



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE ÇALIŞAN  
SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ AÇISINDAN RİSK FAKTÖRLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**Kübra KABAKÇI**

**DANIŞMAN**  
**Dr. Öğr. Üyesi Ender ÇETİN**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Mühendisliği Programı**

**İSTANBUL-2019**

Bu çalışma 09.07.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliğı Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliğı Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ



Dr.Öğr.Üyesi Ender ÇETİN(Danışman)  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. İbrahim DEMİR  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
İnşaat Fakültesi



Doç. Dr. Burcu ONAT  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi



[20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ..... numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu tez, ..... numaralı ..... projesi ile desteklenmiştir.]

## ÖNSÖZ

Çalışmamdan dolayı desteklerini esirgemeyen, her zaman güler yüzleriyle ve sabırlarıyla yardımcı olan sayın danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi ENDER ÇETİN ve yardımlarından ötürü sayın Doç.Dr. BURCU ONAT hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sürecinde bakteri ölçümlerim için çok yardımcı olan ve bilgilerini benimle paylaşan sayın Tıbbi Biyolog Dr. Serdar Mehmet ALTINKUM hocama teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans ders dönemi içinde ve sonrasında her zaman anlayışlı ve yardımcı olan Prof.Dr. GÜLSÜM YILMAZ hocama teşekkürlerimi sunarım.

İş yerimde bulunan sevgili çalışma ve stajyer arkadaşlarıma yardımları ve anlayışları için çok teşekkür ederim.

Hayatımı olduğundan daha güzel olmasını sağlayan, her anımda olduğu gibi tez çalışmam boyunca da her zaman beni destekleyen, motive eden ve sabır gösteren sevgili eşim Gökhan KABAKÇI'ya çok teşekkür ederim.

Ve doğumumdan bu zamana kadar herşeyde her zaman benimle oldukları gibi çalışmam süresince de eğitimimi tamamlamam için ellerinden geleni yapan, bana karşı daima fedakar ve sevecen olan üstüme titreyen öncelikle annem ve babam olmak üzere canım aileme çok teşekkür ederim. |

Temmuz 2019

[Kübra KABAKÇI]

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ .....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xii
SUMMARY .....	xiv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR.....</b>	<b>3</b>
2.1. RİSK DEĞERLENDİRMESİ .....	3
2.1.1. Risk Analiz Yöntemleri.....	4
2.1.1.1. Ön Tehlike Analizi(PHA) .....	6
2.1.1.2. Tehlike ve İşletilebilme Yöntemi (HAZOP).....	6
2.1.1.3. Olursa Ne Olur(What if).....	6
2.1.1.4. Birincil Risk Analizi (PRA).....	6
2.1.1.5. SWOT Analizi Metodu .....	7
2.1.1.6. İş emniyet Analizi (JSA).....	7
2.1.1.7. Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) .....	8
2.1.1.8. Fine Kinney Risk Analizi .....	8
2.1.1.9. Ridley Metodu.....	8
2.1.1.10. Karar Değerlendirme Matrisleri .....	9
2.1.1.11. Hata Ağacı Analizi Yöntemi (FTA).....	12
2.1.1.12. Olay Ağacı Analizi Yöntemi.....	12
2.1.1.13. Neden - Sonuç Analizi Yöntemi.....	13
2.2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ TARİHSEL YAKLAŞIMI .....	13
2.3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÜZERİNE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR.....	15
2.4. ATIKSU ARITMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	21
2.4.1. Atıksu Arıtma Yöntemleri.....	22
2.4.1.1. Ön Arıtma .....	23
2.4.1.2. Birincil Arıtma.....	23

2.4.1.3. İkincil Arıtma .....	23
2.4.1.4. Biyolojik Arıtma.....	23
2.4.1.5. Kimyasal Arıtma .....	27
2.4.1.6. Kimyasal Çöktürme .....	27
2.4.1.7. Kimyasal Pıhtılaşma .....	28
2.4.1.8. Kimyasal Yükseltgenme ve İleri Yükseltgenme.....	28
2.4.1.9. İyon değişimi.....	28
2.4.1.10. Kimyasal stabilizasyon .....	29
2.4.1.11. Üçüncül Arıtma.....	29
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>31</b>
3.1. TESİS TANITIMI.....	31
3.1.1. Kaba Izgara.....	31
3.1.2. İnce Izgara .....	31
3.1.3. Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu .....	32
3.1.4. Ön Çöktürme Havuzları .....	32
3.1.5. Biyo-fosfor Havuzları.....	32
3.1.6. Havalandırma Havuzları.....	33
3.1.7. Son Çöktürme Havuzları .....	33
3.1.8. Blower Binası .....	34
3.1.9. Çamur Yoğunlaştırma Bölümü.....	34
3.1.10. Çamur Çürütme Bölümü .....	34
3.1.11. Çamur Susuzlaştırma Bölümü.....	35
3.1.12. Çamur Kurutma Bölümü .....	35
3.1.13. Koku Giderme Ünitesi.....	36
3.1.14. Laboratuvar.....	36
3.2. ÇALIŞMA PLANI .....	37
3.3. TESİSTE ÖLÇÜMÜ YAPILAN PARAMETRELER.....	38
3.3.1. Partikül Madde Ölçümü .....	38
3.3.2. Bakteri Ölçümü .....	39
3.3.3. Gürültü Ölçümü.....	39
3.4. RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ .....	39
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>42</b>
4.1. TESİS ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	42
4.1.1. Bakteri Sayısı Ölçüm Sonuçları .....	42

4.1.2. Partikül Madde Ölçüm Sonuçları .....	43
4.1.3. Gürültü Ölçüm Sonuçları .....	45
<b>4.2. ARITMA TESİSİ RİSK FAKTÖRLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ .....</b>	<b>46</b>
4.2.1. Kaba ve İnce Izgaralar .....	46
4.2.2. Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu .....	47
4.2.3. Ön Çöktürme Havuzları .....	48
4.2.4. Biyo-fosfor Havuzları.....	48
4.2. 5. Havalandırma Havuzları.....	49
4.2.6. Son Çöktürme Havuzları: .....	50
4.2.7. Blower Ünitesi.....	50
4.2.8. Çamur Yoğunlaştırma Bölümü.....	51
4.2.9. Çamur Çürütme Bölümü .....	51
4.2.10. Çamur Susuzlaştırma Bölümü .....	52
4.2.11. Çamur Kurutma Bölüm .....	53
4.2.12. Geri Devir .....	54
4.2.13. Laboratuvar ve İdari Bina.....	54
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>58</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>62</b>

||

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Risk & Zaman Grafiği (Yerli, 2016)	3
Şekil 2.2: Birincil Risk Analizi(PRA) Analiz Aşamaları.	7
Şekil 2.3. 2016 Yılı Sonu İtibari ile Atısu Arıtma Tesislerinin Tiplere Göre Dağılımı	22
Şekil 2.4: Aktif Çamur Sistemi (Debik, 2013)	25
Şekil 2.5: Damlatmalı Filtre (Metin, 2017)	25
Şekil 2.6: Bir Atıksu Arıtma Tesisinde Damlatmalı Filtre Kullanımı Şeması (Metin, 2017)	26
Şekil 3.1: İnce Izgaralar	31
Şekil 3.2: Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu	32
Şekil 3.3: Havalandırma Havuzları	33
Şekil 3.4: Son Çöktürme Havuzları	34
Şekil 3.5: Blower Yapısı	34
Şekil 3.6: Çamur Çürütme Bölümü	35
Şekil 3.7: Çamur Kurutma Bölümü	36
Şekil 3.8: Biyofiltre	36
Şekil 3.9: Laboratuvardan Kesitler	37
Şekil 3.10: Çalışma Aşamaları Planı	36
Şekil 3.11: Partikül Madde Ölçüm Cihazı	38
Şekil 3.12: Hava Örnekleyici Cihaz	39
Şekil 3.13: Gürültü Ölçüm Cihazı	40
Şekil 4.1: Bakteri Çalışmaları.1-Mezofilik Bakteri, 2-Fekal Kol. Bakteri, 3-Mantar	43
Şekil 4.2: Partikül Ölçümü	44
Şekil 4.3: Gürültü Ölçüm Sonuçları	46



## TABLO LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 2.1:</b> İSG Risk Değerlendirmesi ile İlgili Kavramlar	4
<b>Tablo 2.2:</b> L Tipi Risk Puanı Belirleme Matrisi	9
<b>Tablo 2.3:</b> X Tipi Matris Olasılık Tablosu (Seber, 2012)	10
<b>Tablo 2.4:</b> X Tipi Matris Kontrol Tablosu (Seber, 2012)	10
<b>Tablo 2.5:</b> X Tipi Matris Derecelendirme Tablosu (Seber, 2012)	11
<b>Tablo 2.6:</b> Ölçüm Noktaları ve Parametreler	16
<b>Tablo 2.7:</b> Gürültü ve İşitme Kaybı Tablosu (Özdemir,2016)	17
<b>Tablo 3.1:</b> L Tipi Matris Olasılık Tablosu	40
<b>Tablo 3.2:</b> L Tipi Matris Şiddet Tablosu	41
<b>Tablo 3.3:</b> L Tipi Matris Risk Skoru Değerlendirme Matrisi	41
<b>Tablo 3.4:</b> L Tipi Matris Sonuç Tablosu	41
<b>Tablo 4.1:</b> Bakteri Ölçüm Sonuçları	42
<b>Tablo 4.2:</b> Partikül Ölçüm Sonuçları	45
<b>Tablo 4.3:</b> Kaba ve İnce Izgara Risk Değerlendirme Matrisi	47
<b>Tablo 4.4:</b> Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu Risk Değerlendirme Matrisi	48
<b>Tablo 4.5:</b> Ön Çöktürme Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi	48
<b>Tablo 4.6:</b> Biyo-fosfor Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi	49
<b>Tablo 4.7:</b> Havalandırma Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi	49
<b>Tablo 4.8:</b> Son Çöktürme Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi	50

<b>Tablo 4.9:</b> Blower Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi	50
<b>Tablo 4.10:</b> Çamur Yoğunlaştırma Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi	51
<b>Tablo 4.11:</b> Çamur Çürütme Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi	52
<b>Tablo 4.12:</b> Çamur Susuzlaştırma Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi	53
<b>Tablo 4.13:</b> Çamur Kurutma Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi	53
<b>Tablo 4.14:</b> Geri Devir İstsyonu Risk Değerlendirme Matrisi	54
<b>Tablo 4.15:</b> Laboratuvar ve İdari Bina Risk Değerlendirme Matrisi	55

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
O	: Olasılık
F	: Frekans
Ş	: Şiddet
LEX, 8saat	: Günlük gürültü maruziyet düzeyi

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
AKM	:Askıda Katı Madde
ANSI	:American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
ANOVA	: Analysis Of Variance (Varyans Analizi)
BOI <sub>5</sub>	:Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis (Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi)
FTA	: Fault Tree Analysis (Hata Ağacı Analizi Yöntemi)
ETA	: Event Tree Analysis (Olay Ağacı Analizi Yöntemi)
HAZOP	: Hazard and Operability (Tehlike ve İşletilebilme Yöntemi)
ICP-OES	: İndüktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi
ISO Örgütü)	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlık
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
JSA	: Job Safety Analysis (İş emniyet Analizi)
KOB	: Koloni Oluşturan Birim
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KKE	: Kişisel koruyucu ekipmanlar
MSDS	: Malzeme Güvenlik Bilgi Formu
MLSS	:Karışık Sıvıda Askıda Katı Madde
PHA	: Preliminary Hazard Analysis (Ön Tehlike Analizi)
PRA	: Preliminary Risk Analysis (Birincil Risk Analizi)
SWOT	: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, (Güçlü yanlar, Zayıflıklar Fırsatlar Tehditler)
RPN	: Risk Priority Number (Risk Öncelik Numarası)
TP	: Toplam Fosfor
TOC	: Toplam Organik Karbon

## ÖZET

### [YÜKSEK LİSANS TEZİ]

#### [İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE ÇALIŞAN SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ AÇISINDAN RİSK FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ ]

[Kübra KABAĞCI]

**İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

[Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı ]

[Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ender ÇETİN ]

Günümüzün önemli sorunlarından biri olan su kirliliğinin önüne geçmek için atıksu arıtma tesisleri işletilmektedir. Fakat atıksu arıtma tesisleri iş sağlığı ve güvenliği(İSG) açısından çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır. Bu çalışma, çalışanların sağlığı ve güvenliği açısından risk faktörlerini belirlemek ve değerlendirmek amacıyla İstanbul'da bulunan ileri biyolojik evsel atıksu arıtma tesisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada konu ile ilgili literatür çalışmaları, saha incelemesi, bakteriyolojik ölçüm, partikül ölçümü ve gürültü ölçümü yapılmıştır. Risk analizi metodu olarak L Tipi matris kullanılmıştır. Yapılan ölçümler ve risk analizi sonucunda en fazla riskin çamur binasında partikül soluma olduğu bulunmuştur. Atıksu sıçraması nedeniyle oluşan hastalıklar ve bakım/onarım sırasında oluşan yaralanmaların da matris sonucuna göre önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Havadan yapılan bakteri ölçümlerinde kış aylarında fekal bakterisi tespit edilmemiş olup haziran ayı ölçümünde maksimum 76 kob/m<sup>3</sup> olarak havalandırma havuzu bölgesinde bulunmuştur. Mezofilik bakteri ve mantar, ölçüm yapılan her üniteye bulunsa da mezofilik bakterinin çamur ve ızgara binasında daha fazla olduğu ve sıcaklık ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği bulunmuştur. Partikül ölçümlerinde özellikle silobastan sonra çamur binasında çok fazla partikül madde-toz olduğu gözlemlenmiştir. İnce partikül ile

beraber kaba partikülün de çok olduğu ölçüm sonucunda tespit edilmiştir. Gürültü ölçümleri sonucunda 87,7 dBA bulunan blower ünitesi yönetmelikte yer alan en yüksek maruziyet eylem değeri olan (LEX, 8saat) yönetmelikte yer alan 85 dBA'nın üstünde olduğu tespit edilmiştir. Blower ünitesinde kulaklık olmadan ve uzun süre ile çalışılmamalıdır. Blower ünitesi haricinde çamur kurutma bölümünde de 80dBA ölçüm sonucuna göre ciddi bir risk söz konusudur. Yapılan ölçümler ve risk değerlendirmesi sonucunda tarışma ve sonuç bölümünde tesis mevcut durumu ile değerlendirilmiş olup gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Temmuz 2019, [77] sayfa.

**Anahtar kelimeler:** [Risk Faktörü, Atıksu Arıtma, Bakteri ]



## **SUMMARY**

**[M.Sc. THESIS]**

**[INVESTIGATION OF RISK FACTORS IN TERMS OF HEALTH AND  
SAFETY OF EMPLOYEES IN ADVANCED BIYOLOGICAL  
WASTEWATER TREATMENT PLANT]**

**[Kübra KABAKÇI]**

**Istanbul University-Cerrahpasa**

**Institute of Graduate Studies**

**[Department of Environmental Engineering]**

**Supervisor : [Assist. Prof. Dr.] [Ender ÇETİN]**

Wastewater treatment plants are operated to prevent water pollution, which is one of the important problems of today. However, wastewater treatment plants are classified as very dangerous in terms of occupational health and safety (OHS). This study was carried out in an advanced biological domestic wastewater treatment plant in Istanbul in order to determine and evaluate the risk factors for the health and safety of employees. In this study, literature studies, field investigation, bacteriological measurement, particle measurement and noise measurement were performed. Type L matrix is used as risk analysis method. As a result of the measurements and risk analysis, it was found that the highest risk was particle inhalation in the mud building. Diseases caused by wastewater splashes and injuries during maintenance / repair were also found to be significant according to the matrix result. Fecal bacteria were not detected in winter during airborne bacterial measurements and were found to be 76 kob / m<sup>3</sup> in ventilation pool area in June measurement. Although mesophilic bacteria and fungi were found in each unit, the mesophilic bacteria were found to be more in the mud and grill building and increased in direct proportion with the temperature. Particulate measurements showed that there was too much particulate matter-dust in the mud building, especially after silobast. The coarse particle as well

as the fine particle were found to be high. As a result of noise measurements, the blower unit with 87.7 dBA was found to be above 85 dBA in the regulation, which is the highest exposure action value (LEX, 8 hours) in the regulation. The blower unit must not be operated without headphones for a long period of time. Apart from the blower unit, there is a serious risk in the sludge drying section according to the 80dBA measurement result. As a result of the measurements and risk assessment, the current situation of the facility was evaluated in the discussion and conclusion section and necessary suggestions were made.

July 2019, [77] pages.

**Keywords:** Risk Factor, Wastewater Treatment, Bacterium |



## 1. GİRİŞ

Toplumların hayatlarına devam ettirebilmeleri ve kazançlarını sağlayabilmeleri adına çalışmaları gerekmektedir. Eski çağlardan beri insanlar tarım ile başlayıp çeşitli işlerde çalışmışlardır, sanayileşme ile birlikte ise daha fazla iş olanakları artmıştır. Günümüzde kadın-erkek, genç-yaşlı toplumun büyük bir bölümü çalışmaktadır. Fakat birçok çalışma ortamında insanı, toplumu, çevreyi ve yapılan işi sağlık ve güvenlik yönünden tehdit edici unsurlar bulunmaktadır. Gerek çalışanların gerek ise işverenlerin; çalışma aralarında dinlenen yerler, çalışılan alan ve çalışma esnasında kullanılan malzeme, alet vb. aparatların sağlık ve güvenlik açısından bir risk taşımamaları gerektiğine, çalışma esnasında her türlü tedbirlerin alınmış olduğuna dikkat etmeleri gerekmektedir. Çünkü insanlar günün önemli bir bölümünü bu ortamlarda geçirmektedirler. Çalışma ve dinlenme esnasında sağlık veyahut ta güvenlik açısından olumsuz bir duruma maruz kalınması durumunda bazen kısa süreli, bazen uzun süreli rahatsızlıklar yaşanabilirken hayata mal olan durumlar da ne yazık ki söz konusu olabilmektedir.

