

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İhsan SARI

**KAHRAMANMARAŞ (MERKEZ) EVSEL VE ENDÜSTRİYEL
ATIKSULARININ TOPLANIP UYGUN BİR ARITMA YÖNTEMİ
SEÇİLEREK ARITILMASI**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2005

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ (MERKEZ) EVSEL VE ENDÜSTRİYEL
ATIKSULARININ TOPLANIP UYGUN BİR ARITMA YÖNTEMİ
SEÇİLEREK ARITILMASI**

İhsan SARI

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman	:Yrd. Doç. Dr. Galip SEÇKİN
Yıl	2005, Sayfa 123
Jüri	:Prof. Dr. Ahmet YÜCEER :Doç. Dr. İlyas DEHRİ :Yrd. Doç. Dr. Galip SEÇKİN

Bu çalışmada Kahramanmaraş şehrinin atıksu kirlilik envanteri ortaya koyulmuştur. Ayrıca atıksu özellikleri de belirlenmiştir. Bunlara ek olarak Kahramanmaraş şehrinin atıksularının çökelme özelliklerini de göstermek amacı ile laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Konuyla ilgili literatür araştırması yapılarak uygun arıtım alternatifleri değerlendirilmiştir.

Atıksuyun kirletici konsantrasyonları AKM 210 mg/l, KOİ 385 mg/l, BOİ₅ 253 mg/l, TKN 18 mg/l ve Toplam Fosfor 4,1 mg/l olarak bulunmuştur. Ayrıca çökelme deneylerinde 15, 30, 60 ve 120 dakikalık çökelme süreleri sonunda sırasıyla %10,30, %17,56, %23,82 ve %30,51'lik KOİ giderim verimleri elde edilmiştir.

Yapılan analizler neticesinde sonuçlar detaylı bir şekilde değerlendirilmiş, Kahramanmaraş bölgesinin iklimsel, ekonomik ve jeolojik özelliklerinin yanında atıksularının uygun özelliklerinden dolayı da aktif çamur arıtma sistemlerinin en uygun arıtma seçeneği olduğuna karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler :Evsel Atıksu, Atıksu Arıtımı, Aktif Çamur Sistemleri

ABSTRACT

MSc THESIS

CHOOSING OF OPTIMUM TEREATMENT METHOD OF KAHRAMANMARAŞ DOMESTİC WASTEWATER

İhsan SARI

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
INSTITUE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
CUKUROVA UNIVERSITY**

Supervisor :Asst. Prof. Dr. Galip SECKIN

Year 2005, Pages :123

Jury :Prof. Dr. Ahmet YÜCEER

:Asst. Prof. Dr. Ilyas DEHRI

:Asst. Prof.. Dr. Galip SEÇKIN

In this study, municipal wastewater pollution inventory analysis of Kahramanmaraş City was introduced. Wastewater characteristics were also determined. In addition to these, for the purpose of exhibit the sedimentation characteristics of municipal wastewaters of Kahramanmaraş City, laboratory scale experiments has been carried out. Relevant literature survey was carried out and appropriate treatment alternatives were evaluated.

The pollutant concentrations of wastewaters were determined as 210 mg/l SS, 385 mg/l COD, 253 mg/l BOD₅, 18 mg/l TKN and 4,1 mg/l Total Phosphorus. Moreover the 10.30, 17.56, 23.82 and 30.51 % removal rate were obtained in the sedimentation experiments at 15, 30, 60 and 120 minutes retention time respectively.

The results evaluated particularly and activated sludge system has been choosen as a proper treatment system because of the favorable characteristics of wastewaters and climatic, economic, geological properties of the Kahramanmaraş region.

Key Words :Domestic Wastewater, Wastewater Treatment, Activated Sludge

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasını sağlayan Yüksek Lisans Kursu sorumlusu Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Ahmet YÜCEER'E yönetim yönlendirme ve değerli önerilerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca bu projenin yürütülmesinde projeyi yönlendiren bilgi ve becerisinden yararlandığım danışmanım sayın Yrd.Doç. Dr. Galip SEÇKİN'E teşekkür ederim.

Fikirlerinden her zaman yararlandığım ve destek aldığım sayın Yrd.Doç. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK'E çalışmalarımda bana yardımcı olan Araştırma Görevlisi Yük. Çevre Müh. İbrahim Orkun DAVUTOĞLU'NA, araştırmalarımı yaptığım DSİ XX.Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü çalışanları ve Laboratuvar Müdürü Sayın Hacı Ali ÖZTURAN Bey'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1.GİRİŞ.....	1
2 ATIKSULAR.....	2
2.1. Evsel Atıksular.....	5
2.1.1. Fiziksel Özellikler.....	8
2.1.2. Kimyasal Özellikler.....	9
2.1.3. Biyolojik Özellikler.....	12
2.2. Endüstriyel Atıksular.....	13
2.2.1. Endüstriyel Atıksuların İncelenmesi.....	14
2.2.2. Endüstriyel Atıksuların Uzaklaştırılması.....	15
2.3 Atıksu Arıtma Tesisleri.....	17
2.3.1. Arıtma Tesislerine Genel Bir Bakış.....	17
2.3.2. I.Kademe Arıtım.....	20
2.3.3. II. Kademe Arıtım.....	25
2.3.3.1. Biyolojik Atıksu Arıtımı.....	25
2.3.3.1.(1). Aktif Çamur Sistemleri.....	27
2.3.3.1.(1).(a). Klasik Aktif Çamur Sistemi.....	30
2.3.3.1.(1).(b) Uzun Havalandırma.....	33
2.3.3.1.(2). Damlatmalı Filtreler.....	34
2.3.3.1.(3). Dönen Biyolojik Reaktörler.....	38
2.3.3.1.(4). Stabilizasyon Havuzları.....	40
2.3.3.1.(4).(a). Aerobik Stabilizasyon Havuzları.....	41
2.3.3.1.(4).(b). Anaerobik Stabilizasyon Havuzları.....	42
2.3.3.1.(4).(c). Fakültatif Stabilizasyon Havuzları.....	42
2.3.3.1.(4).(d). Stabilizasyon Havuzlarının	

