D.I. and Masse L., 2000.** Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems. *Canadian Agricultural Engineering*, 42(3): 139-146.
- Metcalf & Eddy, 2014.** Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse. McGraw-Hill International Editions.
- Ovalı B.B., 2002.** Türkiye'de et ve et ürünleri sanayinin durumu ve sorunları. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi*, (1): 36-42.
- Özyonar F. ve Karagözoğlu B., 2011.** Mezbahane atıksularından KOI, yağ-gres ve bulanıklık giderimi üzerine bir çalışma: kimyasal koagülasyon prosesiyle ön arıtımı. *C.U. Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 32(1): 1-15.
- Polprasert C., Kemmadamrong P. and Tran F.T., 1992.** Anaerobic baffle reactor (ABR) process for treating a slaughterhouse wastewater. *Environmental Technology*, 13: 857-865.
- Samsunlu A., 2006.** Atıksu arıtma yapılarının projelendirilmesi. Birsen, İstanbul.
- Samsunlu A., 2010.** Atıksuların arıtılması. Birsen, İstanbul.
- Şeker İ., Özen A., Güler H., Şeker P. ve Özden İ., 2011.** Elazığ' da kırmızı et tüketim alışkanlıkları ve tüketicilerin hayvan refahı konusundaki görüşleri. *Kafkas Üni. Vet. Fak. Dergisi*, 17(4): 543-550.
- Topal M. ve Topal E.I., 2011.** Bir entegre et tesisine ait arıtma tesisi çıkış sularının yaz sezonunda su kirliliği kontrolü yönetmeliği'ne (SKKY) uygunluğunun araştırılması. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, 13(1): 68-77.
- Türkyılmaz M.K., 2010.** Türkiye et üretiminin mevcut durumu, sorunları ve çözüm önerileri. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 3(2): 83-90.
- Yalılı Kılıç M., Kestioğlu K. ve Kaya G., 2009.** Kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma yöntemleri ile zeytin karasuyunun arıtımına yönelik bir envanter çalışması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(2): 183-198.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kadriye MOLLA MOUSTAFA

Doğum Yeri ve Tarihi : Adana / 22.05.1991

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Adana Ticaret Odası Anadolu Lisesi (Adana),
(Adana), 2005-2009

Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
(Bursa), 2009-2014

Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
(Bursa), 2015-2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Uludağ Çevre Teknolojileri Ar-Ge Merkezi
(Haziran 2014- Mayıs 2015)

GESU Arıtma Sistemleri
(Haziran 2015-Haziran 2016)

PROTECH Arıtma
(Eylül 2016-Haziran 2016)

Elinsan Çevresel Deney Laboratuvarı
(Ağustos 2016- Halen)

İletişim (e-posta) : kadriyeonuralmism@hotmail.com

Yayınları :

Yahılı Kılıç. M. ve Molla Moustafa K. 2017. Investigation of Treatability of Wastewater from Slaughterhouses. Digital Proceeding of ICOCEE – CAPPADOCIA 2017.