Hayatımızda çok önemli bir yere sahip olan su; evsel, endüstriyel, hayvansal vb. nedenler sebebi ile kirlenmektedir. Özellikle de fabrikaların çoğalması sonucu ve artan nüfus ile bu kirliliğin önüne geçmek daha güç olmaya başlamıştır. Sular kirlendikten sonra atıksu olarak adlandırılmaktadır. Atıksuların arıtılıp - temizlenmesi ihtiyacı, atıksu arıtma sektörünün ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Atıksular arıtma tesislerince arıtılarak denizlere deşarj edilmektedir. Atıksu arıtma tesisleri; fiziksel, kimyasal, biyolojik, ileri biyolojik arıtma vb. gibi amaca, ihtiyaca ve arıtılacak olan suyun niteliğine bağlı olarak farklı şekillerde yapılmaktadır. Atıksu arıtma tesisleri de diğer iş alanları gibi iş sağlığı ve güvenliğinin önemli olduğu çalışma alanlarından ve birçok çalışma sektörüne göre çok daha fazla önem teşkil etmektedir. “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği” ne göre atıksu arıtma tesisleri çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Yapılmış olan çalışma, İstanbul’da ileri biyolojik bir evsel atıksu arıtma tesisinde çalışan sağlığı ve güvenliği açısından risk faktörlerini incelemek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu tesiste çalışan sağlığı açısından gerekli gözlemler, incelemeler ve araştırmalar yapılarak, risk faktörleri belirlenmiştir. Tesiste yapılan çalışmalar sonucu önemli risk faktörleri olabileceği kanısına



varılan bakteri, partikül ve gürültü parametreleri ölçümleri yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında matris yöntemi uygulanmış olup her bir ünite için ayrı ayrı risk skoru hesaplanmıştır. Tesiste daha önce alınmış olan önlemler değerlendirilmiş olup, mevcut durum ve risk değerlendirme sonuçlarına göre değiştirilmesi gereken ekipman vb, ya da alınması gereken önlemler açısından tartışma – sonuç bölümünde önerilerde bulunulmuştur. |



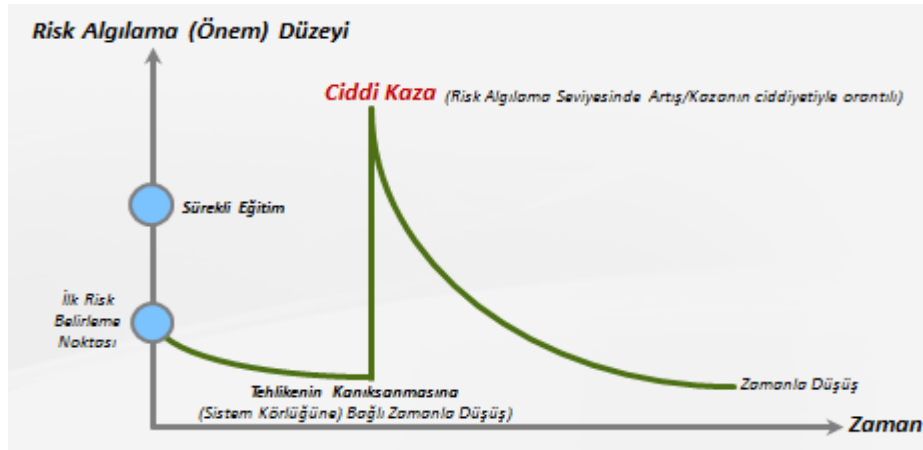
## 2. GENEL KISIMLAR

### 2.1. RİSK DEĞERLENDİRMESİ

İSG kavramı gün geçtikçe gerek işverenler gerekse çalışanlar arasında son derece önem arz etmeye başlamıştır. Çalışma hayatında her gün hepimiz çeşitli risklerle karşı karşıya kalmaktayız. Herhangi bir kaza, hastalık, iş kaybı vb. kötü durumlarla karşılaşmamak adına herkesin titizlikle İSG'ye önem vermesi ve bu kapsamda kurumlarının risk değerlendirmesini gerçekleştirmesi gerekmektedir.

İSG'nin; temel amacı çalışanların, kurumun ve imalatın korunmasıdır. Kurumlarda işin sahibi tarafından İSG'yi sağlamak amacıyla bir ekip kurulmalıdır. Kurulan ekipte; işveren, İSG uzmanı, çalışanların temsilcileri, tesiste her konu ile ilgili tecrübeli kişiler ve işyeri hekimleri bulunmalıdır. Ekip özverili ve titiz bir şekilde çalışarak risk faktörlerini belirlemelidir.

Risk kavramı, herhangi bir tehlikenin oluşma halidir. İSG ekibi, riskleri belirlerken geçmiş zamanda yaşanan olayları, mevcut zamanı ve ileride ortaya çıkabilme ya da tekrar edebilme durumlarının hepsini dikkate almalıdır. Çünkü risk hiçbir zaman kendi kendine ortadan kalkmayacaktır. Şekil 1'de verilen risk ve zaman grafiği bu durumu izah etmektedir.



Şekil 2.1. Risk & Zaman Grafiği (Yerli, 2016).

Risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için İSG Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinde yer alan bazı terimlerin anlamlarını tam olarak bilmek ve birbirleri ile karıştırmamak gereklidir. Bu çalışmada yer alan kelimeler ve bu kelimelere ait tanımlar Tablo 2.1.'de verilmiştir.

**Tablo 2.1:** İSG Risk Değerlendirmesi ile İlgili Kavramlar.

<b>Tehlike</b>	İşyerlerinde olan ya da dışarıdan gelebilecek çalışan sağlığını, işyerleri güvenliğini, iş verimini herhangi bir hasar, kayıp vb. şekilde zarar verebilme potansiyeli
<b>Risk</b>	Herhangi bir tehlikenin meydana gelme ihtimali
<b>Ramak Kala Olayı</b>	İşyerinde meydana gelen; çalışan, işyeri ya da iş ekipmanını zarara uğratma potansiyeli olduğu halde zarara uğratmayan olay
<b>Önleme</b>	İşyerlerinde İSG kapsamında belirlenen bütün risklerin giderilmesi veya daha az zarar verebilir duruma dönüştürülmesi adına yapılan bütün işlemler
<b>Kabul Edilebilir Risk Seviyesi</b>	Yasal yükümlülükler ve işyerinin önleme politikasına uygun, kayıp veya yaralanma oluşturmayacak risk seviyesi
<b>Risk Değerlendirmesi</b>	İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar,

### 2.1.1. Risk Analiz Yöntemleri

Risk analizinde, herhangi bir riskin gerçekleşmesi sebebi ile oluşan kaza, hasar ya da zararın tekrarlanmaması için gerçekleşmiş olan riskin sebebini tespit etme ve çözüm bulma amacına hizmet eden reaktif yaklaşım ve henüz gerçekleşmemiş risklerin tespitini yapma, önem derecesini belirleme ve bu risklerin önüne geçme ya da minimuma indirmeye amacına hizmet eden proaktif yaklaşım olmak üzere iki yaklaşım çeşidi vardır.

Geçmişten günümüze kadar birçok iş kazası yaşanmıştır ve yaşanmaya da devam etmektedir. Bu kazaların önüne geçmek, tekrar aynı kazaların, iş kayıplarının, ekipman hasarlarının yaşanmaması ya da bu problemleri en aza indirmek için risk analizleri yapılmaktadır. Bu zamana kadar ki birçok çalışmada bu sebeple reaktif yaklaşım kullanılırken günümüzde proaktif yaklaşım da benimsenmiş ve aktif şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Yasal olarak İş Kanunu ile İSG Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'nde yer alan kurallara uyularak işyerleri kendi sektör ve çalışanlarına bağlı olarak uygun İSG uzmanları ile beraber risk analizlerini yapmaktadırlar. Gerek işverenler gerek ise çalışanlar tarafından bu konu yasal düzenlemeler çerçevesinde uygulanmaktadır.

Risk değerlendirmesi yapmak için birçok teknik vardır. Bu teknikler, kantitatif, kalitatif ve karma olmak üzere üç gruptan oluşmaktadır. Kalitatif risk değerlendirme yöntemi, değerlendirme sırasında sayılar ile hesaplama yapmak yerine daha çok kişinin güçlü sezgi ve muhakeme yeteneklerine dayanılarak yapılan düşük, yüksek gibi terimler ile ifade edilen değerlendirme şeklindedir. Fakat daha çok kişisel bir değerlendirme olan bu yöntem önemli çalışmalar açısından yeterli derecede güvenilir olmaması ve sağlıklı sonuçlar vermemesi adına tercih edilmemelidir.

- Ön Tehlike Analizi (PHA)
- Tehlike ve İşletilebilirlik Yöntemi (HAZOP)
- Olursa Ne Olur (What if)
- Birincil Risk Analizi (PRA)
- SWOT Analizi
- İş emniyet Analizi (JSA)

Metotları kalitatif risk değerlendirme yöntemlerindedir.

Kantitatif yöntem ise; tehdidin gerçekleşme ihtimali, şiddeti gibi değerlere sayısal değer verilerek matematiksel, olasılık, güvenilirlik gibi metotlar ile hesaplanarak sonuç alınan bir değerlendirme şeklindedir.

Kantitatif risk analizinin temel formülü;

$$\text{Risk} = \text{Olasılık} * \text{Şiddet} \text{ şeklindedir.} \quad (2.1)$$

- Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)
- Fine Kinney Risk Analizi
- Ridley metodu.
- Risk Değerlendirme Karar Matrisleri

- a) L Tipi Matris
- b) X Tipi Matris

Metotları kantitatif risk değerlendirme yöntemlerindedir.

Karma metot ise hem kantitatif hem de kalitatif metot olarak kullanılabilen değerlendirme şeklindedir.

- Hata Ağacı Analizi Yöntemi (FTA)
- Olay Ağacı Analizi Yöntemi (ETA)
- Neden Sonuç Analizi

Metotları karma risk değerlendirme yöntemlerindedir. Risk değerlendirme yöntemleri sırayla aşağıda açıklanmıştır.

#### **2.1.1.1. Ön Tehlike Analizi(PHA)**

Ön Tehlike Analizi metodu daha çok diğer metotlar için hazırlık aşamasıdır, tek başına yeterli değildir. Riskli görülen olaylar öncelikle tanımlanır. Bu metot, kendisinden alınan sonuç ile hangi tür risk kaynağının ne tür sıklıkla ortaya çıkabileceği hakkında fikir verir. İşyerlerinde daha çok hangi tür problemlerin meydana geldiği ile ilgili bilgi sağlar.

#### **2.1.1.2. Tehlike ve İşletilebilme Yöntemi (HAZOP)**

HAZOP, bir ekip çalışması ile gerçekleştirilen ve daha çok kimya sektörü için kullanılan bir risk değerlendirmesi yöntemidir. HAZOP, işletmede farklılık daha doğrusu işlerliği bozabilecek ve tehlike arz edebilecek durumları saptamak, bu problemlerin nedenlerini ve sonuçlarını hesaplamak amacı ile kullanılmaktadır.

Tehlike ve İşletilebilme Yönteminde çalışma bütünlüğünde yararlanmak adına birtakım sıcaklık, zaman gibi anahtar kelimeler kullanılmaktadır. *Hiç, az* vb. gibi kelimelerin kullanıldığı bu yöntemde amaç, riskli durumları normal durumlar ile karşılaştırabilmektir.

HAZOP uygulaması adım adım çalışılmalıdır. İlk etapta çalışılacak alan için bir proses akım şeması çıkartılmalıdır. Proses ayrı ayrı bölümlere ayrılıp, analiz herbir bölüme uygulanmalıdır.

#### **2.1.1.3. Olursa Ne Olur(What if)**

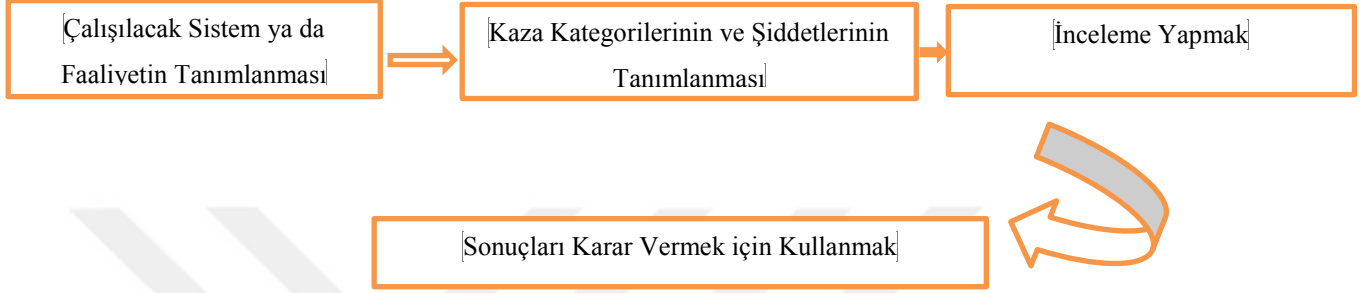
Olursa Ne Olur tekniği, tesislerde tecrübeli bir ekip tarafından Olursa ne olur sorusu ile çeşitli soruların kullanıldığı soru-cevap şeklinde gerçekleşen bir metottur. Daha çok analistin tecrübesi ve dikkati ile orantılı olduğundan kesin bir sonuç vermeyebilir.

#### **2.1.1.4. Birincil Risk Analizi (PRA)**

PRA analizi, açıkça tanımlanmış bir durumda potansiyel bir tehlikeyi içeren kalitatif ve kantitatif riskin seviyesinin bir değerlendirmesidir. PRA, bir faaliyetten önce kazaya sebep olabilecek tüm potansiyel sorun alanlarını belirlemek ve ortaya çıkabilecek her türlü kazanın

üstesinden gelmek için bir plan yapmak amacıyla gerçekleştirilir. Tehlikeler önem sırasına göre sıralanır.

Genellikle ek analizlerin ihtiyaç duyulduğu ve eğitimli, tecrübeli kişiler tarafından yapılması halinde verim alınabilen bir yöntemdir. Şekil 2.2:'de PRA analiz aşamaları yer almaktadır.



Şekil 2.2: Birincil Risk Analizi(PRA) Analiz Aşamaları.

#### 2.1.1.5. SWOT Analizi Metodu

SWOT analiz metodu kurumların kendi çalışma stratejilerini belirlemeleri adına kolaylık sağlayan bir risk analiz metodudur. SWOT kısaltması kelime olarak Güçlü-Zayıf Yönler, Fırsatlar - Tehditler kelimelerinden oluşmaktadır. SWOT analizi basit veya karmaşık olabilir. Bu yöntem kullanırken iç faktörler (Güçlü-Zayıf Yönler) ve dış faktörler (Fırsatlar-Tehditler) değerlendirilir. Güçlü ve zayıf yönler, firmanın hedefine gitme konusunda avantajları ve dezavantajları olarak ifade edilirken fırsatlar ve tehditler ise hedefin gerçekleşmesi anlamında yapılan çalışma sonuçlarının olumlu bir hale gelmesi veya önlenecek engel olması anlamına gelir.

#### 2.1.1.6. İş emniyet Analizi (JSA)

JSA, faaliyet yapılacak alanda görevler tam olarak tanımlanmış ise uygun, kullanışlı bir metottür. İş, parçalara ayrılarak adım adım çalışılır. JSA'da, herbir adımda olabilecek tehlikeler tanımlanarak en makul olan risksiz veyahut ta en az risk içeren yol tavsiye edilmektedir.

Bir JSA yürütmedeki dört temel aşama:

- Analiz edilecek işi seçme,
- İş adımlarını sıralamak,
- Potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve
- Bu tehlikelerin üstesinden gelmek için önleyici tedbirlerin belirlenmesidir.

### 2.1.1.7. Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)

Bu metot, havacılık endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. Havacılık dışında, otomobil sektörü, uzay sektörü gibi alanlarda da oldukça popülerdir. Kullanımı oldukça kolaydır ve çok fazla bilgi donanımı gerektirmez.

FMEA bir ekip çalışması ile yapılmaktadır.

Hataların önceliğini belirlemede olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik kavramları önemlidir.

FMEA'nın tipik olarak 4 çeşidinden bahsedilebilir.

- **System FMEA**, çeşitli alt sistemlerden oluşan tüm bir sistemin en üst düzey analizidir
- **Tasarım FMEA**, tipik olarak alt sistem veya bileşen seviyesinde ürün tasarımına odaklanır.
- **Process FMEA**, bir ürünün gereksinimlerini güvenli bir şekilde, minimum kesinti, hurdalık ve yeniden işleme gereksinimi ile tasarlayacak şekilde üretilmesini sağlamak için üretim sürecinin nasıl geliştirilebileceğini vurgulayarak üretim veya montaj işlemine odaklanır.
- **Servis FMEA**, servis veyahut ta proses eksikliklerinin yol açtığı hata türlerini kapsar.

### 2.1.1.8. Fine Kinney Risk Analizi

Fine-kinney yöntemi, riskleri sınıflandırmak için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem, alınacak önlemin öncelik sırasını hesaplamamıza yardımcı olur. Öncelik sırasına göre yardımcı kaynakları en önemli birime aktarmamıza yardımcı olur. Bu yöntemde risk; olasılık, frekans ve şiddet oranlarının çarpımı sonucu hesaplanır. Diğer metotlardan farklı olarak frekans değerinin(etkilenen kişinin maruz kalma süresi) yer alması metodu daha güvenilir yapmaktadır.

$$\text{Risk Puanı: } O \times F \times \text{Ş} \quad (2.2)$$

### 2.1.1.9. Ridley Metodu

Bu metot kantitatif risk analizlerindedir. Risk puanı hesaplanırken riskin meydana gelme sıklığı ve şiddetinden yararlanır.

$$\text{RİSK DEĞERİ} = \text{SIKLIK} \times (\text{MPKD} + \text{OÇİD}) \quad (2.3)$$

MPKD: Maksimum Potansiyel Kayıp

OÇİ: Riskin Ortaya Çıkma İhtimali

### 2.1.1.10. Karar Değerlendirme Matrisleri

Değerlendirme matrisleri, önceliklendirilmiş kriterlere karşı bir dizi seçeneği değerlendirmek için kullanılır. Bir değerlendirme matrisinin kullanımı, bir dizi seçeneği bir dizi kritere karşı objektif olarak değerlendirmenin bir yöntemidir. Bu kriterler, değerlendirme yapılmadan önce, bu önem taşıyan maddelere ağırlık verilerek önceliklendirilir.

Doğru kararı vermek, tasarımcıların, yöneticilerin ve yenilikçilerin, özellikle seçilecek birden fazla seçenek olduğunda ve doğru kararı vermek için değerlendirilmeleri gereken birden fazla faktör olduğunda karşılaşılabilecekleri büyük zorluktur. Karar Matrisi, birçok hedefe yönelik değerlendirme değerleri arasından belirli bir seçim yapılmasına olanak sağlayan ölçülebilir bir yöntem sağlayarak bu hedefe ulaşılmasına olanak sağlar. Karar Matrisi, her seçim için ağırlıklı bir değer oluşturulmasına bağlıdır ve tüm bu değerlerin toplamı, en yüksek puan alan seçeneklerin karşılaştırılmasını sağlar.

**L Tipi Matris:** Bir diğer adı 5\*5 matrisidir. Sebep-Sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu yöntemle göre risk skoru, bir olayın gerçekleşebilme ihtimali ile gerçekleşmesi durumundaki zararın çarpımı ile belirlenir.

**Tablo 2.2:** L Tipi Risk Puanı Belirleme Matrisi.

ŞİDDET					
OLASILIK	1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta Derece)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
<b>1 (Çok Küçük)</b>	Anlamsız 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
<b>2 (Küçük)</b>	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
<b>3 (Orta Derece)</b>	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
<b>4 (Yüksek)</b>	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
<b>5 (Çok Yüksek)</b>	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25



**X Tipi Matris:** Bu tip matris çeşidini kullanmak için beş yıllık bir geçmiş kaza araştırmasına ihtiyaç vardır dolayısı ile tecrübe gerektirir ve ekip çalışması ile uygulanmalıdır. Geçmişte yaşanan olayların tekrarlanma durumu da değerlendirilir. Ayrıca mevcut riskin devamı ve giderilmesi durumları için ayrı ayrı maliyet analizi de yapılarak kıyaslanmaktadır. Tablo 2.3, 2.4 ve 2.5 te X tipi matrisin uygulama tabloları verilmiştir.