Avantajları ve Dezavantajları	42
2.3.3.1.(5).(a). Mekanik Aerobik Lagünler	43
2.3.3.1.(5).(b). Fakültatif Aerobik Lagünler	44
2.3.3.1.(5).(c). Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagünler	44
2.3.3.1.(5).(d). Katıların Geri Döndürüldüğü Aerobik Lagünler	45
2.3.3.1.(6). Anaerobik Sistemler	46
2.3.3.1.(6).(a). Anaerobik ve Aerobik Arıtmanın Ekonomik Mukayesesi	47
2.3.3.1.(6).(b). Anaerobik Arıtmanın Kısıtları	48
2.3.3.1.(7). Atıksuların Arazide Arıtımı	49
2.3.3.1.(7).(a). Yapay Sulak Alanlar	50
2.3.3.1.(7).(b). Atıksu ile Sulama	51
2.3.3.2. Kimyasal Arıtım	52
2.3.4. III. Kademe Arıtım	54
2.4. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Maliyet Yönünden İncelenmesi	57
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	59
4. MATERYAL METOD	68
4.1. Materyal	68
4.2. Çalışma Alanı ve Özellikleri	68
4.3. Metod	83
4.3.1. Atıksu Analizleri	83
4.3.2. Çökelme Deneyleri	84
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	86
5.1. Ham Atıksu Özellikleri	86
5.2. Araştırma Bulguları	87
5.3. Araştırma Bulgularının Tartışılması	101
5.3.1. Atıksu Karakterizasyonu	101
5.3.2. Çökelme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	104
5.3.3. Atıksuyun Arıtılmasını Etkileyen Diğer Faktörler	107
5.3.4. Arıtma Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ve Arıtma Tesisi Seçimi	107

6. SONUÇ VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	121

Çizelge 2.1. İnsan Dışkısı İle Ürenin Kompozisyonu.....	2
Çizelge 2.2. Evsel Atıksulara Ait Alıcı Ortam Standartları.....	4
Çizelge 2.3. Evsel Atıksu Birim Değerleri.....	5
Çizelge 2.4. Evsel Atıksuların Genel Bileşimi.....	7
Çizelge 2.5. İnce Izgaraların/Eleklerin Tasarım Esasları.....	22
Çizelge 2.6. Dikdörtgen ve Yatay Akımlı Çökeltim Havuzlarının Özellikleri.....	24
Çizelge 2.7. Süreç Modifikasyonları İçin Tipik Tasarım Parametreleri-1.....	28
Çizelge 2.8. Süreç Modifikasyonları İçin Tipik Tasarım Parametreleri-2.....	29
Çizelge 2.9. Damlatmalı Filtrelerde Yükleme Kriterleri.....	37
Çizelge 2.10. Biyodisklerin İşletme Bakım Karakteristikleri.....	40
Çizelge 2.11. Aerobik Arıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	46
Çizelge 2.12. Havasız Arıtma Sistemlerinin Organik Yük ve Arıtım Verimleri Bakımından Karşılaştırılması.....	47
Çizelge 2.13. Havalı ve Havasız Arıtmanın Mukayesesi.....	48
Çizelge 2.14. Havasız arıtmanın başlıca kısıtları.....	49
Çizelge 2.15. Arıtma Tesislerinde Kullanılan Koagulantların Dozları.....	53
Çizelge 2.16. Koagulanların Tipik Çözelti Konsantrasyonları.....	54
Çizelge 2.17. Atıksu Arıtma Tesisleri İnşaat ve İşletme Maliyetleri.....	58
Çizelge 3.1. Atıksu Arıtma Tesisleri inşaat ve işletme Maliyetleri.....	60
Çizelge 3.2. Aktif Çamur Prosesleri İçin Tasarım Parametreleri.....	61
Çizelge 3.3. Aktif çamur prosesi için tipik kinetik katsayı değerleri.....	62
Çizelge 4.1. Kahramanmaraş İli'nin Bazı kentlere Ulaşım Mesafeleri.....	70
Çizelge 4.2. Kahramanmaraş'ın Meteorolojik Verileri.....	72

Çizelge 4.3. Kahramanmaraş Merkez ve İlçelerinin Nüfusları.....	74
Çizelge 4.4. Kahramanmaraş İli Sanayi Envanteri – 2004.....	76
Çizelge 4.5. Kahramanmaraş Belediyesi 2003 Yılı Su Sarfıyat Durumu.....	80
Çizelge 4.6. Kahramanmaraş Belediyesi 2004 Yılı Su Sarfıyat Durumu.....	81
Çizelge 4.7. Deneyde Kullanılacak Çözelti Miktarları.....	83
Çizelge 5.1. Ham Atıksu Numunelerinin Özellikleri.....	86
Çizelge 5.2. Çökelme süresine karşılık KOİ değerleri.....	87
Çizelge 5.3. Çökelme süresine karşılık KOİ giderme verimleri.....	88
Çizelge 5.4. Evsel Atıksuların Genel Bileşimi.....	102
Çizelge 5.5. Bazı Arıtma Tiplerinin Ekonomik Yönden Mukayesesi.....	107