**Tablo 2.3:** X Tipi Matris Olasılık Tablosu (Seber, 2012).

OLASILIK	DERECELENDİRME
Çok	Basit ekipman hatası (valf), normal koşullar altında rutin yapılan bir işteki insan hatası
Yüksek	Ekipman hatası, ekipmandan sızıntı, boru kırılması gibi ya da insan hatası
Orta	İnsan ve ekipman hatası kombinasyonu, proses hattındaki hata
Küçük	Çoklu ekipman valf, insan, boru hattı hatası ya da proseste spontone gelişen hatalar
Çok Küçük	Olağanüstü durumlarda gerçekleşebilecek durumlar

**Tablo 2.4:** X Tipi Matris Kontrol Tablosu (Seber, 2012).

SONUÇ	KONTROL DERECEŚİ
VAR	Kontrol var, sistemin çalışması ekipman ile de takip edilebilmekte
ORTA	Kontrol var, ama sadece ünite sorumlusu gözetimi ile yapılmakta
ZAYIF	Belli aralıklarla çalışanların uyarılması sağlanmakta
YOK	Çalışan inisiyatifinde

**Tablo 2. 5:** X Tipi Matris Derecelendirme Tablosu (Seber, 2012).

SONUÇ	DERECELENDİRME
Çok Hafif	Personel: Hafif sıyrıklar, 3 günden az iş kayıplı kaza
	Toplum: Direk etki yok
	Çevre: Kontrolü sağlanabilecek bir çevresel etki
	Ekipman: Fabrika hasarı/kayıp değeri ~ 1-1000\$
Hafif	Personel: İlk yardım gerektiren yaralanma
	Toplum: Koku veya gürültü yayılması sonucu rahatsızlık hissi vermesi
	Çevre: Kontrolü sağlanabilecek bölgesel bir çevresel etki
	Ekipman: Fabrika hasarı/kayıp değeri ~ 1000-10000\$
Orta	Personel: Hafif sıyrıklar, 3 günden az iş kayıplı kaza
	Toplum: Doktor müdahalesi gereken şiddetli yaralanma
	Çevre: Kontrolü sağlanamayan orta düzeyli bir çevresel etki
	Ekipman: Fabrika hasarı/kayıp değeri ~ 10000-100000\$
Ciddi	Personel: Hayati riski olan yaralanma, akut zehirlenme, kaza ya da meslek hastalığı sonucu bir kişinin ölümü
	Toplum: Hayati riski olan yaralanma veya kaza sonucu bir kişinin ölümü
	Çevre: Kontrolü sağlanamayan orta düzeyli bir çevresel etki
	Ekipman: Fabrika hasarı/kayıp değeri ~ 100000-1000000\$
Çok Ciddi	Personel: Fazla sayıda kişinin hayati riski olacak şekilde yaralanma, meslek hastalığına yakalanma, kaza ya da meslek hastalığı sonucu birden çok ölüm
	Toplum: Hayati riski olacak şekilde yaralanma, meslek hastalığına yakalanma, kaza ya da meslek hastalığı sonucu birden çok ölüm

**Tablo 2. 5 (devam):** X Tipi Matris Derecelendirme Tablosu (Seber, 2012)

Çok Ciddi	Çevre: Kontrolü sağlanamayan yüksek düzeyli bir çevresel etki
	Ekipman: Fabrika hasarı/kayıp değeri 1000000\$ üzerinde olması

#### 2.1.1.11. Hata Ağacı Analizi Yöntemi (FTA)

FTA kavramı, 1962'de "Bell Telephone Laboratories" tarafından oluşturulmuştur. Hata ağacı tehlikeli durumların ya da olayların sebeplerini mantık çerçevesinde grafik şeklinde gösterilmesidir.

Tümdengelim mantığına dayalı bir tekniktir. Hata ağacı, nitel veya nicel risk analizlerinde kullanılabilir.

FTA uygulaması için en önemli 3 temel unsur;

- Sistem analizi ,
- FTA oluşturulması ve
- FTA'nın değerlendirilmesidir.

Hata ağaçları sisteminde öncelikle sistem arızasını tespit eden Tepe Olayın oluşturulması ile başlar. Hata ağacı analizi uzman bir kadro çalışması gerektirir.

Hata ağacının uygulanması için fazla zamana ihtiyaç duyulması ve maliyetli olması bu yöntemin dezavantajlarından.

#### 2.1.1.12. Olay Ağacı Analizi Yöntemi

Bir olay ağacı, bir başlatıcı olayı takip eden olası sonuçları tanımlayan ve ölçen mantık modelinin grafiksel bir gösterimidir. Olay ağacı analizi, ileri mantık kullanılarak oluşturuldukları için güvenilirlik değerlendirmesine endüktif bir yaklaşım sağlar. Hata ağaçları, olay ağacı dizilerinin bir parçası olan sistem olaylarını ölçmek için kullanılır. Olay ağacı dizilerini değerlendirmek ve sonuçları ölçmek için kullanılan mantıksal işlemler, hata ağacı analizlerinde kullanılanlarla aynıdır.

### **2.1.1.13. Neden - Sonuç Analizi Yöntemi**

Sebeup-sonuç analizi, hata ağaçlarının, çeşitli faktörlerin tehlikeli bir olaya neden olabileceğini gösterme yeteneği ile olay ağacının çeşitli olası sonuçları gösterme yeteneğini birleştirir. Diziler ve bu nedenle zaman gecikmeleri, diyagramın sonuç kısmında gösterilebilir.

Hata ağaçlarında kullanılan benzer bir sembolizm, mantıksal kombinasyonları göstermek için kullanılır. Tekniğin, olayları başlatmaktan sonuçlara kadar olan ilişkileri gösterme potansiyeli vardır. Ölçme için doğrudan kullanılabilir, ancak diyagramlar aşırı derecede kullanışsız ve zaman alıcı olabilir. Bu nedenle, neden sonuç analizi, FTA veya olay ağaçları analizi ETA kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır.

## **2.2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ TARİHSEL YAKLAŞIMI**

İSG'nin tam anlamı ile olmasa bile konu kapsamı olarak konuşulmaya, tartışılmaya başlanılan zaman olarak tarım devriminden sonra göçebe ve kölelik hayatın sona ermesi ile ortaya çıktığı söylenmektedir. Göçebe yaşam tarzı sona erdikten sonra tarım ile beraber gelişen çalışma sektöründe yinelenen şikayetler bu konunun İSG kavramı adı konulmadan bahsinin geçtiğini göstermektedir.

M.Ö.2600 'lü yıllarda İmhotep, aslında o zamanda Mısır'da piramit inşası sırasında meydana gelen kaza sonucu ölümlerin yaşanması ile çalışan kişilerde bel bölgesinde rahatsızlıkların meydana geldiğini tespit etmiştir.

M.Ö. 2000'lerde Hammurabi'nin hazırlamış olduğu Hammurabi Kanunlarında İSG ile ilgili yaptırımlar bulunmaktadır

İSG kavramı ile ilgili bilinen ilk yazılı kaynakların ünlü tarihçi ve filozof Herodot ile başladığı söylenmektedir. Herodot beslenme tarzının çalışılan işe göre enerji vermesi gerektiğini vurgulamıştır. Hipokrat, kurşunun zehirleyici olması özelliğini dile getirmiştir. Çalışma alanında çıkan tozlara karşı tedbirli olunması, poşet ile korunmaya çalışılması gerektiğini vurgulamıştır.

İSG kavramı ile ilgili İngiltere'de çalışma sürelerinin düzenlenmesi ve çalışanların sağlık vb. konularda korunmasını öngören 1802 tarihli "Factory Act" kanunu çıkarılmıştır. Kanun çıkması

ile birlikte çalışma saatleri kısaltılmış, çalışanları motive edici uygulamalar yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda bu kanunda geliştirmeler yapılmıştır. İngiltere'nin bu tutumu Avrupa, Amerika, İsviçre, Fransa gibi ülkelerde de benimsenmiş ve iş sağlığı-güvenliği ile ilgili kanunlar çıkartmalarına vesile olmuştur.

İngiltere ile başlayan işçilerin korunmasına yönelik çalışmalar zaman geçtikçe artmış ve işçi problemlerine çözüm sağlanması adına 1919 Uluslar Arası Çalışma Örgütü (ILO) kurulmuştur. 1946 yılında ILO ile Birleşmiş Milletler arasında bir sözleşme imzalanarak ILO, uzmanlık kuruluşu olmuştur. ILO ve WHO, bilimsel çalışmalar ve araştırmalarda bulunmuş ve personelin sağlığı - iş güvenliği ile ilgili yasal mevzuatlar oluşturulmaya başlanmıştır.

Diğer ülkelerde bu çalışmalar yapılırken Türkiye'de de sanayileşmenin başlaması ile İSG kapsamında bilimsel ve yasal düzenlemeler hakkında çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizdeki bu çalışmaların başında 1865 Madeni Hümayun Nazırı Dilaver Paşa'nın hazırlamış olduğu tüzük yer almaktadır. Padişah tarafından onaylanmaması sebebi ile tüzük niteliği kazanamamış ve Dilaver Paşa Nizamnamesi onaylanmaması sebebi ile tüzük olmamıştır, fakat İSG ile ilgili ilk mevzuat olma özelliği taşımaktadır. Nizamname kömür ocaklarındaki ağır çalışma koşulları ve birçok çalışanın akciğer kanseri olması sebebi ile hazırlanmış olup, 100 maddeden oluşmakta ve çalışma koşullarının düzeltilmesi, hekim görevlendirilmesi gibi konular içermektedir. 1869 senesinde işyerinde çalışma sırasında kaza geçiren çalışana tazminat ödeme, sahada hekim bulundurma gibi yükümlülükler içeren Tanzimat'tan sonra ikinci önemli belge Maadin Nizamnamesi olarak kabul edilmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti'nin sonraki yıllarında, Hafta Tatili Hakkında Kanun (1924), Türk Ceza Kanunu (1926), Umumi Hıfzıssıhha Kanunu (1930), Belediye Kanunu (1930) vb. İSG ile ilgili mevzuatlar yayımlanmıştır.

148 maddeden oluşan 3008 sayılı İş Kanunu 1936 yılında yayımlanmıştır ve 31 yıl yürürlükte kalmıştır. Bu Kanun, Çalışma Bakanlığı kurulana kadar geliştirilememiştir. 1967 yılında yayımlanan ikinci İş Kanunu ise 39 ay yürürlükte kalmıştır. 32 yıl yürürlükte kalan 1475 sayılı İş Kanunu 1971 yılında yürürlüğe girmiştir. 4857 sayılı İş Kanunu İSG'ne ait 13 maddeden oluşan ayrı bir bölüme sahiptir ve 2003 yılında yayımlanmıştır.

“İşçi Sağlığı Daire Başkanlığı”, 2000 yılında “İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğüne” dönüştürülmüş olup, İSG alanında uluslararası nitelikte sözleşmeler imzalanmıştır.

Günümüzde hala kullanılmakta olan İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 6331 numarası ile 2012 yılında resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

### 2.3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÜZERİNE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

İSG konusunda çeşitli araştırmalar, çalışmalar, risk analizleri yapılmıştır ve çalışılmaya gelişen teknolojiler ile birlikte devam edilmektedir. Aşağıda bunlardan örnekler yer almaktadır.

Özkars (2010) çalışmasında Sivas Atıksu Arıtma Tesisi'nde çamur susuzlaştırma binası, ön arıtma üniteleri ve dinlenme alanlarının bulunduğu yerlerden; atölye malzemeleri, kapı kolları ve korkuluklar başta olmak üzere toplam 21 noktadan numune alınarak İl Halk Sağlığı Laboratuvarında mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Bu noktalarda dezenfeksiyon işlemi yapılmıştır. Dezenfeksiyon sonrasında belirli aralıklarla alınan numunelerin analiz sonuçları bakteri sayısında artış olduğunu göstermiştir. Tesis içerisinde birçok bakteri cinsinin olduğu ve bakteriyolojik kirlenme hızının oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hijyenik olmayan ortam koşulları, hastalıklara yakalanma risklerinin puantajlanmasında son derece etkin rol oynamıştır.

Mikrobiyolojik analiz haricinde tesis tek tek elektrik, düşme vb. yönlerden incelenmiş ve tüm tesis olarak değerlendirme sonucu verilmiştir. Risk analizinde Matris Metodu kullanılmıştır.

Ünlü (2010) çalışmasında, Biyolojik Arıtma Tesisi, İçme suyu Arıtma Tesisi, Katı Atık Düzenli Depolama ve Yakma Tesisinde risk analizi çalışmıştır. Metot olarak L Tipi matris yöntemini kullanmıştır. 3 tesiste de anket ve gözlemler yapılmış daha sonra risk tablosu oluşturulmuş olup tabloya göre risk skoru hesaplanmıştır. Bazı örnek anket soruları:

Acil durum planlaması yapıldı mı?

İSG eğitimi alındı mı?

İş yeri hekimi var mı?

Periyodik sağlık taramaları yapılmakta mı?

Daha önceden kurumunuzda bir risk değerlendirmesi yapıldı mı?

İşyerinizde iş gereği kimyasal maddelerle çalışılıyor mu?

Orhan (2016) çalışmasında seçmiş olduğu farklı 4 adet atıksu arıtma tesisinde gerekli gözlemler ve incelemeler sonucu daha önem arz ettiği düşünülen tesisin belli bölümlerinde gürültü, H<sub>2</sub>S CO<sub>2</sub>, toz ve NH<sub>3</sub> ölçümleri yapmıştır. Belirlediği bir tesiste 3T yöntemi ile risk analizi çalışmasını gerçekleştirmiştir. Tesiste üniteler tek tek elektrik, düşme vb. yönlerden incelenmiş en sonunda tüm tesis olarak değerlendirme sonucu verilmiştir. Değerlendirme sonucunda önerilerde bulunulmuştur. Ölçüm noktaları ve parametreler tablo 2.6'da yer almaktadır.

**Tablo 2.6:** Ölçüm Noktaları ve Parametreler.

Parametre	Ölçüm Noktası
CO <sub>2</sub> ve H <sub>2</sub> S	Kaba ızgara - İnce ızgara
	Pompa istasyonu- Çamur susuzlaştırma/kurutma
NH <sub>3</sub>	Kaba ızgara- İnce ızgara Çamur susuzlaştırma
Toz	Çamur Susuzlaştırma/kurutma
Gürültü	Pompa istasyonu- Blower odası- Çamur susuzlaştırma

Dedeler (2018) çalışmasında İSG ve konfeksiyon sektörü tanıtılmıştır. Fiziksel risk faktörleri tanıtılmıştır. (Gürültü, toz, aydınlık, sıcaklık ve nem, radyasyon, basınç vb.) Bu faktörlerin yasal mevzuatta nasıl olması gerektiğine yer verilmiştir. Ölçümler yapılmıştır ve 5\*5 matris yöntemi kullanılarak risk analizi yapılmıştır.

Konfeksiyonun belirlenen her bölümünde depo, kesimhane vb. ölçümler ayrı ayrı yapıp risk analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu yapılan değerlendirme neticesinde firmanın en önemli sorununun toz olduğu saptanmıştır.

Özdemir (2016), Gürültü ile Oluşan İşitme Kayıpları ve Alınacak Önlemler adlı çalışmasında gürültünün tanımı, işitme yapısı, ses fizyolojisi, gürültü ölçümleri, gürültünün insan sağlığına etkileri, gürültüden korunma yöntemlerini ve önleyici ekipmanların kullanımı gibi konulara değinmiştir. Çalışmada gürültü düzeyi ve maruziyet sürelerine göre oluşabilecek işitme kaybı yüzdeleri vermiştir.

**Tablo 2.7:** Gürültü ve İşitme Kaybı Tablosu (Özdemir,2016).

Gürültü Düzeyi	İşitme Yeteneği Kaybı (%)		
	5 yıl sonra	10 yıl sonra	20 yıl sonra
(dB)			
80	0	0	0
90	4	10	16
100	12	29	42
110	26	55	78

Falakh ve Setiani (2018), çalışmalarını Orta Java, Endonezya'daki Semarang Su Arıtma Tesisi Şirketi'nde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, tehlike tanımlama yöntemlerini ve risk değerlendirme yöntemlerini kullanarak olası tehlikeleri tespit etmektir. Çalışmada matris yöntemi kullanarak risk değerlendirme tablolarını oluşturmuşlardır. Oluşturdukları bu tablolara göre risk skorunu hesaplamışlardır. Sonuç olarak tesiste en yüksek problemlerin elektrik ve klor binası olduğu tespit edilmiştir.

Awwad, ve diğ. (2018) çalışmalarında, 5 adet aynı tip ters osmoz desalinasyon tesislerindeki ana tehlikeleri tespit etmek için risk değerlendirmesi yapmıştır. 5x5 matris yöntemi kullanılmıştır. En yaygın tehlikeler olarak; yüksekte çalışma, kapalı alanlarda veya su altında çalışma, gürültüye maruz kalma, açığa çıkarılmamış döner ekipman ile temas, elektrik, yüksek basınçlı sıvı ve ateş bulunmuştur. Hepsinde ayrı ayrı risk tabloları oluşturulmuş ve risk skorları hesaplanmıştır. Gürültü ölçümü yapılmıştır. Belirlenen risk seviyesini kabul edilebilir bir seviyeye düşürmek için; kapalı alana giriş veya su altında çalışmak için çalışma izni geliştirmek, elektrik ekipmanı ile uğraşırken, güç kaynağının kilitlenmesi ve etiketlenmesi, yükseklikte çalışmak için doğru ekipmanın sağlanması, gürültüye maruz kalma süresini azaltmak ve çalışanlara yeterli eğitim, bilgi ve güvenlik talimatlarını sağlamak gibi önerilerde bulunulmuştur.

El-Quliti, ve diğ. (2016) çalışmalarında, içme suyu ve tarımsal su için sulama Suudi Arabistan Krallığı (çöl bölgelerinde) çok düşük bir kaynak olarak kabul edildiğinden, milyarlarca Suudi Riyad'ın kanalizasyona yatırım yaptığı bu projelere daha fazla dikkat etmek gerekliliğini



vurgulamışlardır. Suudi Arabistan'daki atıksu arıtma endüstrisi, çok sayıda ünite ve departman, makine ve yüzlerce işçiyi kapsayacak şekilde genişleyip, bu istasyonları çevreleyen alanlar ve personel için tehlike oluşturmaktadır. Çalışmada, işçilerin çeşitli tehlikelerle uğraşırken kullanmaları ve takip etmeleri gereken adım ve yöntemlerden bahsedilmiştir. Temizsu ve atıksu olmak üzere 2 tip tesis incelenmiştir. Risk değerlendirmesi soru cevap şeklinde yapılmış ve matris yöntemi kullanılarak risk skoru belirlenmiştir. İşverenin tehlike değerlendirmesi ve yönetimi, büyük ölçüde güvenli ve sağlıklı çalışma koşullarını sağlamak için işyerinde hangi standartların ve prosedürlerin kullanılacağını belirlemesi gerekmektedir. Bu nedenle, işveren ve / veya tehlike değerlendirmesinde yer alan tüm kişilerin, belirli bir durumda hangi standartların uygulanacağını bilmek için görevlendirilmesi önerilmiştir

Malakahmad ve diğ. (2012) çalışmalarının amacı, İSG Yönetim Sistemi aracılığıyla, bilhassa Malezya'da yerel bir atıksu arıtma tesisinde tehlikeleri tanımlamak ve yönetmekti. İlk olarak, bildirilen tehlike verileri literatür taraması, anket dağılımı ve uzmanlarla görüşme yoluyla toplanmıştır. Seçilen atıksu arıtma tesisi koşullarına göre en riskli tehlikeler tespit edilmiştir. Daha sonra, tehlikeler ciddiyet ve olasılığa göre sıralanmıştır. Gürültü ölçümü yapılmıştır. Sonuçlar, aşırı gürültüye maruz kalma, cilt tahrişi ve kayma ve düşmeye maruz kalmanın sahadaki çalışanların temel kaygıları olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, ses emiciler kullanılarak gürültü azaltma işlemi gerçekleştirilmiştir. Halı ve karton uygulanarak mevcut gürültü seviyesinin (94.2 dB) sırasıyla 92.1 dB ve 90.6 dB'ye düştüğü belirtilmiştir. Sahada otomatik temizleyici, kendi kendini temizleyen çubuk ekran ve kazıyıcı bıçakların takılması ile cilt tahriş riskinin azaltılması önerilmiştir. Ek olarak, temizlik devam ederken alanları kordonlamak ve arıtıcı etrafındaki temizlik alanında rampaların temin edilmesi, sahadaki kayma ve düşme riski için uygun çözümler olarak bulunmuştur.