Şekil 2.1 Atıksu arıtma tesisi proseslerinin akış diyagramı	18
Şekil 2.2. Aerobik Arıtmada Organik Madde Giderme Mekanizması	26
Şekil 2.3. Tipik Bir Aktif Çamur Akım Sistemi Akım Şeması	31
Şekil 2.4. Uzun Havalandırılmalı Aktif Çamur Prosesinin Akım Şeması	33
Şekil 2.5. Kontakt Stabilizasyon Havuzu Akım Şeması	41
Şekil 4.1. Çökelme Deney Düzenekinin Şematik Olarak ifade Edilişi	85
Şekil 5.1. I Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	89
Şekil 5.2. II Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	89
Şekil 5.3. III Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	90
Şekil 5.4. IV Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	90
Şekil 5.5. V Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	91
Şekil 5.6. VI Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	91
Şekil 5.7. VII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	92
Şekil 5.8. VIII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	92
Şekil 5.9. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki Ortalama KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	93
Şekil 5.10. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri	93

Şekil 5.11. I Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	94
Şekil 5.12. II Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	94
Şekil 5.13. III Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	95
Şekil 5.14. IV Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	95
Şekil 5.15. V Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	96
Şekil 5.16. VI Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	96
Şekil 5.17. VII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	97
Şekil 5.18. VIII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri	
Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	97
Şekil 5.19. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık	
Çökelme Süreleri Sonunda Ortalama KOİ (Kimyasal	
Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri	98
Şekil 5.20. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık	
Çökelme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)	
Giderme Verimleri	98
Şekil 5.21. Alınan Atıksu Numunelerinde AKM (Askıda Katı Madde) Miktarı	99
Şekil 5.22. Alınan Atıksu Numunelerinde BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)	
Değerleri	99
Şekil 5.23. Alınan Atıksu Numunelerinde pH Değeri	100
Şekil 5.24. Alınan Atıksu Numunelerinde Eİ (Elektriksel İletkenlik) Değeri	100

1. GİRİŞ

Su doğada bilinen en iyi çözücüdür. Aynı zaman da su çok iyi bir taşıyıcıdır. Bu özeliğinden dolayı su, evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu kullanıldıktan sonra fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmektedir. Kanalizasyonlar ile kullanım yerlerinden toplanıp ana kolektörler ile alıcı ortama deşarj edilen suyu içerisinde bulunan fiziksel ve kimyasal kirletici maddeler bölgenin ekolojik dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda ekolojik dengenin bozulmasının yanı sıra yerüstü ve yeraltı içme suyu kaynakları da kirlenmektedir. Bundan dolayı atıksuların kullanımından sonra mutlaka arıtılması gerekmektedir.

Dünyanın neresinde olursa olsun evsel nitelikli atıksular benzer özellik gösterirler. Ancak bunları birbirinden ayırtan farklar bölgenin ekonomik yapısı, sosyal yapısı, eğitim seviyesi, kültürel yapısı gibi değerler su kullanımı ve miktarını etkilediğinden suyunda kirlilik parametrelerinin değişmesine neden olur.

Atıksuyun çevreye vereceği olumsuz etkileri önceden kestirebilmek için fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca atıksu arıtma tesisi tasarım parametrelerinin bulunabilmesi için de bu değerlerin önemi vardır.

Atıksu arıtma tesisleri arıtılacak suyun özeliğine göre fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle veya bu yöntemlerin değişik kombinasyonları ile arıtılabilirler. Bu arıtım yöntemlerinin kullanılmasında atıksuyun özelliklerinin yanı sıra bölgenin jeolojisi arazinin topografyası ve en önemli olan iklimsel faktörleri etkili olmaktadır. Ayrıca alıcı ortamın özellikleri, atıksu deşarj standartları ve ekonomik sebepler atıksu arıtma tesisi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken önemli değerlerdir.

2. ATIKSULAR

Atıksular bozunabilir kirleticiler sınıfına girer. Bunlar, kanalizasyon suyu gibi kompleks organik maddeler ve derece derece mikrobiyolojik bozunmaya uğrayan ölü organizmalardır. Bozunabilir maddeler, aynı zamanda fiziksel bozunmaya ve çürümeye uğrayan maddeleri de içerir. (Arceivala, S.J.,1981)

Atıksular toplumun suyu çeşitli maksatlarına yönelik ihtiyaçlarını giderip deşarj ettiği sular olduğundan atıksuyun kirliliğinin büyük bir kısmını oluşturan insan dışkısı ile ürenin analiz sonuçları Çizelge 2.1. de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. İnsan Dışkısı İle Ürenin Kompozisyonu.

Kompozisyon	Dışkı	İdrar
Kişi başına günde üretilen miktar (ıslak)	135-270 g	1,0-1,3 kg
Kişi başına günde üretilen miktar (kuru)	35-70 g	50-70 kg
Ağırlıkça yüzdesi (%)		
Nem	66-80	93-96
Organik madde	88-97	65-85
Azot	5,0-7,0	15-19
Fosfor (P ₂ O ₅ olarak)	3,0-5,4	2,5-5,0
Potasyum (K ₂ O olarak)	1-2,5	3,0-0,45
Karbon	44-55.	11-17
Kalsiyum (CaO olarak)	4,5	4,5-6,0

Ülkemizde de çoğu yerlerde olduğu gibi, yüzeysel sular henüz fazla miktarda kirlenmemişse ve kendi kendini tabii biyolojik yollardan temizleme kapasitesine sahipse, alıcı suyun bu özelliği meydana çıkarılmalı ve arıtma tesisinin çıkış suları bu kalite standartlarını aşmadan arıtılması gerekir. Bu standartların aşılması durumunda alıcı ortamda kirlenme belirtileri ortaya çıkar veya tersi durum da yani suyun çok iyi arıtılması durumunda da fazladan maliyet getirir (alıcı ortamın kendi kendini temizleme kapasitesi dikkate alınmalıdır). Dolayısıyla bütün yüzey sularının kalitesi korunmalı, sudaki yaşam devam ettirilmeli ve kullanım amacına göre standartlara uygunluğu korunmalıdır. Bunun için bir takım yönetmeliklerle bu ortamların korunması amaçlanmaktadır. Bir alıcı ortama evsel atıksuların boşaltılmasına ait standartlar, Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Evsel Atıksulara Ait Alıcı Ortam Standartları (SKKY, 1988)

PARAMATRE	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Kirlilik yükü ham B0I₅ =60-600 kg/gün nüfus=1000- 10000		
B0I ₅ (mg/L)	50	45
KOI (mg/L)	160	110
AKM (mg/L)	60	30
PH	6-9	6-9
Kirlilik yükü ham B0I₅ =600 kg/gün nüfus= 10000		
B0I ₅ (mg/L)	50	45
KOI (mg/L)	140	100
AKM (mg/L)	45	30
PH	6-9	6-9
Eşdeğer nüfusun ne olduğuna bakılmaksızın stabilizasyon havuzları sistemi ile biyolojik arıtma yapan kentsel atıksu arıtma tesisleri için		
B0I ₅ (mg/L)	75	50
KOI (mg/L)	150	100
AKM (mg/L)	200	150
PH	6-9	6-9

2.1. Evsel Atıksular

Evsel atıksular yerleşim yerlerinden evdeki mutfak, banyo v.b. ile bahçe sulama, araba yıkama gibi ev dışındaki gündelik faaliyetlerden oluşur. Polprasert (1989), ise evsel atıksuyu insanların atıklarından ve yıkanma, genel temizlik ve mutfak işleri sonucu meydana gelen sulardan oluştuğunu bildirmiştir

Evsel nitelikli atıksu oluşturan ticari faaliyetler arasında otel, diğer bir kaynağı hizmet sektörü olup motel, alışveriş merkezleri, eğlence yerleri, çamaşırhaneler sayılabilir. Evsel atıksu sınıfına okullar, hastaneler v.b. yer alır. Kamplar tatil köyleri v.b. gibi dinlenme yerleri de evsel atıksu kaynakları kapsamındadır. Yangın söndürme için su kullanımı, park ve bahçelerin sulanması kanal sistemlerinin bakımı v.b. gibi belediye hizmetleri ile oluşan sular da evsel atıksuya katkıda bulunur. Bu kullanımların çoğu kişi başına veya kullanım birimi başına belirli değerler alır. Başlıca kullanımlar için değişim aralığı Çizelge 2.3’ de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Evsel Atıksu Birim Değerleri

Kullanım	Birim	Değişim Aralığı
Evsel	l/N-gün	150-500
Otel	1/misafir-gün	150-225
Büro	1/çalışan-gün	30-75
Lokanta	1/müşteri-gün	30-40
Hastane	1/yatak-gün	50-1000
Okul	1/öğrenci-gün	60-120

Yerleşim yerlerinde kanalizasyon sisteminin etkili çalışması durumunda, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) değeri genellikle ortalama 54 g/kişi-gün civarındadır. Gelişmekte olan bazı bölgelerde üretilen atıksuyun tamamı

kanalizasyon sistemine dahil edilmediğinden, BOI_5 değeri 30-40 g/kişi-gün seviyesinde olabilir. Eğer kanalizasyonda birleşik sistem kullanılıyorsa, BOI_5 değeri %40 daha yüksek, yani 77 g/kişi-gün mertebesinde olur. Ofislerde, okullarda ve diğer part time kullanılan mekânlarda BOI_5 değeri olarak 54 g/kişi-gün olan normal değer yarı, hatta daha da azı alınabilir. Restoranlarda ve kafeteryalarda ise yapılan her yemek servisinin BOI_5 'ye etkisi 54 g/kişi-gün değerinin dörtte biri olarak kabul edilir. Benzer şekilde tiyatrolarda ve sinemalarda koltuk başına düşen BOI_5 miktarı, 54 g/kişi-gün değerinin altında farzedilir. Diğer taraftan otellerde ve hastanelerde kişi başına düşen BOI_5 , normaldekinin 1,5-2,5 katı olarak alınır.

Evsel amaçlı su kullanımı aşağıdaki faktörlere de bağlı olarak değişir. Bunlardan başlıcaları:

- İklim
- Yerleşim yeri büyüklüğü, yoğunluğu ve gelir düzeyi
- Su temininin miktar ve kalitesi
- Su tasarrufudur.