Ulutaşdemir ve Özmuşul (2015) çalışmalarında, bir atıksu arıtma planında üç yıllık risk değerlendirme analizlerinin sonuçlarını karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Bu tanımlayıcı çalışma, Gaziantep il merkezinde bulunan bir atıksu arıtma tesisinde gerçekleştirilmiştir. Risk değerlendirme analizleri 2012, 2013 ve 2014 yıllarında iş sağlığı ve güvenliği uzmanı tarafından yapılmıştır. Tüm örnekler çalışmaya dahil edilmiştir. Risk değerlendirmesinde “L Tipi Matris Analiz Yöntemi” kullanılmıştır. Gaziantep'teki atıksu tesisinde 2012 yılında yapılan işçi sağlığı ve iş güvenliği risk değerlendirme analizine göre; yangın, kimyasallar, periyodik ölçümler, elektrik tesisatı ve topraklamanın yüksek riskli olduğu, işaretler, eğitim, hijyen

kuralları ve uyarı işaretleri için orta şiddetli, işyerinin fiziksel yeterlilik ve diğer tehlikeler için düşük riskli olduğu tespit edilmiştir. 2012 yılında bu risklere yol açan şartlar 2013 yılından itibaren düzeltilmiştir. 2014 yılında çamur kurutma binasının yakınında bir dekantör eklenmiştir ve risk değerlendirmesine eklenmiştir.

Kaya (2016) çalışmasının amacı, iş kazaları ve işle ilgili sağlık sorunlarının sebeplerini değerlendirmek ve kanalizasyon işlerinde sağlık ve güvenlik risklerini en aza indirecek önlemleri belirlemek olarak planlamıştır. Çalışmada kazı ve hendek açma, baca, drenaj delikleri ve kanalizasyon boruları gibi kapalı alanlarda çalışmak, kanalizasyon hatlarını vakumlu araçlarla temizlemek, ağır inşaat ekipmanları ile çalışmak en tehlikeli işler olarak iş kazalarına neden olarak belirlenmiştir. Gürültü ve anlık gaz ölçümleri yapılmıştır. Atıksuya maruz kalma, kimyasal gazlar ve biyolojik ajanlar, ergonomi, psikososyal faktörler, kanalizasyon çalışanlarında işle ilgili sağlık sorunlarına neden olan en tehlikeli faktörler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, iş kazaları, işle ilgili sağlık sorunları ve işçi departmanı, yaş, eğitim durumu, iş yükü, (İSG) eğitimleri, personel koruyucu ekipman kullanımı (KKE) gibi konuları içeren bir ankette kriterler arasındaki olası ilişkiler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; uygun olmayan KKE kullanımı, yetersiz risk analizi, yetersiz İSG eğitimi, atıksuya maruz kalma, zehirli gazlara maruz kalma, göçük altında sıkışıp kalma gibi riskler belirlenmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Yang, ve diğ. (2018) çalışmalarında, tipik bir atıksu arıtma sisteminin çeşitli arıtma kademelerinden hava örnekleri toplanmıştır. Havadaki bakterilerin topluluk kompozisyonları, yüksek verimli sekanslama tekniği ile tanımlanmıştır. SourceTracker aleti, atıksu, çamur, ortam havası ve diğer ortamlardan havadaki bakteri yüzdelerini belirlemek için kullanılmıştır. Havadaki bakterilerle ilişkili sağlık riskleri, inhalasyon ve cilt teması yoluyla maruz kalmanın ortalama günlük doz oranlarına dayanılarak tahmin edilmiştir. Havadaki bakteri konsantrasyonları geniş 23 - 4878 kob/m<sup>3</sup> aralığında değişmiştir. Havadaki bakteri emisyonlarının ana kaynakları havalandırma, mekanik ajitasyon ve iç mekanda bulunan arıtma tesisleridir. Havadaki bakterilerde Micrococcus, Bacteroides, Chryseobacterium, Pseudomonas ve Acinetobacter gibi fırsatçı patojenler tespit edilmiştir. İnhalasyon, sahadaki çalışanların havadan bakterilere maruz kalmaları için ana yol olarak tespit edilmiştir. Çalışılan tesis, Çin'in Pekin eyaletinde kurulu olan 2,0\*10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>/gün debiye sahip olan A/A/O prosesi ile işletilen tipik bir evsel atıksu arıtma tesisidir. Havadaki bakteriler için numune noktaları, kaba ızgara,

havalandırmalı kum tutucu, birincil çökeltme tankı, anaerobik tank, havalandırma tankı, ikincil çökeltme tankı ve çamur susuzlaştırma yapısı olmuştur. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA 1), farklı yerlerden havadaki bakterilerin konsantrasyonlarını karşılaştırmak için kullanılmıştır. Mevsimin hava kaynaklı bakteriyel konsantrasyonlara etkisini değerlendirmek için iki yönlü varyans analizi (ANOVA 2) uygulanmıştır. Çeşitli arıtma aşamalarında risklerde dikkat çekici farklılıklar gözlemlenmiştir. Yaz aylarında havadaki bakterilerin inhalasyon riskleri diğer iki mevsimdekinden daha yüksek bulunmuştur. Atıksu arıtma tesislerinden yayılan havadaki bakteriler rüzgara karşı rüzgarla taşınacak ve çevredeki bölge sakinlerini etkileyecektir. Fırsatçı patojenlerin varlığından dolayı, atıksu arıtma tesislerinde enfeksiyon risklerini azaltmak için sıkı kontrol önlemleri alınma gerekliliği vurgulanmıştır.

Jaremków, ve diğ. (2018) çalışmalarını atıksu arıtma tesisi çalışanlarının mesleki görevlerini yerine getirirken zararlı sağlık faktörlerine maruz kalma konusundaki bilgi ve farkındalıklarını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Polonya’da 15 adet atıksu arıtma tesisi çalışanlarına anket yapılmıştır. Anket, atıksu arıtma tesisinde biyolojik ve kimyasal faktörlerin varlığına bağlı tehlikeler hakkındaki farkındalığı ve bilgiyi değerlendiren soruları içermiştir. Çalışanların zararlı risk faktörleri konusundaki bilgi düzeyi ortalama olarak değerlendirilmesine rağmen, çalışma katılımcıları atıksu arıtma tesisinde çalışmayla ilgili tehlikelerin farkındaydı. İşyerinde zararlı faktörlerle ilgili mesleki eğitimlerin sıklığının sağlanması gerekliliği, işçiler için modern koruyucu önlemlerinin alınması ve atıksu arıtma tesisi çalışanlarına zorunlu aşuların uygulanması gerekliliği vurgulanmıştır.

Ping, ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada, atıksu arıtma tesislerinin güvenlik değerlendirmesine yönelik referanslar sunmak amacıyla büyük bir kanalizasyon arıtma tesisinin güvenliğini değerlendirmek için bilimsel yöntemeye dayanmaktadır. Büyük kanalizasyon arıtma tesisinin büyük tehlike ve zararlı faktörlerin tanımlanması ve değerlendirilmesine göre bu güvenlik değerlendirmesi 7 üniteye ayrılmıştır. Çalışmada risk analizi kaza ağacı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kaza Ağaç Analizi, sistemde meydana gelebilecek veya sistemde meydana gelebilecek kazaları bir analiz başlangıç noktası olarak kullanır ve çeşitli sistemlerin riskini tanımlayabilecek ve değerlendirebilecek katmanlar katmanının neden olduğu kaza olaylarının nedenini listeler. Kaza ağacı bu çalışmada elektrik nedenli riskler için yapılmıştır. Atıksu arıtma tesislerinin güvenlik değerlendirmesine göre, aşağıdaki sonuçları elde edilmiştir. İnşaat projelerinin üretim sürecinde başlıca risk faktörleri zehirlenme ve boğulma, elektriksel

yaralanmalar, boğulma, yangın ve patlama, mekanik yaralanma, kaldırma zedelenmesidir; Zararlı etkenler gürültü ve titreşim, iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlardır. Üzerinde durulması gereken temel risk faktörleri zehirlenme ve boğulma, elektriksel yaralanmalar, yangın ve patlamadır. Güvenlik kontrol listesi yöntemi kullanılarak yedi güvenlik değerlendirme birimin değerlendirilmiş ve fabrikada birçok güvenlik riski bulunduğu tespit edilmiştir. Özellikle Elektrik çarpması kazalarını önlemek için ilk olarak, güvenlik ekipmanı ve kirliliği ve ıslak ortamlardaki sızıntı olaylarını kontrol etmek olduğu belirtilmiştir.

Kaposztasovaa, ve diğ. (2014) çalışmalarında yağmur suyu toplama sisteminin risk analizini kullanarak risk değerlendirmesi anlatılmaktadır. Çalışmada anket kullanılmıştır ve matris yöntemi ile risk analizi gerçekleştirilmiştir. Seçilen metodoloji, ekip üyelerinin bilgi, deneyim ve mevcut belgelerine dayanmaktadır. Risklerin tanımlanması ve risk değerlendirmesi aşamasında, ankettan değerli bilgilerin toplandığı ifade edilmiştir. Daha önce açıklanan seçilmiş yarı kantitatif metodoloji, bir aile evinde yeni kurulan yağmur suyu toplama sistemini değerlendirmek için kullanılmıştır. Yüksek derecelendirme kategorisinde sadece 6 risk ve orta derecede 13 risk tespit edilmiştir. Risk listesinin, özellikle yeni kurulmuş bir sistem için büyük olasılıkla olanaksız olsalar bile, potansiyel olarak ortaya çıkabilecek tüm riskleri içerdiğini söylemek önemlidir. Eski nesil üretim ve bertaraf yöntemlerinin artık hem ekonomik hem de çevresel olarak çok pahalı olduğu ifade edilmiştir. Risk değerlendirmesinden elde edilen sonuç, bu tür sistemlerin kullanıcıları için mevcut sistemlerin kendi kendini kontrol edebilmeleri için soru listesini kullanmalarını, sistem hakkında kullanıcıları bilgilendirmelerini ve bir önleme aracı olarak hizmet etmelerini sağlayan bir kontrol listesi olduğu bulunmuştur. Risk analizinden elde edilen sonuçlar analitik hiyerarşi prosesi ampirik çok düzeyli kapsamlı değerlendirme tarafından doğrulanmıştır.

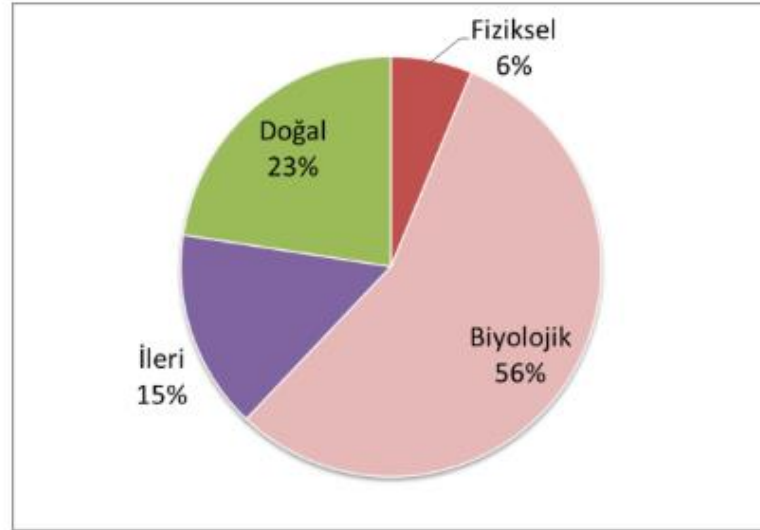
#### **2.4. ATIKSU ARITMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER**

Evsel, endüstriyel, tarımsal vb. kullanımlar sonucunda kirlenen ve özelliklerini kaybeden, içerik veya fiziksel olarak ta değişikliğe uğramış olan su atıksu olarak adlandırılmaktadır. Giderek artan nüfus ve geçmişten günümüze değişen ve gelişen sanayi ile su ihtiyacı büyük bir problem teşkil etmektedir. Temiz su elde edebilmek amacıyla arıtma sektörüne olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

Suların ve atıksuların arıtılması ile ilgili konuların sorumluluğu belediyelerdedir. Arıtma tesisi kurulacak olan bölgenin nüfusu, suyun evsel ya da endüstriyel tipte olması, atıksuyun içeriği gibi faktörlere bağlı olarak fiziksel, kimyasal, biyolojik, ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri inşa edilip, işletilmektedir.

Tesislerin arıtma sonrası suları deşarj edebilmeleri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği' ne göre belirlenen faktörlere göre farklılık göstermektedir. Her tesis, tesisin tipine göre yönetmelikte belirlenen deşarj limitlerini sağlamakla mükelleftir.

2016 Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) verilerine göre Türkiye genelinde toplamda 881 adet atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin % olarak dağılımları Şekil 2.3'te verilmiştir.



**Şekil 2.3:** 2016 Yılı Sonu İtibari ile Atıksu Arıtma Tesislerinin Tiplere Göre Dağılımı (csb.gov.tr).

#### 2.4.1. Atıksu Arıtma Yöntemleri

Atıksu arıtımı, artık gerekli olmayan ya da artık kullanım için uygun olmayan suyu tekrar çevreye boşaltılabilecek suya dönüştürme işlemidir. Banyo, yıkama, tuvaleti kullanma ve yağmur suyu akıntısı gibi çeşitli aktivitelerden oluşur. Atıksuların form olarak %99.9'u sudur. Kalan %0,1'lik bölüm ise; azot, fosfor, yağlar, gress, patojenler, toksinler, BOD ve diğer katılardan oluşmaktadır. Arıtma, suyun çevreye tekrar tahliye edilmesini sağlamak için kirleticileri kabul edilebilir seviyelere indirmeyi amaçlar.

Klasik atıksu arıtımı, katı maddeleri, organik maddeleri ve bazen de besinleri atıksudan uzaklaştırmak için fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlem ve işlemlerin bir kombinasyonundan oluşur. Artan arıtma seviyesine göre farklı arıtma derecelerini tanımlamak için kullanılan genel terimler, ön, birincil, ikincil ve üçüncül ve / veya ileri atıksu arıtımıdır. Bazı tesislerde, patojenleri gidermek için dezenfeksiyon bazen son arıtma adımı olarak kullanılır.

#### **2.4.1.1. Ön Arıtma**

Ön arıtma işleminin amacı, kaba atıkların ve çoğu zaman ham atıksularda bulunan diğer büyük malzemelerin uzaklaştırılmasıdır. Bu malzemelerin uzaklaştırılması, sonraki arıtma ünitelerinin çalışmasını ve verimini artırmak için gereklidir. Ön arıtma işlemleri tipik olarak kaba ve ince ızgarayı, elekleri, kum tutucu, yüzdürme sistemleri ve çöktürme havuzlarını içerir.

#### **2.4.1.2. Birincil Arıtma**

Birincil arıtma, askıya alınan katı atıkları gidermek ve sudaki çözünmüş oksijeni arttırmak için biyokimyasal oksijen talebini azaltmak için kullanılan oldukça basit bir işlemdir. Birincil arıtmanın biyokimyasal oksijen talebini sadece %30 ve askıda kalan katıları %60'a kadar azalttığı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, diğer kirleticileri gidermek için suyun ikincil, ihtiyaç doğrultusunda üçüncül olarak arıtılması gereklidir.

#### **2.4.1.3. İkincil Arıtma**

İkincil arıtma, birincil arıtma sırasında çıkarılmayan organik maddelerin giderilmesinde kullanılan karmaşık biyolojik ve kimyasal işlemlerden oluşur.

#### **2.4.1.4. Biyolojik Arıtma**

Çok çeşitli biyolojik atıksu arıtımı vardır, ancak her arıtım oksijenin bulunup bulunmadığına bağlı olarak aerobik veya anaerobik arıtma olarak sınıflandırılabilir.

Bir arıtma biyolojik aerobik arıtma olarak sınıflandırılırsa, bunun oksijen varlığında gerçekleştiği anlamına gelir. Aerobik arıtmalar daha hızlı çalışır ve anaerobik arıtmaya göre daha temiz suyla sonuçlanır, bu yüzden tercih edilirler.

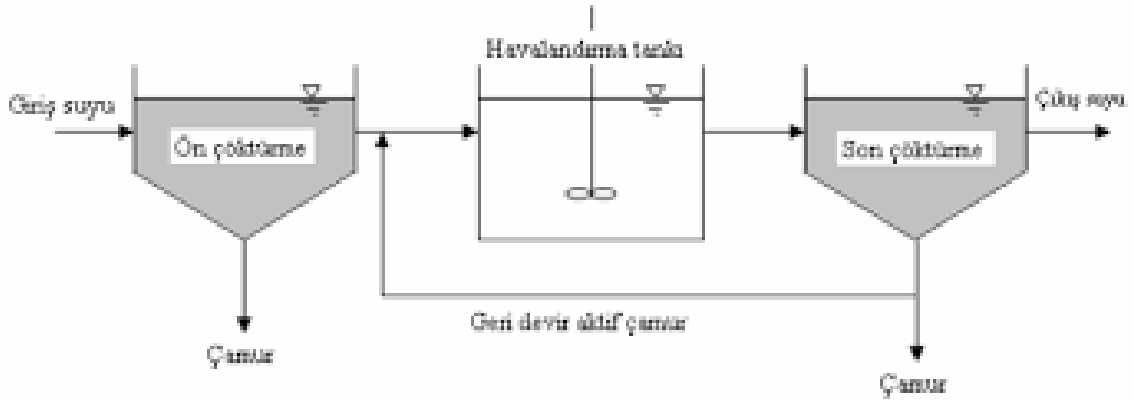
En popüler aerobik arıtma, aktif çamur prosesidir. Aktif çamur prosesi, çözünmüş ve kolloidal formlarda oluşan çökelemeyen maddelerin, sıvı taşıyıcıdan (su) uzaklaştırılan çökebilir tortuya

dönüştürüldüğü biyolojik prosestir. Bir tesiste aktif çamur, atık suda bulunan askıda katı maddelerle birlikte çözülür. aerobik (oksijen içeren) bir ortamda atıktaki organik madde ile temas halinde tutulan protozoan, mantarlar ve rotiferler ile birlikte başlıca bakteriler grubuna bağlıdır. Atık sularda taşınan birçok organik madde türü bu mikroorganizmalar için bir besin kaynağıdır. Sistemde mevcut olan mikroorganizmaların kütlelerine biyolojik katılar veya karışık sıvıda askıda katı madde (MLSS) denir.