Kanal sistemi ve arıtmanın dizaynında atıksuların sadece miktarı değil değişimi de önem taşır. Değişim günlük ve mevsimlik olarak iki şekilde ele alınabilir. Su kullanımında esas olarak günün başlaması ve bitiminde iki pik debi söz konusudur. Mevsimlik değişimde ise su kullanımı iki şekilde ele alınabilir. Biri mevsimle yerleşim şeklinde olan değişim, örneğin tatil yöreleri, okullar v.b. de olduğu gibi, diğeri mevsimin neden olduğu su kullanımında değişim. İkinci halde sıcak havalarda su kullanımı önemli ölçüde artabilir. Bunun ilk faktörle birleştiği yerleşim yerlerinde mevsimsel değişim büyük boyutlara ulaşır.

Atıksuların karakteristiği, debi ve atıksu özellikleri ile ilgilidir. Evsel atıksuların takriben %99'u su olup, % 1-5'lik kısmı organik ve inorganik madde ihtiva etmektedir (Mara, 1978).. Atıksu içerisindeki kirleticilerin giderilmesinde bu maddelerin özellik ve konsantrasyonları etkili olmaktadır

Atıksuların özelliklerini etkileyen diğer bir husus, atıksuların toplama sisteminde geçirdikleri süredir. Taze evsel atıksu kötü kokulu olmayıp açık

kahverengi renktedir. Buna mukabil atıksular uzun ve akış hızları düşük sistemlerde uzun süre kaldıklarında bilhassa sıcak mevsimlerde bayat hale gelip, çözünmüş oksijenini tamamen kaybeder, siyah renkli ve kötü kokulu hale dönüşür. Bu duruma septik hale gelmiş atıksu denilir. Septik hale gelmiş atıksuların arıtılması zorlaşır. Bu bakımdan atıksu toplama sistemleri projelendirilirken septik şartların oluşmamasına itina edilir.

Evsel atıksu sistemlerinde toplanan atıksular çok çeşitli kirleticiler içermektedir. Atıksuların bileşenleri, toplama sistemine karışan atıksuyun miktarı ve tipine bağlı olarak değişir. Buna göre evsel atıksuların genel bileşimi Çizelge 2.4. deki gibi olur.

Çizelge 2.4. Evsel Atıksuların Genel Bileşimi (Metcalf ve Eddy, 1991)

Kirletici Parametreler	Konsantrasyon (mg/L)		
	Zayıf	Orta	Güçlü
Toplam Katı Maddeler (TKM)	350	720	1200
Askıda Katı Maddeler (AKM)	100	220	350
Çökelebilen Katı Maddeler (ÇKM, ml/L)	5	10	20
Biyolojik Oksijen ihtiyacı (BOİ)	110	220	400
Toplam Organik Karbon (TOK)	80	160	290
Kimyasal Oksijen ihtiyacı (KOİ)	250	500	1000
Toplam Azot	20	40	85
Toplam Fosfor	4	8	15

2.1.1. Fiziksel Özellikler

Koku: Koku insana doğrudan fiziksel bir zarar vermemekle birlikte fizyolojik stres yaratan bu nedenle kişilerde iştah azalmasından bulantıya kadar çeşitli etkileri olan çevrede ise genel rahatsızlığa yol açan bir parametredir. Atıksuyun kokusu beklemesi ve anaerobik koşulların gelişmesi ile değişir ve daha rahatsız edici hale gelir. Atıksuda koku oluşturan başlıca maddeler arasında aminler, amonyak, hidrojen sülfür, merkaptanlar ve skatol sayılabilir.

Sıcaklık: Atıksu sıcaklığı genelde temin edilen su sıcaklığının üstündedir ve 10-20°C arasında değişir. Sıcaklık atıksuda cereyan eden kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların hızı açısından büyük önem taşır. Ayrıca atıksuyun deşarj edildiği ortamı etkiler. 15 °C altında metan üreten bakteriler aktivitelerini kaybeder.

Renk: Atıksu rengi atıksuyun tazeliğinin bir göstergesidir. Atıksu bayatladıkça sülfür oluşumu ve metal sülfürlerin çökmesi ile gri renk siyaha doğru döner.

Katı Maddeler: Katı maddeler sudaki çözünmüş ve askı halindeki tüm yabancı maddeleri ifade eder. Katı madde ölçümleri gravimetrik yöntemlerle yapılır. Bunların uçucu kısımları 550-560 °C'de yakma işlemi ile belirlenir ve organik fraksiyonları temsil eder. Aslında katı maddelerin konsantrasyonları ve boyut dağılımları atıksu karakteri ve arıtımı açısından büyük önem taşır.

Bulanıklık: Bulanıklık, bulanık ölçer ile tespit edilir. Genellikle atıksuda askıda katı madde miktarını gösterir. Ancak direkt olarak da ilgili değildir. Çünkü renk bulanıklığının ölçümünde girişim yapılabilir.

Debi değişikliği: Atıksu debisi günlük, haftalık ve yıllık hatta saatlik olarak sürekli değişiklik gösterir. Debideki günlük değişiklikler evsel atıksularda kanalizasyon sisteminin büyüklüğü ile bağlantılıdır. Büyük kanalizasyon sistemlerini de debi, şebekede kısmi de olsa dengelendiği için küçük şebekelere nazaran daha az salınımlar gözlenir. Küçük tesislerde, özellikle gece su kullanımı az ise gelen suların besin maddesi içeriği düşük olduğundan aktif çamur beslenmesine yeterli olmaz.

Dolayısıyla aktif çamur fokları parçalanır. Kampus, özel yerler, hapishane, vs yeterli besi sağlayamadığından dengeleme; havuzu veya ek besi (DAP) ihtiyacı doğar. Debi salınımları atıksu arıtma tesislerinin dizaynlarında ve işletilmesinde önemli yere sahiptir.

İletkenlik: İletkenlik, atıksuyun içerdiği çözünmüş madde içeriğinin bir göstergesidir. Her atıksu temin edildiği yerdeki çözünmüş maddeye bağlı olarak bir iletkenlik içerir.

Yoğunluk: Bir atıksuyun yoğunluğu birim hacimdeki kütlesi olarak tanımlanır, Çöktürme havuzlarında ve diğer arıtma ünitelerinde yoğunluk akımlarına sebep olduğundan önemli bir fiziksel özelliktir. Yoğunluk ve özgül ağırlık sıcaklığa bağlı olarak toplam katı madde konsantrasyonu ile değişir.

2.1.2. Kimyasal Özellikler

Organik Maddeler: Ortalama konsantrasyondaki bir evsel atıksuyun çözünmüş kısmının % 40'ı askıda maddelerin %75'i organik maddelerdir. Organik maddelerin önemli bir kısmı proteinler, karbonhidratlar, yağlar, Üre gibi temel biyokimyasal maddelerdir. Kalan küçük bir yüzdeyi ise çok sayıda ve çok farklı yapılara sahip yüzey aktif maddeler, uçucu organik maddeler gibi organik bileşikler oluşturur.

Organik maddeler öncelikli kirletici (mikro kirletici) grubuna giren maddeler dışında tek tek ölçülemeyecek kadar çeşitlidir. Bu nedenle organik madde ölçümlerinde kolektif parametreler kullanılmaktadır.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı: BOİ sudaki organik maddelerin 5 günde (BOİ₅) Mikroorganizmaların ayrıştırma sürecinde harcadığı oksijen miktarını ifade eder. Ölçüm uzun zaman alan ve deneysel hata oranı yüksek olan BOİ çevreye etkilerin değerlendirilmesi ve arıtma sistemi dizaynında hala kullanılmakla birlikte kullanımı giderek azalmaktadır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı: Organik maddelerin potasyum bikromat ile asit ortamı da oksitlenmeleri esasına dayanan kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)'nin avantajları kısa sürede, az hata ile ölçülebilmesi ve atıksudaki toksik madde azot v.b. den etkilenmemesidir. Diğer taraftan kalite değişimi sınırlı olan evsel atıksular gibi atıksularda KOİ ile BOİ₅ in korelasyonu tanımlanarak KOİ değerinden BOİ₅ değerleri yaklaşık olarak elde edilebilir.

Toplam Organik Karbon: Toplam organik karbon (TOK) sudaki organik karbonun yakma ile veya kimyasal oksitleyiciler kullanılarak karbondioksit dönüştürülmeleri ve karbondioksitin infrared analizatörü ile ölçümü belirlenir. İnorganik karbon girişimi havalandırma veya sıyırma ile giderilir. Düşük organik madde konsantrasyonlarının ölçümünü mümkün kılan TOK kolay ve güvenilir sonuçlar verir.

Azot Türleri: Azot türleri nutrient olarak arıtma ve çevre sularında büyük önem taşır. Türlerin birbirine dönüşümü (hidroliz-nitrifikasyon denitrifikasyon) çerçevesinde oksijen ihtiyacı ve dengesi de önemlidir. Çevre kimyasında önem taşıyan azot türleri amonyak, organik azot, nitrik ve nitrat toplamı toplam azot olarak tanımlanır. Bunlardan nitrik ve nitrat toplamı oksitlenmiş azot, amonyak ve organik azot toplamı toplam kjeldahl azotu olarak tanımlanır. TKN araştırma ve distilasyon işlemi ile amonyağa dönüştürülüp amonyak olarak kolorimetrik veya titrimetrik olarak ölçülür. Nitrit doğrudan, nitrat nitrite indirgenip kolorimetrik olarak ölçülmektedir.

Fosfor: Fosfor yine nutrient olarak çevre sularında büyük önem taşır. Son yıllarda fosfor giderilmesi gündeme gelmiş ve yaygın şekilde uygulanmaya başlamıştır. Fosfor türleri organik fosfat, polifosfat ve ortofosfattır. Ortofosfat kolorimetrik olarak ölçülür. Diğer türler asit hidroliz ve asit ayırıştırma ile ortofosfata dönüştürülerek ölçülür.

Sülfür: Sülfürde bazı proteinlerin yapı taşı olduğundan biyolojik olarak önemlidir. Sülfür H₂S zayıf asidinin türleri olarak bulunur. Oksidasyonla sülfite ve sülfata dönüşür. Oksitlenmiş sülfür kanalizasyonda sülfürik aside dönüşerek

korozyon oluşturur. Sülfat anaerobik koşullarda sülfüre dönüşerek aynı etkiyi yapar. Sülfür titrimetrik ve kolorimetrik, sülfat gravimetrik olarak ölçülür.