MLSS, inert madde, biyolojik olmayan organik madde ve aktif mikroorganizmalar dahil olmak üzere aktif çamur sistemindeki tüm askıya alınmış maddeleri temsil eder. Bazı reaksiyonlar organik maddenin parçalanmasını (5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı - BOİ<sub>5</sub> ile temsil edilir) ve hücre kütlelerinin (aktif çamur) ve yan ürünlerin (karbon dioksit ve su) oluşumunu içerir.

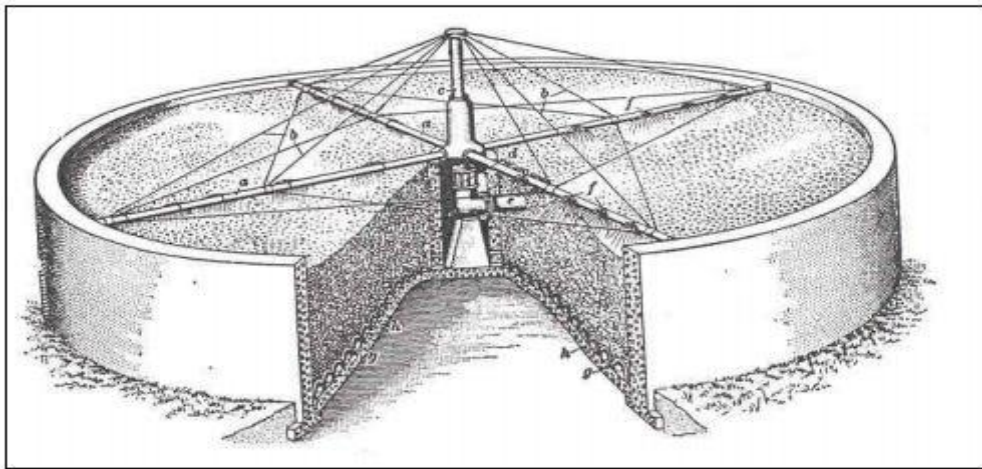
Aktif çamur sisteminin temel amacı, yiyecek (BOİ<sub>5</sub>) ve uygun ortam sağlayarak uygulanabilir bir mikroorganizma popülasyonu oluşturmak ve sürdürmektir. Uygun ortamda mikroorganizmalar, atıksuda bulunan çözünür ve koloidal materyali yeni hücrelere (aktif çamur) ve son ürünlere (CO<sub>2</sub> ve su) dönüştürür. Yaşam döngüleri boyunca, mikroorganizmalar sürekli değişen bir büyüme ve düşüş döngüsüne maruz kalır.

Aktif çamur işleminin başlangıcında, atıksu oksijenle dolu bir havalandırma tankına taşınır. Atıksuyun havalandırılması, hala suda bulunan organik maddenin ayrışmasını hızlandıran mikrobiyal büyümeyi arttırır. Ardından bu atıksu, ikincil bir çökeltici veya çökeltme tankı olarak da bilinen ikincil bir temizleyiciye aktarılır. Suyun içindeki çamur veya atık, sadece temiz ve arıtılmış suyu geride bırakarak ayrılmaya başlayacaktır. Bu, atıksuları biyolojik olarak arıtmanın en etkili yollarından biridir.



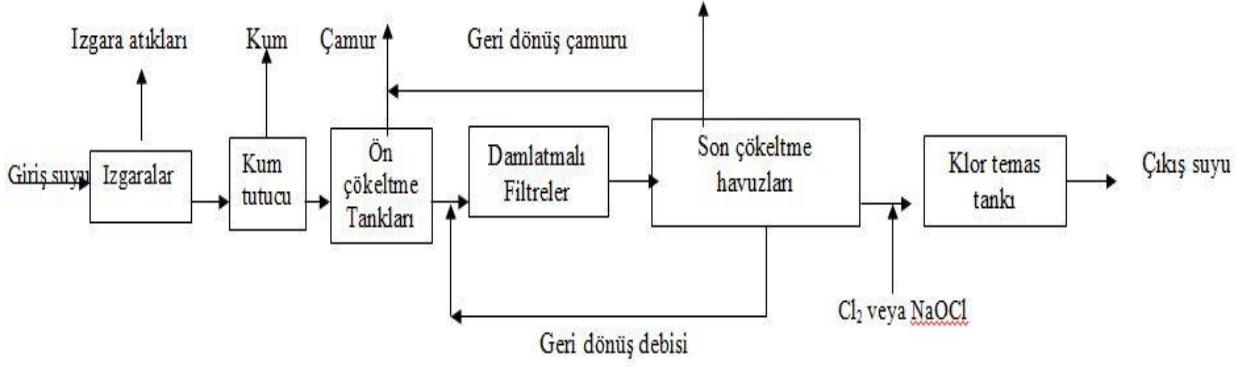
Şekil 2.4: Aktif Çamur Sistemi (Debik, 2013).

Diğer bir popüler aerobik arıtma, damlatmalı filtre işlemidir. Damlama filtresi yönteminde filtrenin zarar görmesini önlemek için filtreden önce ön arıtma kademesi kullanılmalıdır. Atıksu filtre üzerinden geçerken sudaki mikroorganizmalar hızla yatağa tutunmaya başlar. Bir mikrobiyal film tabakası yakında yatağın üzerinde büyümeye başlayacaktır. Zamanla, bu mikrobiyal film tabakasında bulunan aerobik mikroorganizmalar, suda bulunan organik maddeyi parçalamaya başlayacaktır. Gerekirse, aerobik koşulları sağlamak için atıksuya oksijen enjekte edilebilir. Damlama filtresi işlemi sudaki yüksek organik madde konsantrasyonlarını hızla azaltabilir, bakımı kolaydır, iyi bir nitrifikasyon gerçekleşir, enerji ihtiyacı düşüktür ancak bu yöntemin dezavantajları da vardır. Kaynakları sınırlı olan tesisler için en iyi seçenek olmayabilir, fazla arazi ihtiyacı vardır. Kullanımında tıkanmalar oldukça yaygındır.



Şekil 2.5: Damlatmalı Filtre (Metin, 2017).





Şekil 2.6: Bir Atıksu Arıtma Tesisinde Damlatmalı Filter Kullanımı Şeması (Metin, 2017).

Bazı tesisler, aktif çamur işleminin aksine, havalandırılmış lagünleri kullanır. Bu yöntemle atıksu, mekanik olarak havalandırıldığı bir arıtma havuzunda bulunur. Havuzdaki oksijenin pompalanması, mikrobiyal büyümeyi artıracak ve organik maddenin ayrışmasını hızlandıracaktır. Bununla birlikte, aktif çamur işleminden farklı olarak, su havalandırıldıktan sonra başka bir tanka taşınmaz. Bunun yerine, çamurun ve temiz suyun ayrılması arıtma havuzunda gerçekleşir.

Bir oksidasyon havuzu kullanmak, atıksuyu biyolojik olarak arıtmanın başka bir yoludur. Bu işlem, bakteri, yosun ve diğer mikroorganizmalar arasındaki etkileşimi kullanarak organik maddenin atıksudan uzaklaştırılmasını içerir. Bu yöntem havalandırılmış bir lagüne benzeyebilir, ancak çok daha karmaşıktır ve istenen sonuçları elde etmek çok daha uzun sürer. Bu süreç aynı zamanda diğerlerine göre çok daha fazla alan gerektirir, bu yüzden genellikle yoğun nüfuslu alanlarda kullanılmaz.

Biyolojik anaerobik arıtma oksijen yokluğunda gerçekleşir. Aerobik arıtmalar genellikle tercih edilir, ancak yüksek konsantrasyonlu atıksu ile çalışırken bir anaerobik arıtmanın kullanılması en iyisidir.

Yukarı akış anaerobik çamur örtüsü reaktörü, tek tanklı bir anaerobik arıtma işlemidir, yani bir tankta gerçekleşir. Bu işlem, reaktör tankının tabanından giren atıksu ile başlar. Atıksu doğal olarak yukarı doğru akmaya başladığında, tankın içinde asılı olan bir çamur battaniyesi ile karşılaşır. Çamur battaniyesi, atıksu içindeki organik maddeyi parçalayan mikrobiyal mikroorganizmalardan oluşur. Atıksu çamur örtüsüyle karşılaştığında, mikroorganizmalar hızla organik maddeyi parçalayarak, temiz suyu geride bırakarak tankın tepesine çıkar. Anaerobik

filtre de dahil olmak üzere yüzeyinde mikrobiyal mikroorganizmalar içeren bir filtre içeren başka benzer anaerobik işlemler de vardır.

Biyolojik arıtma işlemlerinin atıksuyun kirletici maddelerinin% 90'ını arıtabileceği tahmin edilmektedir. Tüm kirletici maddelerin uzaklaştırılmadığı için, atıksu, biyolojik arıtma işleminden sonra genellikle üçüncül bir arıtma işleminden geçirilir. Bu aşamada, ağır metaller, besinler ve diğer safsızlıklar atıksudan çıkarılır.

Gelişmiş atıksu arıtımında, arıtma seçenekleri veya yöntemleri, arıtılmış atıksuyun daha fazla arıtılmasını veya bertarafını sağlamak için ikincil arıtmadan sonra elde edilecek atıksu özelliklerine bağlıdır.

#### ***2.4.1.5. Kimyasal Arıtma***

Kimyasallar atıksu arıtımı sırasında dezenfeksiyonu hızlandırmak için bir dizi işlemde kullanılmaktadır. Kimyasal reaksiyonlara neden olan bu kimyasal işlemlere kimyasal ünite işlemleri denir ve çeşitli su standartlarını elde etmek için biyolojik ve fiziksel arıtma yöntemleri ile birlikte kullanılır. Kimyasal pıhtılaşma, kimyasal çöktürme, kimyasal oksidasyon ve ileri oksidasyon, iyon değişimi ve temizleme sırasında atıksuya uygulanabilecek kimyasal nötralizasyon ve stabilizasyon dahil olmak üzere birkaç farklı kimyasal birim işlemi vardır.

#### ***2.4.1.6. Kimyasal Çöktürme***

Kimyasal çökeltme; çözülmüş metalleri, toksik metal içeren atıksudan çıkarmak için kullanılan en yaygın yöntemdir. Çözülmüş metalleri katı parçacık formuna dönüştürmek için karışıma bir çökeltme maddesi eklenir. Reaktif tarafından tetiklenen kimyasal bir reaksiyon, çözülmüş metallerin katı parçacıklar oluşturmaya neden olur. Daha sonra parçacıkları karışımdan çıkarmak için filtrasyon kullanılabilir. İşlemin ne kadar iyi çalıştığı, mevcut metalin türüne, metalin konsantrasyonuna ve kullanılan reaktifin türüne bağlıdır. Hidroksit çökeltme işleminde, yaygın olarak kullanılan bir kimyasal çökeltme işlemi, kalsiyum veya sodyum hidroksit, katı metal hidroksitleri oluşturmak için reaktif olarak kullanılır. Bununla birlikte, atıksuyun içindeki çözülmüş metal parçacıklarından hidroksitlerin oluşturulması zor olabilir, çünkü çoğu atıksu çözülmüş metal karışık metaller içerir.

#### **2.4.1.7. Kimyasal Pıhtılaşma**

Bu kimyasal işlem atıksu partiküllerinin dengesizleştirilmesini içerir, böylece kimyasal topaklanma sırasında toplanırlar. Atıksuya dağılan ince katı parçacıklar negatif elektrik yüzey yükleri taşır (normal stabil hallerinde), bu da daha büyük gruplar oluşturmalarını ve çökelmelerini önler. Kimyasal pıhtılaşma, negatif parçacıkların yükünü azaltan, pozitif yüklü pıhtılaştırıcılar ekleyerek bu parçacıkları kararsızlaştırır. Yük düşürüldüğünde, parçacıklar serbestçe daha büyük gruplar oluşturur. Daha sonra, karışıma bir anyonik topaklaştırıcı eklenir. Topaklayıcı, pozitif yüklü karışıma karşı reaksiyona girdiğinden, parçacık gruplarını nötralize eder veya parçacıkları daha büyük gruplara bağlamak için aralarında köprüler oluşturur. Daha büyük parçacık grupları oluştuktan sonra, parçacıkları karışımdan çıkarmak için çökeltme kullanılabilir.

#### **2.4.1.8. Kimyasal Yükseltgenme ve İleri Yükseltgenme**

Kimyasal oksidasyon sırasında bir oksitleyici ajanın eklenmesiyle, elektronlar oksidandan atıksudaki kirleticilere hareket eder. Kirleticiler daha sonra, daha az tahrip edici bileşikler haline gelecek şekilde yapısal modifikasyona maruz kalır. Alkali klorlama, siyanüre karşı oksidan olarak klor kullanır. Bununla birlikte, bir kimyasal oksidasyon işlemi olarak alkali klorlama, toksik klorlu bileşiklerin oluşumuna yol açabilir ve ilave adımlar gerekli olabilir. Gelişmiş oksidasyon, buharla sıyırma, havala sıyırma veya aktif karbon adsorpsiyonu gibi işlemlerle kimyasal oksidasyonun bir yan ürünü olarak üretilen organik bileşiklerin uzaklaştırılmasına yardımcı olabilir.

#### **2.4.1.9. İyon Değişimi**

Su çok sert olduğunda, temizlemek için kullanmak zordur ve genellikle gri bir tortu bırakır. (Bu nedenle, sert suda yıkanmış giysiler çoğunlukla kirli bir tonu korur.) Suyu yumuşatmak için ters ozmoz işlemine benzer bir iyon değiştirme işlemi kullanılabilir. Kalsiyum ve magnezyum, su sertliğine yol açan yaygın iyonlardır. Suyu yumuşatmak için, pozitif yüklü sodyum iyonları çözülmüş sodyum klorür tuzu veya tuzlu su formunda verilir. Sert kalsiyum ve magnezyum iyonları sodyum iyonlarıyla yer değiştirir ve serbest sodyum iyonları suda kolayca serbest bırakılır. Bununla birlikte, çok miktarda suyun yumuşatılmasından sonra, yumuşatıcı çözelti fazla kalsiyum ve magnezyum iyonları ile doldurulabilir, bu da çözeltinin sodyum iyonlarıyla yeniden doldurulmasını gerektirir.

#### 2.4.1.10. Kimyasal stabilizasyon

Bu işlem kimyasal oksidasyona benzer şekilde çalışır. Çamur, klor gibi büyük miktarda belirli bir oksidanla arıtılır. Oksitleyicinin eklenmesi, çamur içindeki biyolojik büyüme oranını yavaşlatır ve aynı zamanda karışımın kokusunu giderir. Su daha sonra çamurdan uzaklaştırılır. Hidrojen peroksit ayrıca bir oksidan olarak da kullanılabilir ve daha uygun maliyetli bir seçenek olabilir.

#### 2.4.1.11. Üçüncül Arıtma

Atık suyun üçüncül arıtılması, organikleri, bulanıklığı, azotu, fosforu, metalleri ve patojenleri daha da azaltmak için ikincil arıtmadan sonra bir dizi ilave adım içerir. Proseslerin çoğu, pıhtılaşma, filtrasyon, organiklerin aktif karbon adsorpsiyonu, ters ozmoz ve ek dezenfeksiyon gibi bazı fizikokimyasal işlemlerden oluşur. Üçüncül atıksu arıtımı nehirlere veya göllere deşarj edildikten sonra ek olarak yabani hayvanların korunması için uygulanmaktadır. Daha da yaygın olarak, atık suyun sulama amacıyla (örneğin, gıda ürünleri, golf sahaları), rekreasyon amacıyla (örneğin göller, nehirler) veya içme suyu için tekrar kullanılması gerektiğinde gerçekleştirilir.

Dezenfeksiyon: Atıksu arıtımının önemli bir kısmı deşarj öncesinde nihai atık suya klor ilavesini içerir. Atıksu arıtımında klorlama bakteri ve virüsleri öldürür ve çok ciddi hastalıklara neden olabilecek Giardia ve Cryptosporidium gibi parazitleri ortadan kaldırır. Özetle, bu işlem suyu yeniden dezenfekte ederek yeniden kullanım veya geri dönüşümün güvenli olmasını sağlar.

Azot Giderme: Atıksuda bulunan  $NH_4$  azotları, Nitrococcus gibi bakterilerin oksijen varlığında suda tepkimeye girmesi sonucu nitrite ve son olarak nitrate dönüştürülür. Nitrat formundaki azotlar denitrifikasyon ile azot gazı formuna dönüştürülerek ortamdan uzaklaştırılır. Nitrikasyon prosesinin verimli bir şekilde devam etmesinde özellikle bakteriler için ortam sıcaklığı, pH değeri, çözülmüş oksijen miktarı, oranı önem taşımaktadır.

Fosfor Giderme: Atıksudan fosforu arıtabilmek için kimyasal ve biyolojik metodlar vardır. Koagülant maddeler kullanılarak fosfor, fosfat tuzları şeklinde çöktürülür. Biyolojik arıtmada ise fosfor mikroorganizmalar tarafından bünyelerine alınması ve çöktürülmesi ile sudan arıtılır.

Filtrasyon: Sudan arıtılmayan maddelerin tutulması amacı ile su özel filtreden geçirilir. Su geçirilen filtrede katı madde birikir. Biriken bu maddeleri gidermek için geri yıkama yapılır.

Adsorbsiyon: Suda çözünmüş maddelerin aktif karbondan geçirilirken bu yüzeyde toplanmasıdır.

İyon değiştirme: İyon değiştirici kolonlarda atıksuda istenmeyen anyon ve katyonların tutulmasıdır.

Ters Osmoz: Proses, yarı geçirgen bir membrandan basınçlı bir şekilde suyun filtreden geçirilmesi ile işlemektedir.

Ultrafiltrasyon: Makromolekül ve kolloid madde içeren atıksularda tercih edilen bir filtrasyon metodudur. |



### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. TESİS TANITIMI

Çalışma, İstanbul'da ileri biyolojik bir evsel atıksu arıtma tesisinde gerçekleşmiştir. Tesisin ileri biyolojik olarak adlandırılmasının sebebi arıtmanın bakteriler aracılığı ile tamamen biyolojik olarak gerçekleştirilmesi ve karbon ile beraber azot ve fosforun da arıtılıyor olmasıdır.

Tesis arıtma kademeleri olarak aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır.

##### 3.1.1. Kaba Izgara

Tesiste su ilk olarak kaba ızgara ünitesine gelmektedir. Atıklar ızgarada tutulur ve sonrasında katı atık düzenli depolama sahalarına gönderilmektedir.

##### 3.1.2. İnce Izgara

Numune kaba ızgaralardan sonra ince ızgara ünitesine gönderilir. Atıklar ince ızgaralarda tutulur. Daha sonra aktarma sistemi ile atıklar preslenir, toplanır ve katı atık düzenli depolama sahalarına gönderilmektedir.



Şekil 3.1: Izgara Binası.

### 3.1.3. Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu

İnce ızgaralardan sonra numune orda tutulamayan kum gibi maddeleri ve arıtılamayacağı için yağı tutması, böylelikle bir sonraki arıtma kademesine geçmesini önlemek için inşa edilmişlerdir. Havuzda sıyırıcı bir köprü vardır. Köprünün hareketleri boyunca kumlar zeminden ayrılırlar ve kum ayırıcı helezona pompalanmaktadır. Havuzda yağların bir tarafta toplanması için belirlenmiş bir noktadan hava verilmektedir. Sıyırıcı köprü vasıtası ile yağlar sudan sıyırılır ve yağ bölümüne gönderilmektedir.



Şekil 3.2: Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu.

### 3.1.4. Ön Çöktürme Havuzları

Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu ünitesinden sonra atıksu ön çöktürme havuzlarına alınmaktadır.

Ön çöktürme havuzlarının yapılma amacı kendisinden sonraki arıtma kademelerinin yükünü hafifletmektir. Ön çöktürme havuzlarında atıksu, proje şartlarına göre yarım saat bekletilmektedir. Yarım saatlik süre içinde atıksudan bir miktar katı çöker. Bu çöken katılar ile belli bir AKM ve organik yük( $BOI_5$ ) te giderilmiş olur. Çöken bu kısım ile organik yük azaldığı için havalandırma havuzlarında verilecek oksijen de azalmış olur.

### 3.1.5. Biyo-fosfor Havuzları

Ön çöktürme havuzundan sonra atıksuyun geldiği ünitedir. Ön çöktürme havuzundan çıkan atıksu ile beraber geri devredilen çamur da bu üniteye gelmektedir. Çamurun geri devredilmesindeki amaç bakteri konsantrasyonunu sabit tutmaktır

Biyolojik fosfor havuzları oksijen verilmeyen ve kısmi oksijenin de bulunmadığı anaerobik havuzlardır. Anaerobik olması sayesinde bakteriler strese girer. İlk etapta oksijen bulamadığı

için bakteriler hücrelerinde bulunan fosforu dışarı salarlar. Daha sonra havalandırma havuzlarında verilen oksijen sayesinde saldıklarından daha fazla fosforu bünyelerine geri alırlar ve fosfor atıksudan bu şekilde uzaklaştırılmış olur.

Tesiste toplamda 4 adet biyofosfor havuzu vardır. Ayrıca çökelme olmaması adına her havuzda karıştırıcı bulunmaktadır.

### 3.1.6. Havalandırma Havuzları

Havalandırma havuzları 8 adet oksik ve 8 adet anoksik olmak üzere toplamda 16 adettir. Her havuzda çökmeyi önlemek ve havuzların homojen olmasını sağlamak adına karıştırıcılar bulunmaktadır.

Biyofosfor havuzlarından çıkan atıksuyun geldiği ünedir. Oksik havuzların tabanlarındaki difüzörler vasıtasıyla atıksuya oksijen sağlanmaktadır. Oksik bölümde biyofosfor havuzundan gelen atıksuyun içindeki amonyum nitrifikasyon bakterileri ile önce nitrite sonra nitrate dönüşmektedir. Nitratın içeriğinde bağlı oksijen olması sebebi ile anoksik bölümde kısmi oksijen bulunmaktadır. Nitrat denitrifikasyona uğrayarak azot gazına dönüştürülür ve atıksudan arıtılmış olur. Anoksik ve oksik havuzlar arasında iç resirkülasyon sağlanması adına pompalar bulunmaktadır.



Şekil 3.3: Havalandırma Havuzları

### 3.1.7. Son Çöktürme Havuzları

Son çöktürme havuzları, havalandırma havuzlarından çıkan atıksuyun geldiği, atıksuyun son arıtma aşamasıdır. Son çöktürme havuzlarında amaç katı ve sıvı fazın çökme ile birbirinden ayrılmasını sağlamaktır. Bu havuzlarda çöken çamurun bir kısmı geri devir pompaları ile biyofosfor havuzlarına gönderilirken fazla çamur çamur arıtma ünitelerine gönderilmektedir.





Şekil 3.4: Son Çöktürme Havuzları

### 3.1.8. Blower Binası

Tesisteki havalandırma havuzlarının oksijen miktarını sağlamak amacıyla 12 adet blowerın bulunduğu 2 adet blower binası bulunmaktadır.



Şekil 3.5: Blower Yapısı

### 3.1.9. Çamur Yoğunlaştırma Bölümü

Son çöktürme havuzlarından gelen fazla çamurun geldiği ilk arıtma üniteleridir. Toplamda 7 adettir. Bu ünitelerde poli kimyasalı kullanılarak çamurun katı madde oranının %6 olması sağlanmaktadır. Burdan çıkan çamurlar karıştırma tankına gönderilmektedir. Karıştırma tankında ön çöktürme havuzlarında çöken birincil çamur ile karıştırılmaktadırlar. Karıştırma tankından sonra çamur çürütücülere gönderilmektedir.

### 3.1.10. Çamur Çürütme Bölümü

Çamur çürütücüler 6 adettir. Çürütücüler 37<sup>0</sup>C'de ve anaerobik ortamlardır. Burda asetojenik ve metanojenik olmak üzere 2 tip bakteri grubu vardır. İlk etapta asetojenik bakteriler karıştırma tankından gelen numuneler ile reaksiyona girerek asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit gibi

asit çeşitleri üretirler. Sonrasında üretilen bu asit çeşitlerinden metanojenik bakteriler  $CH_4$ ,  $CO_2$  gazları oluşturmaktadır. Çürütücülerin iç sıcaklığı ve pH değeri bakterilerin devamlılığı için önemlidir.



Şekil 3.6: Çamur Çürütme Bölümü

### 3.1.11. Çamur Susuzlaştırma Bölümü

Çürütme işleminde sonra çamur, çürütülmüş depo tankına gönderilir. Bu tanktan çamur susuzlaştırma ünitelerine pompalanır. Tesisin çamur susuzlaştırma ekipmanları santrifüj tiptedir. Yoğunlaştırma ünitesinden %6 katı madde oranına sahip olarak çıkan çamurun çürütücülerde gazlaşma dolayısı ile katı madde oranı %4 civarına kadar düşebilmektedir. Susuzlaştırma ünitesinde ise katı madde oranı tekrar %25'e çıkarılmaktadır.

### 3.1.12. Çamur Kurutma Bölümü

Çürütme ünitesinden sonra çamur, kurutma bölümüne gönderilmektedir. Çamur kurutucular 6 adettir. Bu ünite içinde kızgın yağ bulunan bölme vardır. Çürütmeden gelen çamur, kurutucularda bu bölmeler ile endirekt temas sayesinde suyunu kaybetmektedir. Suyu uzaklaştırılmış olan çamur %90 ve üzeri katı madde içeriğine sahip olmaktadır.



Şekil 3.7: Çamur Kurutma Bölümü

### 3.1.13. Koku Giderme Ünitesi

Atıksu arıtma ünitelerinde koku başlı başına bir problemdir. Tesiste bu sebeple ozon ile koku giderimi ve biyofiltre ile koku giderimi yapılmaktadır. Ozonlama sistemi giriş ve ön arıtmalarda, biyofiltre sistemi çamur üniteleri için inşa edilmiştir. Amaç kirli havayı fanlar ile çekmektir. Kirli hava, bu ünitelerde arıtılmaktadır.



Şekil 3.8: Biyofiltre

### 3.1.14. Laboratuvar

Laboratuvar, yemekhane ve idari bina ortak olarak yapılmıştır. Laboratuvarda, işletmenin düzenli bir şekilde işletilmesi, kontrolü ve giriş - çıkış suyu limitlerinin kontrolü amacı ile arıtma tesisinde işletmenin ve idarenin belirlediği noktalardan Askıda katı madde(AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı(KOI), toplam fosfor(TP), ağır metal tayini gibi çeşitli analizler

yapılmaktadır. Laboratuvar haftanın 7 günü çalışmakta ve analizler aksamadan devam etmektedir. ICP-OES, TOC, Otoklav gibi son teknolojik cihazlara sahiptir.



Şekil 3.9: Laboratuvardan kesitler

Tesiste tesis şefi, arıtma kademelerinden sorumlu mühendisler, bakım-onarım bölümü çalışanları, elektrik bölümü çalışanları, tesisat bölümü çalışanları, laboratuvar çalışanları, idari bina çalışanları bulunmaktadır. Her iş alanında olabileceği gibi çalışma yapılan tesiste de çalışanlar ve iş açısından sağlıksız ve tehlikeli durumlar vardır. Çalışma yapılan tesiste de çok fazla risk faktörü bulunmaktadır.

### 3.2. ÇALIŞMA PLANI

Risk değerlendirme çalışmalarına başlamadan önce, çalışmaya yön vermek ve daha düzenli bir şekilde devam etmek için öncelikle şekil 3.10' da yer aldığı gibi bir çalışma planı oluşturulmuştur.



Şekil 3.10: Çalışma Aşamaları Planı.

Çalışmaya tesis ile ilgili bütün bölümlerde tek tek gözlem yapılarak başlanmıştır. Çalışanlar ve

tesis genel olarak izlenmiştir. Mesai zamanları içinde çalışma alanlarında tehlike oluşturabilecek durumlar tespit edilmiştir ve ilgili notlar alınmıştır. Tehlike oluşturabilecek herhangi bir çalışma şekli olup olmadığı, İSG ile ilgili koruyucu tedbirlerin alınıp alınmadığı, ilgili ekipman ve malzemenin uygun bir şekilde temin edilip edilmemesi ile ilgili personelden bilgi alınmıştır.

### 3.3. TESİSTE ÖLÇÜMÜ YAPILAN PARAMETRELER

Çalışmada partikül sayımı, gürültü ölçümü, sıcaklık-nem ve havadan bakteri ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktalarına karar vermek için çalışanların daha çok hangi ünitelerde çalıştığı ve arıza çıkma ihtimali yüksek olan bölümler izlenmiştir. Ölçüm noktası olarak tesiste diğer bölümlere göre daha çok önem arz eden ızgara binası, havalandırma havuzu, biyo-fosfor havuzu, çamur binası ve laboratuvar seçilmiştir.

#### 3.3.1. Partikül Madde, Sıcaklık ve Nem Ölçümü

PM ölçümü için Handheld 3016 Lighthouse worldwide Partikül Sayıcı Cihazı kullanılmıştır. Cihaz ISO 21501-4 (Parçacık büyüklüğü dağılımının belirlenmesi - Tek parçacık ışık etkileşimi) metodunu referans almaktadır. Cihaz PM ölçümü ile beraber aynı zamanda sıcaklık ve nem ölçümü de yapmaktadır. Cihaz m<sup>3</sup> havada 0,3-10µ boyut aralığında partikül sayısını ölçmektedir. Ölçümler tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.11’de PM Sayıcı Cihaz yer almaktadır.



Şekil 3.11: Partikül Madde Ölçüm Cihazı

### 3.3.2. Bakteri Ölçümü

Atıksu arıtma tesislerinde en önemli risk faktörlerinden bir tanesi de bakterilerdir. Atıksular, birçok bakteri, mikroorganizma, kimyasal ve toksik madde içermektedir. Atıksuların içerdiği bu bakterilerin havada olup olmadığı ve ne oranda bulunduğunu saptamak amacıyla ölçümler yapılmıştır.

Çalışmada, mezofilik bakteri (*Bacillus, micrococcus* vb.), mantar ve fekal koliform ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Havadan bakteri ölçümü için örnekleyici olarak Air sampler SAMPL'AIR™ havadan bakteri örnekleme cihazı kullanılmıştır. Cihazın başlık kısmı açılıp agarlı petri kapları içine yerleştirilmiştir. Daha sonra başlık yerine takılıp Mezofilik bakteri için 333 L, Mantar ve fekal koliform bakterileri için 500 L hava örneklenmiştir. Mezofilik bakteri analizi için Nutrient Agar No2, mantar analizi için Czapek Dox Agar ve fekal koliform için m-FC Agar kullanılmıştır. Mezofilik bakterilerin analizi için petriler, örneklemeden sonra 37°C'de 24 saat boyunca inkübatörde bekletilmiştir. Mantarların analizi için petriler, örneklemeden sonra 25°C'de 72 saat boyunca inkübatörde kalmıştır. Fekal koliform bakteri analizi için petriler, örneklemeden sonra 44°C'de 24 saat boyunca inkübatörde bekletilmiştir.



Şekil 3.12: Hava Örnekleyici Cihaz

### 3.3.3. Gürültü Ölçümü

Gürültü ölçümü için SVANTEK 971 gürültü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz, Type 1: IEC 61672-1:2002 (Elektroakustik - Ses seviyesi ölçerler) standardına göre ölçüm yapmaktadır. Gürültü ölçümü, ızgara binası, havalandırma havuzu, biyo-p havuzu, çamur kurutma binası ve

blower ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.11’de gürültü ölçüm cihazı ve hava örnekleyci ile PM ölçüm cihazı bulunmaktadır.



Şekil 3.13:Gürültü Ölçüm Cihazı

### 3.4. RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Risk değerlendirme yöntemi olarak nispeten diğer metotlara göre kullanım kolaylığı ve hızlı çalışma yapılabilmesi sebebi ile L tipi(5\*5) matris yöntemi seçilmiştir. Bu metot, sonucu sıkıntılara yol açabilecek herhangi bir olayın olma olasılığı ve gerçekleşmesi durumundaki zararların değerlendirilip sonuca bağlanması için kullanılan bir çeşittir. Çalışma neticesinde tesiste herbir ünite de tespit edilen risk faktörleri aşağıda yer alan Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’ye göre değerlendirilmiş olup Tablo 3,3’e göre risk skoru hesaplanmıştır. Hesaplanan risk skorunun Tablo 3.4’e göre hangi derecede olduğu saptanmış olup risklerin önem dereceleri belirlenmiştir.

Tablo 3.1: L Tipi Matris Olasılık Tablosu.

Olasılık	Derecelendirme
Çok Küçük (1)	Hemen Hemen Hiç
Küçük (2)	Çok az (yılda 1)
Orta (3)	Az (yılda birkaç kez)
Yüksek (4)	Sıklıkla (ayda 1)
Çok Yüksek(5)	Çok sıklıkla (haftada 1, hergün)

**Tablo 3.2:** L Tipi Matris Şiddet Tablosu.

Şiddet	Derecelendirme
Çok Hafif (1)	İş saati kaybı yok, hemen giderilen
Hafif (2)	İş gücü kaybı yok, ayakta tedavi
Orta (3)	Hafif yaralanma
Ciddi(4)	Ciddi yaralanma, uzun süre tedavi
Çok Ciddi(5)	Ölüm, sürekli işgörmezlik

**Tablo 3.3:** L Tipi Matris Risk Skoru Değerlendirme Matrisi.

RİSK SKORU	ŞİDDET				
	1(Çok Hafif)	2 (Hafif)	3(Orta Derece)	4 (Ciddi)	5(Çok Ciddi)
İHTİMAL	1(Çok Hafif)	2 (Hafif)	3(Orta Derece)	4 (Ciddi)	5(Çok Ciddi)
Çok Küçük(1)	Anlamsız 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
Küçük (2)	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
Orta (3)	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
Yüksek(4)	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek16	Yüksek 20
Çok Yüksek (5)	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25

**Tablo 3.4:** L Tipi Matris Sonuç Tablosu.

SONUCUN KABUL EDİLEBİLİRLİK DEĞERLERİ	SONUÇ
Kabul Edilemez Riskler (25)	Yapılan iş acil bir şekilde sonlandırılmalıdır. Risk kabul edilebilir seviyeye gelebilecek ise gerekli önlemler alınmalı, eğer risk hiçbir şekilde düşürülemiyorsa işe tamamen son verilip, engellenmelidir.
Önemli Riskler ( 15, 16, 20)	Risk düşürülene kadar iş durdurulmalı ve beklenmelidir. Gerekli önlemler alınmalı ve sonucunda işin devamlılığı ile ilgili karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler ( 8, 9, 10, 12)	Risklerin azaltılması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.
Katlanılabilir Riskler ( 2, 3, 4, 5, 6)	Riskler tamamen ortadan kaldırılmasa da sürekli bir şekilde kontrolleri sağlanmalıdır.
Önemsiz Riskler ( 1 )	Risklerin önlenmesi adına ek bir prosese ve yapılacak olan çalışma kayıtlarını arşivleme zorunluluğu olmayabilir.



## 4. BULGULAR

### 4.1. TESIS ÖLÇÜM SONUÇLARI

Tesiste; bakteri ölçümü, partikül ölçümü, gürültü ölçümü, sıcaklık ve nem ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler için ızgara binası, çamur binası, havalandırma havuzu, biyo-p havuzu, blower yapısı ve laboratuvar seçilmiştir. Ölçüm yapılacak noktaların seçiminde, iş gereği personelin daha çok vakit geçirdiği ve genel olarak daha riskli olduğu öngörülen yerlerde karar verilmiştir.

#### 4.1.1. Bakteri Sayısı Ölçüm Sonuçları

Mezofilik bakteri, mantar ve fekal bakteri olmak üzere 3 tip bakteri çeşidi örneklenmiştir ve spesifik agar içeren petripler örnekleme sonrası farklı sıcaklık ve sürelerde inkübasyona tabi tutularak analiz tamamlanmıştır. Mezofilik bakteri, havada bulunan çoğu bakterinin kaynağıdır.

Bakterilerin 10 µm'den düşük boyutta olanları insan sağlığına en tehlikeli olanlardır. 0,4-2,0 µm boyutta olanları cocoid, 4-20,0 µm boyutta olanları da bacil bakteri olarak adlandırılmaktadırlar. Mantar boyutlarını ise Aghlara (2017) çalışmasında 1-100 µm olarak ifade etmiştir.

Bakteri ölçüm sonuçları aşağıdaki Tablo 4.1'de görülmektedir. Mezofilik bakteri genel olarak tüm alanlarda varsa da daha çok ızgara binası, çamur binası ve havalandırma havuzunda oldukça çok görüldü. Mezofilik bakteri, içeriğinde Micrococcus, Bacillus, Streptococcus gibi çok çeşitli türler barındırmaktadır. Bakterilerin ve mantarların çok olması patojen, enfeksiyon ya da toksik etki gibi sonuçlara neden olabilmektedir. Tabloya göre Fekal koliform bakterisi kış aylarında gözlemlenmez iken yazın var olduğu bulunmuştur. Kışın havada bulunamayan fekal koliform numunesi atıksu numunesinde yapılan örneklemede yüksek miktarda bulunmuştur.