Ağır Metaller: Ağır metaller (Ni, Cd, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg, Cr) bazıları biyolojik olarak eser miktarlarda önemli olmakla birlikte yüksek konsantrasyonlarda zehirlilik etkisi yapar. Ağır metallerin çoğu mikro kirletici grubunda yer alır. Ağır metaller kolorimetrik veya atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemlerle ölçülür.

Toksik Kirleticiler: Toksik kirleticiler genellikle endüstriyel atık sularla birlikte gelirler ve iki kategoride incelenebilirler.

- a) Organik toksik maddeler (Organik solventler, pestisidler.)**
- b) Diğer toksik maddeler (Ağır metaller, siyanür ve fenoller)**

Endüstriyel atıklarla gelen toksik kirleticiler belli konsantrasyonların üzerinde bakterilerde aktiviteyi engelleyici etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle tesiste gözlemlenecek aktivite bozukluklarında toksik kirleticilerin etkilerinin olabileceği düşünülerek ölçümler yapıp kontrol edilmelidir. İz elementler hem evsel atıksular hem de endüstriyel deşarjların sonucu olarak büyük ölçüde değişiklik gösterirler. İz elementler, bakteri oluşumunu yani yeni hücre oluşumunda oldukça önemlidir.

Alkalinite: Alkalinite kalsiyum, magnezyum, sodyum gibi kuvvetli baz kökleri ile birlikte bulunan zayıf asit köklerinden kaynaklanır. Atıksularda esas olarak karbonik asit türleri, borat, silikat ve fosfatlardan oluşur. Alkalinite suyun pH değişimlerine karşı direncini sağlar. Nitrifikasyon gibi ototrofik biyolojik aktiviteler için gereklidir. Alkalinite ölçümü titrimetrik olarak yapılır.

pH: Gerek doğal suların gerekse atık suların, hidrojen iyonu konsantrasyonu önemli bir nitelik parametresidir. Sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu, su moleküllerinin ayrışma derecesiyle yakından bağlantılıdır. Evsel atıksuların pH değeri, biyolojik ve kimyasal arıtma işlemlerinde önemi olup 7-9 aralığında olması istenir. Bu değerlerin dışındaki değerler için arıtma tesisine nötralizasyon ünitesi dizayn edilerek atıksuyun pH değeri ayarlanır. Bunun sebebi, bakteri yaşamının

sürdürülmesi ve kimyasal çöktürme işleminin uygun pH değerinde gerçekleşmesi sağlanmasıdır.

Yağ — gres: Yağ ve gres tesis çıkış suyundan fokların yüzmesine bağlı AKM kaçaqlarına neden olabilir. Ayrıca belli konsantrasyonların üzerinde engelleyici etkileri de görülmüştür. Bu söz konusu parametrenin belli periyotlar ile ölçülerek kontrol edilmesinde fayda vardır

2.1.3. Biyolojik Özellikler:

Bakteriler: Bakteriler tek hücreli yuvarlak, çubuk vb. gibi çeşitli şekilleri olan 0.3-2 µm boyutunda mikroorganizmalardır. Organik madde gideriminde gerek alıcı ortamlarda gerekse arıtma sistemlerinde en önemli paya sahiptirler. Bazı türleri hastalık yapıcıdır. Koliform bakteri grubu evsel atıksu kirlenmesinin bir indikatörü olarak kullanılır.

Fungi: Fungi (mantar) Çok hücreli, aerobik mikroorganizmalardır. Ölü organik madde başlıca besin kaynağı olup organik madde dönüşümünde önem taşır. Az nemli ve düşük pH'a sahip ortamlarda gelişebilir.

Agler: Yüzeysel sularda hızla gelişip ötrofikasyona neden olan algler arıtma sistemlerinde (Oksidasyon havuzları) kullanılır. Algler fotosentetik organizmalardır. Tayini mikroskobik sayım ile yapılır.

Protozoa: Tek hücreli mikroorganizmalardır. Bakteri ve diğer mikroorganizmalar ile beslenir. Arıtma sistemlerinde ve alıcı ortamlarda mikroorganizma dengesinde yer alır. Bazıları patojendir.

Virüsler: Parazit yapıda DNA veya RNA grubu ile bunları saran bir proteinden oluşan canlılardır. Salgın hastalıkların en önemli nedenlerindendir.

Biyolojik parametreler arasında atıksulardaki zehirli maddelerin bir göstergesi olan zehirlilik de bulunur. Zehirlilik balık veya diğer organizmaların test organizması olarak kullanıldığı biyo-deneyler ile belirlenir.

Mikrokirleticiler: Mikrokirleticiler veya öncelikli kirleticiler organik veya inorganik, düşük konsantrasyonlarda çevreye ve insan sağlığına önemli etkileri olan kirleticilerdir. Günümüzde kirlenme kontrolünde en fazla önem verilen kirleticilerdir. Başlıca mikrokirleticiler arasında tarım koruma ilaçları, uçucu organik bileşikler ve ağır metaller yer almaktadır. Mikrokirleticilerin temel kaynağı endüstriyel faaliyetlerdir.

2.2. Endüstriyel Atıksular

Sanayi debilerinin bulunması için çeşitli unsurlar vardır:

- a) Eşdeğer nüfus hesaplanıp sanayi debisi evlerden gelen atıksu içinde düşünülebilir.
- b) Debinin zamanla değişiminin ölçülmesi sureti ile elde edilebilir.
- c) Sanayi bölgelerinde hektar başına debi alınmak sureti ile hesaplanabilir (örneğin 0,5-1 l/sn.ha gibi).