**Tablo 4.1:** Bakteri Ölçüm Sonuçları.

Şubat 2019	Mezofilik Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Fekal Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Mantar kob/m <sup>3</sup>	Sıcaklık	Nem
Izgara Binası	540	0	84	9,1	81,0
Biyo-P Havuzu	72	0	22	8,5	75,7
Havalandırma Havuzu	234	0	38	9,9	79,8
Çamur Binası	186	0	18	11,6	63,8

**Tablo 4.1(devam): Bakteri Ölçüm Sonuçları.**

Laboratuvar	150	0	20	21,4	41,75
Mart 2019	Mezofilik Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Fekal Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Mantar kob/m <sup>3</sup>	Sıcaklık <sup>0</sup> C	Nem%
Izgara Binası	601	0	140	14,4	69,6
Biyo-P Havuzu	54	0	82	14,3	71,5
Havalandırma Havuzu	153	0	84	14,4	73,2
Çamur Binası	414	0	112	15	41
Laboratuvar	93	0	19	21,9	40,5
Nisan 2019	Mezofilik Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Fekal Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Mantar kob/m <sup>3</sup>	Sıcaklık <sup>0</sup> C	Nem%
Izgara Binası	571	0	120	14	68,8
Biyo-P Havuzu	96	0	84	13,8	84
Havalandırma Havuzu	360	0	75	11,4	57,5
Çamur Binası	420	0	87	15,03	40,4
Laboratuvar	87	0	10	21,7	42,5
Haziran 2019	Mezofilik Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Fekal Bakteri kob/m <sup>3</sup>	Mantar kob/m <sup>3</sup>	Sıcaklık <sup>0</sup> C	Nem%
Izgara Binası	678	48	144	24,2	71,8
Biyo-P Havuzu	111	36	92	28,6	77,8
Havalandırma Havuzu	474	76	118	28,9	72,1
Çamur Binası	564	42	156	31,4	55,5

Şekil 4.1 'de Analizleri sonlanmış sayım aşamasında olan petriler yer almaktadır.



a)

b)

c)

**Şekil 4.1:** Bakteri Çalışmaları a)Mezofilik Bakteri, b)Fekal Kol. Bakteri, c)Mantar.

#### 4.1.2. Partikül Madde, Sıcaklık ve Nem Ölçüm Sonuçları

Partikül maddeler(PM), EPA'nın sınıflandırmasına göre çapı 0,1 µm'den küçük partiküller çok ince, 0,1 µm - 2,5 µm (2,5 µm dahil) arasındaki partiküller ince partiküller 2,5 µm - 10 µm

arasındaki partiküller kaba ve 10  $\mu\text{m}$ 'den büyük partiküller ise çok kaba partiküller olarak isimlendirilmektedir. Partikül maddeler  $\text{mg}/\text{m}^3$  ya da  $\text{adet}/\text{m}^3$  olarak belirtilmektedir. PM, boyutlarına göre etki şekilleri de farklıdır. Çok ince PM alveollere kadar geçip burda tepkimeye geçebilmektedir. Partikül maddeler içerik olarak metal, organik bileşik, iyon, gaz, partiküler karbon, virüs gibi çok çeşitlidir. Partikül maddelerin bu sebeplerle sağlık için tam olarak etkisinin ne olacağı boyutuna, içeriğine ve sayısına bağlıdır.

Aghlara (2017) İç Ve Dış Ortamlarda Biyoaerosol Seviyeleri Ve Kaynaklarının Tespiti konulu doktora tezinde yapmış olduğu çalışmalar sonucunda Partikül maddelerin, mantarların ve ortam neminin doğru orantılı olduğunu bulmuştur.

Partikül madde ölçümü için Handheld 3016 Lighthouse worldwide Partikül Sayıcı Cihazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm aralığı 0,3-10 $\mu\text{m}$ 'dur. Partikül ölçüm sonuçları Tablo 4.2'de yer almaktadır. Özellikle çamur binasında partikül büyük bir sorundur. Şubat ayında çamur binasında bir ölçüm silobastan sonra yapılmıştır ve çok yüksek çıkmıştır. Bu ünite de çalışanlar ciddi sağlık tehlikeleri ile karşı karşıyadır. Partiküller soluma ile bulaşabileceği gibi deriye, saça tutunarak ta bulaşmaktadırlar. Sonuç olarak ise istenmeyen sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır. Partikül ölçümleri nem ve sıcaklıktan etkilenmektedirler.

Şekil 4.2'de atıkların ızgaralardan döküldüğü konteynır noktasında alınan bir ölçüm görülmektedir.



**Şekil 4.2:** Partikül Ölçümü.

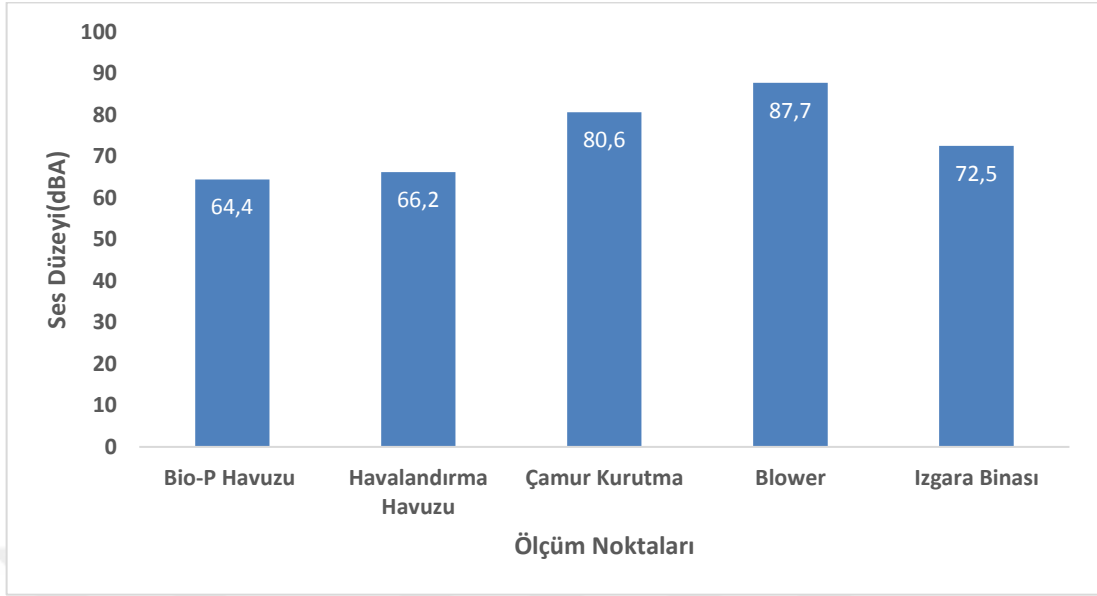
**Tablo 4.2:** Partikül Ölçüm Sonuçları.

Dönem/Numune Noktası	Partikül/m <sup>3</sup> hava						°C	%
	0,3 µ	0,5 µ	1,0 µ	3,0 µ	5,0 µ	10,0 µ	Sıcaklık	Nem
<b>Şubat Ayı</b>								
Izgara Binası	943054	133701	18712	1644	373	23	9,1	81,0
Biyo-P Havuzu	912548	112798	13903	1024	256	13	8,5	75,7
Havalandırma Havuzu	1024311	128040	15537	1210	376	11	9,9	79,8
Çamur Binası	1023517	165759	35541	2198	733	118	11,6	63,8
Laboratuvar	638104	76093	13888	1463	291	3	21,4	41,75
Çamur Binasında Silobas'tan Sonra Yapılan Ölçüm	933758	118646	18367	6413	4489	309	9,9	73,8
<b>Mart Ayı</b>								
Izgara Binası	908076	120059	11500	786	189	11	14,4	69,6
Biyo-P Havuzu	968837	129192	11288	833	234	17	14,3	71,5
Havalandırma Havuzu	907820	90702	9093	808	211	13	14,4	73,2
Çamur Binası	941168	368009	102901	1588	534	42	15	41
Laboratuvar	623353	74263	12751	1234	266	5	21,9	40,5
<b>Nisan Ayı</b>								
Izgara Binası	986709	139804	13630	1101	317	13	14	68,8
Biyo-P Havuzu	967854	130950	12362	1127	272	10	13,8	84
Havalandırma Havuzu	79972	6965	2706	409	127	17	11,4	57,5
Çamur Binası	980125	357699	96656	2841	763	37	15,03	40,4

#### 4.1.3. Gürültü Ölçüm Sonuçları

Tesiste ölçümü yapılan diğer parametre de gürültüdür. Çalışanların maruz kaldıkları gürültünün tespiti amaçlı yapılan gürültü parametresi ölçüm sonuçları Şekil 4.3'te yer almaktadır. Gürültüye uzun süre maruz kalmak zamanla işitme kaybı başta olmak üzere baş ağrısı, uykusuzluk, asabiyet, psikolojik rahatsızlıklar, kalp atışında hızlanma gibi sağlık problemlerine yol açmaktadır.

Tesiste gürültü analizi ölçüm sonuçlarına göre gürültünün en fazla olduğu noktalar blower ünitesi ve çamur binasıdır.



**Şekil 4.3:** Gürültü Ölçüm Sonuçları.

Ölçüm sonuçlarında blower binasının gürültüsünün ‘*Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik*’ te yer alan günlük en yüksek maruziyet eylem değeri olan (LEX, 8saat = 85 dB(A)) üstünde olduğu bulunmuştur.

## 4.2. ARITMA TESİSİ RİSK FAKTÖRLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ

Tesiste çalışma, arıtma kademelerinin ayrı ayrı ele alınıp risk analizinin gerçekleşmesi şeklinde uygulanmıştır.

### 4.2.1. Kaba ve İnce Izgaralar

Izgaraların düzenli bir şekilde periyodik olarak temizlenmesi, ekipmanların bakım ve arızaları sırasında çalışanlar birçok tehlike ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Çalışma sırasında atıklardan sıçrayabilecek su, kapalı kalması halinde birikmiş gaz, elektriksel tehlike, cihazların yüksek gürültü yapması vb. tehlikeler mevcuttur. Tablo 4.3’te ızgara binası için risk skorları hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucunda en önemli riskin bakım/onarım sırasında yaralanma olduğu bulundu. Bakım/onarım sırasında hafif yaralanmanın olabileceği gibi uzuv kopması, iş görememe, bilinç kaybı gibi hayati önem taşıyan sonuçlar da meydana gelebilmektedir. Atıksu arıtma işi olduğu için su sıçramasından, dikkatsiz davranılmasından, havadan bile bakteri bulaşabilir ve sonucunda istenmeyen hastalıklara hatta ölüme sebep verebilir. Bir diğer önemli problem ise kötü kokuya maruz kalmaktır. Uzun süre kötü kokuya maruz kalmak yaşam

kalitesini düşürmekte ve daha da ileriki boyutlarında kokuya karşı hissizleşme ve psikolojik problemler olarak çalışanlara problem olabilir.

**Tablo 4.3:** Kaba ve İnce Izgara Risk Değerlendirme Matrisi.

Kaba ve İnce Izgaralar	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Gaz Soluma, Zehirlenme	2	3	6
Bakteri Bulaşması Sonucu Hastalık	4	3	12
Islak Zemin Dolayısı ile Kayma,Düşme	4	2	8
Gürültü	3	2	6
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	5	3	15
Kötü Koku	5	2	10

#### 4.2.2. Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu

Izgaralardan sonra atıksuyun geldiği ünitedir. Atıksuda bulunan ve ızgaralarda tutunamayan kum ve yağ gibi maddelerin sudan arıtımının sağlanması için inşa edilmişlerdir. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu ünitesinin sıçramalara, bakterilerin ve kokunun havaya yayılma ihtimaline önlem olarak üzeri kapatılmıştır. Tablo 4.4'te Havalandırmalı kum ve yağ tutucu ünitesi risk skoru hesaplanmıştır. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu ünitesinde 1. derece risk olarak merdiven ya da zemin dolayısı ile düşme bulunmuştur. Merdivenlerin dar olması, zeminin ıslak olması ya da mazgalların açık kalması sebebi ile sonu ciddi problemlere yol açabilecek düşme riski gözlemlenmiş ve analiz neticesinde sonuçlandırılmıştır.

**Tablo 4.4:** Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu Risk Değerlendirme Matrisi.

Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Bakteri Bulaşması Sonucu Hastalık	3	3	9
Merdivenlerden ve Zemin Dolayısı ile Düşme	5	3	15
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12

#### 4.2.3. Ön Çöktürme Havuzları

Ön çöktürme havuzları belli bir miktar katı maddenin çökmesi ile arıtıldığı ünitelerdir. Ön çöktürme ünitelerinde merdivenlerin, korkulukların sağlamlığı önemlidir. Bakım sırasında yaralanma, havuza düşme, elektriksel tehlike, bakteri dolayısıyla bulaşabilecek hastalık türleri tehlikesi bulunmaktadır. Ön Çöktürme Havuzları Risk skorları Tablo 4.5'te hesaplanmıştır.

**Tablo 4.5:** Ön Çöktürme Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi.

Ön Çöktürme Havuzları	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Bakteri Bulaşması Sonucu Hastalık	4	3	12
Merdivenlerden Düşme, Havuza Düşme	4	3	12
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12

#### 4.2.4. Biyo-fosfor Havuzları

Biyo-fosfor havuzları bakterisel faaliyetlerin gerçekleşmeye başladığı bir anaerobik havuzdur. Tablo 4.6'da biyo-fosfor havuzları için hesaplanan risk skoru yer almaktadır. Biyo-fosfor havuzlarında en önemli risk bakteri bulaşması sonucu hastalık, sonrasında ise düşme ve yaralanma olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.6:** Biyo-fosfor Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi.

Biyo-fosfor Havuzları	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Bakteri Bulaşması Sonucu Hastalık	5	3	15
Merdivenlerden Düşme, Havuza Düşme	4	3	12
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12

#### 4.2. 5. Havalandırma Havuzları

Biyo-fosfor havuzlarından sonra atıksu nitrifikasyon ve denitrifikasyon proseslerinin gerçekleştiği havalandırma havuzlarına gelir. Bu havuzlarda difüzörler ile suya O<sub>2</sub> verilmektedir. Havalandırma havuzlarında da diğer arıtma kademelerinde olduğu gibi İSG açısından risk faktörleri bulunmaktadır. Tesisin atıksu tesisi olması dolayısı ile çoğu ünite de olduğu gibi havalandırma havuzlarında da Tablo 4.7'ye göre en önemli risk bakteri bulaşması, merdivenlerden düşme, havuza düşme düşme ve ardından bakım/onarım sırasında yaralanma gelmektedir.

**Tablo 4.7:** Havalandırma Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi.

Havalandırma Havuzları	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Bakteri Bulaşması Sonucu Hastalık	5	3	15
Merdivenlerden Düşme, Havuza Düşme	5	3	15
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12



#### 4.2.6. Son Çöktürme Havuzları

Havalandırma havuzlarından çıkan ve karbon, azot ve fosfor kirliliğinden arındırılmış olan atıksuyun geldiği ve graviteli çökme ile burada atıksuyun aktif çamurdan arındığı bölümdür. Son Çöktürme havuzları risk skorları Tablo 4.8’de hesaplanmıştır.

**Tablo 4.8:** Son Çöktürme Havuzları Risk Değerlendirme Matrisi.

Son Çöktürme Havuzları	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Bakteri Bulaşması Sonucu Hastalık	5	3	15
Merdivenlerden Düşme, Havuza Düşme, Savak Temizliği Esnasında Düşme	5	3	15
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12

#### 4.2.7. Blower Ünitesi

Havalandırma havuzlarına organik maddelerin oksitlenebilmeleri için hava verilmesini sağlayan ünedir. Blower ünitesinde gürültü en önemli risktir. İşitme kayıpları ve psikolojik rahatsızların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Blower ünitesinde diğer bir risk faktörü ise yaralanmadır. Risk skor sonuçlarını gösteren tablo, Tablo 4.9’da verilmiştir.

**Tablo 4.9:** Blower Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi.

Blower Ünitesi	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Gürültü Maruziyeti	5	3	15
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12

#### 4.2.8. Çamur Yoğunlaştırma Bölümü

Son çöktürme havuzlarında çöken çamur, çamur yoğunlaştırma dekantörlerine gelir. Çamur yoğunlaştırma bölümünde bakım/onarım esnasında yaralanmalar olabilmektedir. Ayrıca kimyasal ile temastan korunmak gereklidir. Çamur Yoğunlaştırma bölümü matrisi tablo 4.10' ye göre bu ünite en önemli risk faktörünün numune alma esnasında numune sıçraması, bakım/onarım sırasında yaralanma ve gürültü olduğu bulunmuştur. Tedbir alınmadığı takdirde uzun süre ve yüksek desibelde gürültüye maruz kalmak ciddi problemlere yol açmaktadır. İş emniyeti sağlanmadan ve dikkatsiz bir şekilde çalışmak uzuv kaybına kadar ciddi yaralanmalara sebep olabilmektedir. Yoğunlaştırma ünitesi numunesi, çalışan ile temas ettiğinde ciltte tahribat, bulaşıcı hastalığa yakalanma gibi önemli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir.

**Tablo 4.10:** Çamur Yoğunlaştırma Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi.

Çamur Yoğunlaştırma Ünitesi	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Gürültü Maruziyeti	4	3	12
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12
Kimyasal ile Temas	4	2	8
Kaygan Zemin Dolayısı ile Düşme	5	2	10
Numune Alma Esnasında Numune Sıçraması	5	3	15
Kötü Kokuya Maruz Kalma	5	2	10

#### 4.2.9. Çamur Çürütme Bölümü

Yoğunlaştırma ünitesinden çıkan çamur anaerobik bir ortam olan çamur çürütücülere gelir. Çürütme bölümünde çalışanlar; kaygan zemin, yaralanmalar, fazla sıcak olması, kötü koku ve gürültü gibi risklerle karşı karşıyadır. Yapılan analiz sonucunda en önemli risk faktörünün numune ile temas olduğu bulundu. Numune ile çalışan temas halinde olması ciddi sağlık

problemlerini de beraberinde getirmektedir. Tablo 4.11’de çürütme ünitesi risk skorları hesaplanmıştır.

**Tablo 4.11:** Çamur Çürütme Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi.

Çamur Çürütme Ünitesi	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Gürültü Maruziyeti	4	3	12
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12
Islak Zemin Dolayısı ile Düşme	4	2	8
Gürültü Maruziyeti	4	2	8
Numune Alma Esnasında Numune Sıçraması	5	3	15
Kötü Kokuya Maruz Kalma	5	2	10

#### 4.2.10. Çamur Susuzlaştırma Bölümü

Çürütme ünitesinden sonra numunenin katılık yüzdesini artırmak amacıyla gönderildiği bölümdür. Bu bölümde yoğunlaştırma ünitesinde olduğu gibi kimyasal malzeme kullanılmaktadır. Susuzlaştırma ünitesine ait en önemli risk faktörünün Tablo 4.12’ye göre gürültü ve bakım/onarım sırasında yaralanma olduğu bulunmuştur. Gürültü önemli işitme kayıplarına yol açarken bakım/onarım esnasında yaralanma da çok önemli işlev kayıplarına, uzuv kayıplarına neden olabilmektedir.

**Tablo 4.12:** Çamur Susuzlaştırma Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi.

Çamur Susuzlaştırma Ünitesi	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Gürültü Maruziyeti	4	3	12
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12
Kimyasal ile Temas	4	2	8
Kaygan Zemin Dolayısı ile Düşme	5	2	10
Kötü Kokuya Maruz Kalma	5	2	10

#### 4.2.11. Çamur Kurutma Bölüm

Numunenin en son kurutma işlemi için gönderildiği bölümdür. Kurutma kızgın yağ ile gerçekleşmektedir. Bu bölümde de çalışanlar çeşitli tehlikeler ile karşı karşıyadır. Yaralanma, yanma, toz-partikül, gürültü vb. riskler söz konusudur. Bu ünite de en fazla risk Tablo 4.13'e göre partikül solumadır. Partikül soluma sonucu önemli hastalıklar söz konusudur. Sonrasında gürültü, yaralanma ve zemin dolayısı ile düşme gelmektedir. Kurutma bölümünde bakım onarım sırasında yanma da önemli bir risk faktörüdür.

**Tablo 4.13:** Çamur Kurutma Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi.

Çamur Kurutma Ünitesi	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Gürültü Maruziyeti	4	3	12
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	4	3	12
Bakım-Onarım Sırasında Yanma	2	4	8
Kaygan Zemin Dolayısı ile Düşme	5	2	10

**Tablo 4.13(devam):** Çamur Kurutma Ünitesi Risk Değerlendirme Matrisi

<b>Toz-Partikül Soluma, Hastalık</b>	5	4	20
<b>Kötü Kokuya Maruz Kalma</b>	5	2	10

#### 4.2.12. Geri Devir

Atıksuların son arıtma ünitesi olan son çöktürme havuzlarından biyofosfor ünitelerine fazla çamurun pompalanması amacı ile çalışmaktadır. Geri Devir istasyonlarında da çalışanlar açısından çeşitli tehlikeler mevcuttur. Geri devir ünitesinde merdivenlerin dar olması, mazgalların açık bırakılması sonucu düşmek önemli tehlike arz etmektedir. Bir diğer önemli risk faktörü ise gerek numune alımında, gerekse bir çalışma yapılması durumunda mazgallardan yukarı doğru atıksu sıçramasıdır. Atıksu içeriğinde bir sürü bakteri ve patojen yer aldığı için amipli dizanteri gibi çeşitli ve tehlikeli hastalıklara sebep olabilmektedir. Tablo 4.14'te geri devir ünitesi risk skorları hesaplanmıştır.

**Tablo 4.14:** Geri Devir İstasyonu Risk Değerlendirme Matrisi.

<b>Geri Devir İstasyonu</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Şiddet</b>	<b>Risk Skoru</b>
<b>Elektrik Çarpması/Yangın</b>	1	4	4
<b>Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma</b>	4	3	12
<b>Merdivenden Düşme, açık bırakılan mazgaldan düşme</b>	5	3	15
<b>Atıksu sıçraması sonucu hastalık</b>	5	3	15

#### 4.2.13. Laboratuvar ve İdari Bina

Laboratuvar, yemekhane ve idari bina ortak olarak inşa edilmiştir. Laboratuvarda çeşitli fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmektedir. Dolayısı ile kimyasal soluma, zehirlenme, deri yolu ile temas vb. tehlikeler oluşabilmektedir. En önemli risk olarak çalışma esnasında atıksu sıçraması olduğu bulunmuştur. Kimyasal soluma ya da kimyasal ile temas

etmek, uzun süre ayakta kalmak laboratuvar için diğer önemli derecede risk faktörlerini oluşturmaktadır.

Yemekhaneye personelin iş kıyafeti ile gelmesi, ellerin yıkanmaması ve yemekhanenin düzenli bir şekilde temizlenmemesi sonucu hijyen kaybolabilir ve çeşitli hastalıklar ortaya çıkabilir. Tablo 4.15’de laboratuvar ve idari binaya ait risk skorları hesaplanmıştır.

**Tablo 4.15:** Laboratuvar ve İdari Bina Risk Değerlendirme Matrisi.

Laboratuvar/ Yemekhane/İdari Bina	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru
Elektrik Çarpması/Yangın	1	4	4
Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma	3	3	9
Kimyasal Soluma, Kimyasal ile Temas	4	3	12
Atıksu sıçraması sonucu hastalık	5	3	15
Islak Zeminde Kayma, Düşme	4	2	8
Gürültü Maruziyeti	4	2	8
Yemekhanede Personel Dikkatsizliği	5	2	10

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma İstanbul'da bir ileri biyolojik bir atıksu arıtma tesisinde çalışan sağlığı açısından risk faktörleri incelenmiştir. çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma süresince literatür araştırmaları, sahada incelemeleri ve ölçümler yapılmıştır. Bakteri ölçümü, partikül ölçümü, sıcaklık ve nem ölçümü ile gürültü ölçümü yapılmıştır. Risk değerlendirme metodu olarak L tipi 5\*5 matris metodu uygulanmıştır. Yapılan ölçümler ve risk analizlerinin sonuçlarına göre tesiste öncelik sırasına göre riskler aşağıdaki gibi listelenmiştir.

- Toz – Partikül Ölçümü (Çamur bölümünde önem arz etmekte),
- Atıksu Sıçraması - Bakteri Bulaşması Sonucu Hastalık ,
- Merdivenlerden Düşme, Havuza Düşme, Savak Temizliği Esnasında Düşme,
- Bakım-Onarım Sırasında Yaralanma,
- Kimyasal Soluma, Kimyasal ile Temas,
- Islak Zeminde Kayma, Düşme,
- Gürültü Maruziyeti,
- Kötü Koku
- Yanma, Yangın,
- Gaz Soluma, Zehirlenme
- Yemekhanede Personel Dikkatsizliği,
- Elektrik Çarpması/Yangın,

Listelenen risk faktörleri çalışanların sağlığı açısından son derece önem teşkil etmektedir. Bu risklerin önlenmesi, düzeylerinin azaltılmasına dair gerekli önlemler alınmalıdır.

Tesisteki faaliyetlerin ve çalışanların gerekli kontrollerini yapmak ve takibini yapmak ile sorumlu İSG uzmanı ve işyeri hekimi mevcuttur. İşveren, İSG uzmanı, işyeri hekimi ve çalışan temsilcilerinden oluşan bir İSG ekibi yer almaktadır. Çalışanların periyodik sağlık taramaları yapılmaktadır. Tesiste saha genelinde uyarıcı, önleyici, koruyucu ikaz levhaları bulunmaktadır. Çalışanların çalışma alanına uygun iş kıyafetleri ve kişisel koruyucu ekipman(KKE) işveren tarafından dönemsel olarak ve ihtiyaç halinde karşılanmaktadır. Çalışanların iş kıyafetleri ile yemekhaneye girmeleri yasaklanmıştır.

Özellikle çamur kurutma binasında silobasa kuru ürün boşaltırken çok fazla toz, partikül etrafa saçılmaktadır. Bu durum son derece tehlikeli olan kötü koku solumaya ayrıca partiküllerin

solunum ve deri yoluyla vücuda alınmasına dolayısı ile zehirlenme, astım, alerjik reaksiyonlar gibi çeşitli hastalıklara yol açmaktadır. Bu konu ile ilgili işveren farklı bir prosedür izlemelidir.

Izgara binasında birikmiş gaz olması ihtimaline karşı gaz dedektörleri ile kontrol sağlanmakta ve maske ile çalışılmaktadır.

Gürültülü alanlarda özellikle blower ünitesinde çalışanlar kulaklık ile çalışmaktadır. Bununla ilgili olarak gürültülü alanlarda cihazların yerleşimi, son teknolojik olması, çok gürültülü cihazların yalıtımlı yerde olması gibi işveren çeşitli önlemler almalıdır.

Çamur binasında, ızgara binasında vb. alanlarda gerek kimyasal gerekse atıksu sebebi ile ıslanan yerlere dikkat edilmeli hemen müdahale edilip temizlenip, kurutulmalıdır.

Havalandırma havuzları, biyo- fosfor havuzları ve son çöktürme havuzlarının etrafındaki bazı korkuluklarda eksiklik ve deformasyon gözlemlenmiştir. Bu eksikliklerin ve yerinden oynayıp, kırılan korkulukların tamiri yapılmalıdır. Bu eksikliklerin giderilmesi gerekmektedir.

Tesiste herhangi bir bakım/onarım çalışmasında ya da analiz için numune alma aşamasında atıksu sıçraması olabilmektedir. İş kıyafetleri, eldiven, gözlük ve maske gibi ekipmanlar ile çalışılmalıdır. Atıksuda olduğu gibi ölçüm sonuçlarına göre havada da bakteri olduğu bulunmuştur. Bakterilerin ve mantarların çalışanlara havadan solunum, saç, kıyafet ya da cilt ile temas şeklinde insanlara bulaşması söz konusu olabilir. Bu bakteriler, içerik olarak patojen, virüs gibi sağlığa olumsuz yansıyacak sonuçlara neden olabilmekteler. Çalışanların iş kıyafetleri ve KKE ile çalışmalarına ve hijyene çok dikkat etmeleri gerekmektedir.

Laboratuvarda çalışma esnasında kimyasal sıçramasına karşın tedbirli olunmalı eldiven, gözlük, maske ve önlük ile çalışılmalıdır. Ayrıca çözeltiler çekerocek gibi hava emişi yapan yerlerde hazırlanmalıdır. Kimyasallar malzeme güvenlik bilgi formundaki (MSDS) güvenlik talimatlarına uygun bir şekilde çalışılmalı ve depolanmalıdır. Laboratuvarda depolama görevini İSG eğitimi almış olan personel üstlenmiş durumdadır.

Tesiste yeralan yukarıda yer verilen eksiklikler tamamlanmalıdır. Elektrik panoları ve kabloları sudan uzak ve su geçirmeyen panoların içinde muhafaza edilmelidir. Elektrik kabloları sık sık kontrol edilmeli, yıprananlar yenilenmelidir. Son olarak atıklar ayrı ve usulüne uygun bir şekilde toplanıp atık bertaraf tesislerine prosedüre uygun olarak iletilmektedir. |



## KAYNAKLAR

[Aghlara, E., 2017 İç Ve Dış Ortamlarda Biyoaerosol Seviyeleri Ve Kaynaklarının Tespiti, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi

Activated Sludge Process, <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana52/acti6.html>, Erişim Tarihi: 22.03.2019

Ambarlı İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi [http://www.suvecevre.com/yayin/588/ambarli-ileri-biyolojik-atiksu-aritma-tesisi\\_17346.html#.XO9qYBYzbIV](http://www.suvecevre.com/yayin/588/ambarli-ileri-biyolojik-atiksu-aritma-tesisi_17346.html#.XO9qYBYzbIV), 2014, Erişim Tarihi: 20.03.2019

Atıksu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediyeler, <http://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/atiksu-aritma-tesisi-ile-hizmet-verilen-belediyeler-i-85746>, Erişim Tarihi: 04.03.2019

Ayyıldız, G., 2017, Atıksu Arıtma Tesisinde Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Awwad, A., F., ve diğ. 2018, Risk Assessment and Control for Main Hazards in Reverse Osmosis Desalination Plants, *Industrial Engineering*. Vol. 2, No. 1, 2018, pp. 1-11

Babut G. B. Ve diğ. 2011, „Kinney-Type Methods”: Useful Or Harmful Tools In The Risk Assessment And Management Process?, *International Conference On Manufacturing Science And Education*, Sıbu-Romania,

[https://www.researchgate.net/profile/Roland\\_Moraru/publication/221691651\\_Kinney-type\\_methods\\_useful\\_or\\_harmful\\_tools\\_in\\_the\\_risk\\_assessment\\_and\\_management\\_process/links/02bfe5111262ccaf3f000000/Kinney-type-methods-useful-or-harmful-tools-in-the-risk-assessment-and-management-process](https://www.researchgate.net/profile/Roland_Moraru/publication/221691651_Kinney-type_methods_useful_or_harmful_tools_in_the_risk_assessment_and_management_process/links/02bfe5111262ccaf3f000000/Kinney-type-methods-useful-or-harmful-tools-in-the-risk-assessment-and-management-process), Erişim Tarihi: 14.02.2019

Birgören B., 2017, Fine Kinney Risk Analizi Yönteminde Risk Analizi Yönteminde Risk Faktörlerinin Hesaplama Zorlukları ve Çözüm Önerileri, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Erişim Tarihi: 23.03.2019

Carlson C., What is FMEA?, <https://accendoreliability.com/fmea-2/>, Erişim Tarihi: 05.03.2019

Ceylan H. ve Başhelvacı V. S., 2011, Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi: Bir Uygulama, <http://risktr.com/dokumanlar/Risk%20De%C4%9Ferlendirme%20Tablosu%20Y%C3%B6ntemi%20C4%B0le%20Risk%20Analizi.pdf>, Erişim Tarihi: 15.02.2019,

Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik,  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm>, Erişim Tarihi:05.06.2019

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2016, İş Sağlığı ve Güvenliğinin Değişen ve Gelişen Yüzü, <https://birim.ailevecalisma.gov.tr/media/4582/kitap05.pdf>, Erişim Tarihi: 20.03.2019

Çiçek Ö. ve Öçal M., 2016, Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi, HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi © Cilt: 5, Yıl: 5, Sayı: 11 ISSN: 2147-3668 , (<http://dergipark.gov.tr/download/article-file/263389>) Erişim Tarihi: 20.02.2019

Debik, E., 2013, Atıksu Arıtımında Tesis Tasarımı, <https://docplayer.biz.tr/5694142-Atıksu-aritiminda-tesis-tasarimi.html>, Erişim Tarihi: 20.06.2019

Dedeler H., 2008, Bir İşletmede İşyeri Fiziksel Risk Etmenlerinin Çalışanların Sağlığına Olan Etkisinin Saptanması ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Demir A., İş Sağlığı ve Güvenliği, [http://www.abdullahdemir.net/wp-content/uploads/2017/10/Is-Sagligi-ve-Guvenligi-Ilk-3-Hafta\\_2017.pdf](http://www.abdullahdemir.net/wp-content/uploads/2017/10/Is-Sagligi-ve-Guvenligi-Ilk-3-Hafta_2017.pdf), Erişim Tarihi: 14.02.2019

El-Quliti, S. ve diğ. 2016, Procedure for Hazard Identification and Risk Assessment in Wastewater Treatment Planting Saudi Arabia, International journal of scientific and technical research in engineering

Erginel N., Failure Mode and Effect Analysis (Hata Türü ve Etkileri Analizi), [http://endustri.eskisehir.edu.tr/nerginel/TKY302/icerik/9\\_FMEA.pdf](http://endustri.eskisehir.edu.tr/nerginel/TKY302/icerik/9_FMEA.pdf), Erişim Tarihi: 05.03.2019

Falakh, F. ve Setiani, O., 2018, Hazard Identification and Risk Assessment in Water Treatment Plant considering Environmental Health and Safety Practice, E3S Web of Conferences 31, 06011

Event Tree Analysis, <http://www.eventtreeanalysis.com/>, Erişim Tarihi: 24.02.2019

FMEA, <http://leansixsigmadefinition.com/glossary/fmea/>, Erişim Tarihi: 05.03.2019

Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effect Analysis), [http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/37802/38554/kal\\_iyile%C5%9F\\_13.hfta\\_\(fmea\).pdf](http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/37802/38554/kal_iyile%C5%9F_13.hfta_(fmea).pdf), Erişim Tarihi: 13.02.2019

How Does The Biological Wastewater Treatment Process Work?, <https://www.lakeside->

equipment.com/how-does-the-biological-wastewater-treatment-process-work/, Erişim Tarihi: 22.03.2019

İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121229-13.htm>, Erişim Tarihi: Erişim Tarihi: 03.03.2019

Jaremków, A. ve diğ. 2018, Harmful factors in wastewater treatment plant – knowledge and awareness of workers about hazards, <https://www.researchgate.net/publication/326112245> Erişim Tarihi: 26.03.2019

Job, Safety Analysis, <https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/job-haz.html>, Erişim Tarihi: 03.03.2019

Kaposztasova, D. ve diğ. 2014, Rainwater Harvesting, Risk Assessment and Utilization in Kosice- City, Slovakia, 16th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA 2014, Procedia Engineering 89 ( 2014 ) 1500 – 1506

Köse İ., Hava Kirliliği ve Partikü Maddeler, <https://www.academia.edu/26410236>

Kurt, M. ve Ceylan, H., 2001 “İş Güvenliğinde Tehlike Değerlendirme Teknikleri” Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, October, Vol:14, No:4, pp. 1117-1130

Malakahmad, A. ve diğ. 2012, Application of Occupational Health and Safety Management System at Sewage Treatment Plants, 2012 IEEE Business, Engineering & Industrial Applications Colloquium (BEIAC)

Orhan, G., 2016, Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Kimyasal ve Fiziksel Risk Faktörlerinin İncelenmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

Öbek, E. ve diğ. 2007, Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Sularının Helmintolojik Riskinin Araştırılması, Iudağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 12, Sayı 1, 2007

Özdemir, S., Gürültü İle Oluşan İşitme Kayıpları ve Alınacak Önlemler, <http://www.bilgin.net/GurultuSelcukOzdmr.htm>, Erişim Tarihi: 20.05.2019

Özkars, R., 2010, Sivas Atıksu Arıtma Tesisinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sisteminin Kurulması, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi

Özkılıç, Ö., 2007 “İş Sağlığı, Güvenliği ve Çevresel Etki Risk Değerlendirmesi”, Tisk Yayınları, Yayın No:540

Özmuşulu, B. ve Ulutaşdemir, N., 2012-2013-2014(3 yıllık çalışma), Gaziantep'te Merkez Atıksu Arıtma Tesisinde Üç Yıllık Risk Değerlendirmesi Analizi

Partikül Sayımı: Nereden, Ne Zaman ve Nasıl?, <https://www.klimik.org.tr/wp-content/uploads/2014/03/SERAP-G%C3%9CNER.pdf>, Erişim Tarihi: 23.05.2019

Ping, G. ve diğ. 2015, Safety Evaluation of Urban Large Scale Sewage Treatment Plant, The Open Civil Engineering Journal, 2015, 9, 906-912

Risk Analysis Methodologies, <http://nem.org.uk/risk.htm>, Erişim Tarihi: 20.02.2019

Risk Değerlendirmesi, <https://docplayer.biz.tr/39943075-Risk-degerlendirmesi.html>, 15.01.2019

Risk Yöntem Metodunu Seçmek, 2016, [http://w3.balikesir.edu.tr/~ekaraman/ISG\\_2017/ISG\\_2016\\_8.Hafta.pdf](http://w3.balikesir.edu.tr/~ekaraman/ISG_2017/ISG_2016_8.Hafta.pdf), Erişim Tarihi: 14.02.2019

Risk Değerlendirme, [http://www.isgk.sakarya.edu.tr/sites/isgk.sakarya.edu.tr/file/g\\_\\_Risk\\_Degerlendirmesi.pdf](http://www.isgk.sakarya.edu.tr/sites/isgk.sakarya.edu.tr/file/g__Risk_Degerlendirmesi.pdf), Erişim Tarihi: 14.02.2019

Risk Assessment, Water Research, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.11.027>. Erişim Tarihi:15.03.2019

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 04.03.2019

Ünlü, B., 2010, İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Çevre Projelerinin Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

What if Analysis, <http://www.cholarisk.com/services/process-safety/qra-hazop/what-if-analysis/>, Erişim Tarihi: 08.02.2019

What Is Wastewater Treatment?, <https://www.conserve-energy-future.com/process-of-wastewater-treatment.php>, Erişim Tarihi: 20.03.2019

Wastewater Chemical Treatment Processes, <https://www.thomasnet.com/articles/chemicals/wastewater-chemical-treatment>, Erişim Tarihi: 22.03.2019

Yang, K. ve diğ. 2018, Airborne Bacteria in a Wastewater Treatment Plant: Emission Characterization, Source Analysis and Health

Yerli, B., 2016, Zinde Eğitim Kurumu Risk Yönetimi, <https://slideplayer.biz.tr/slide/10369511/> Erişim Tarihi: 25.02.2019 |

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Kübra KABAKÇI
Doğum Yeri	Beyoğlu
Doğum Tarihi	07.01.1990
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	05334308699
E-Posta Adresi	kbrsahin@hotmail.com.tr
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Namık Kemal Üniversitesi
Fakülte	Çorlu Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Çevre Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	18.07.2012

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Çevre Mühendisliği

Makale ve Bildiriler	