Endüstriyel atıksuların karakteristikleri, endüstriden endüstriye birçok farklılıklar göstermektedir. Aynı daldaki endüstrilerde bile, kullanılan hammaddelerin ve uygulanan proseslerin farklılığı, diğer birçok faktörle birlikte çıkan atıksuyun yapısında da farklılıklar oluşturmaktadır Her endüstri için kirlilik karakteristikleri farklı olacağından önerilecek arıtma yöntemleri de farklılık gösterecektir. (Şengül, F. 1985)

Endüstri kuruluşlarının çevreyi kirletmeden üretim yapabilmeleri için ; uygun yer seçimi ve tesis kurulmadan önce önlem teknolojilerinin değerlendirilmesi gibi hususlar büyük önem taşımaktadır. Bu yöntem yeni kurulacak tesisler için uygulanabilir, eskiden kurulmuş tesislerde uygulanamaz.

Alınması gereken arıtma önlemleri ve kullanılması gereken arıtım teknolojileri atıksuların kanitatif ve kalitatif özelliklerine göre belirlenir. Bu özellikleri kısaca şöyle özetlenebilir.

Organik madde miktarı, çözünmüş tuzlar, zehirli maddeler, renk ve bulanıklık, askıda katı maddeler, sıcaklık, pH, nütrient maddeler, yağ ve gres,

radioaktif maddeler, yüzey aktif maddeler (deterjanlar), fenol ve fenol türevleri, bakteriyolojik kirleticiler, tat ve koku yaratan bileşikler, tarım ilaçları, asitler ve bazlar, petrol ve petrol türevleri ve diğer bozunmayan (kalıcı) atıklar. Endüstrinin üretim özelliğine göre seçilecek en önemli parametreler, her endüstri için farklıdır. Endüstri tipine bağlı olarak belirlenen en önemli kirlilik parametreleri, bunları giderme tekniklerinin tespit edilmesinde de önemlidir. Yeni kimyasal maddeler, yeni teknolojiler, yeni endüstriyel prosesler insana ve çevresine yararlar sağladığı gibi birçok tehlikeleri de beraber getirmiştir. Bu nedenle endüstriyel kirlenme çevre kirlenmesinin önemli bir bileşenidir.

2.1.2. Endüstriyel Atıkların İncelenmesi

Endüstriyel atık suların incelenmesi 2 safhada yapılır.

1. a) Kirlenmenin temel kaynakları tespit edilir.
b) Belli başlı kirleticiler için akım şeması çıkarılır ve madde dengesi hazırlanır.
c) Endüstrinin şu anda attığı atık miktarı ve atık su debisi incelenir. Debi ve konsantrasyonlarda zaman bağlı olarak oluşan dalgalanmalara işaret edilir.
2. a) Atık su miktarını azaltma amacı ile çalışmalar yapılır.
b) Atık madde miktarı azaltılmaya çalışılır.
c) Atıkların değerlendirilmesi araştırılır.
d) Değişik işlemlerden gelen atıkların gerektiğinde ayrı olarak arıtılması yoluna gidilebilir.

Yukarıda anlatılan çalışmalardan sonra yeni bir akım şeması ve madde dengesi hazırlanır. Bu safhadan sonra ise endüstri atıkları için arıtma ve uzaklaştırma yöntemleri araştırılır. Herhangi bir endüstri için işlemlere ait akım şemasının çıkarılması esnasında şema üzerinde şu hususlar belirtilir:

- A) Her işleme giren su, kimyasal madde ve malzeme miktarı yazılır.
- B) İşlemin sürekli mi, kesikli mi olduğu belirtilir.
- C) Önemli atık su çıkış noktaları işaretlenir.
- D) Endüstriye ait kanalizasyon şebekesini gösteren bir harita hazırlanır.

Akım şeması üzerinde numune alınacak ve gabi ölçümü yapılacak noktalar işaretlenir. Numune alınırken ve debi ölçmesi yapılırken bütün atıkların toplandığı en son noktayı bulmak gerekir. Endüstriyel atık su kirlilik etüdünde atık su karakteristiklerinin ve atık su debilerinin belirlenmesi gereklidir. Atık su karakteristiklerinin incelenmesi kademesinde hangi parametrelerin analiz edileceğine karar vermemiz gerekir. Toplanan atık su numuneleri üzerinde endüstrinin tipine göre aşağıda sıralanan fiziksel, kimyasal veya biyolojik parametrelerin bazılarının ölçümü yapılır. Ancak herhangi bir endüstri için bütün parametrelerin aranması ve ölçülmesi gereksizdir. (Arceivala, 1976)

Fiziksel Parametreler: Renk, koku, bulanıklık, sıcaklık, toplam katı madde, çökebilen katı madde, askıda katı madde, anorganik ve organik katı madde, iletkenlik, radyoaktivitedir.

Bunların en önemlileri sıcaklık ve katı maddelerdir.

Kimyasal Parametreler: Ph, alkalinite, asidite, Cl^- , SO_4^{2-} , Azot (toplam, NH_3 , NO_2^- , NO_3^-) fosfor, gres ve yağlar, deterjanlar, KOI, BOI, ağır metaller, (Hg, Cd, Cr, Zn), Toksik maddeler (Fenoller, CN^- , haşare öldürücüler) olarak sıralanabilir.

Bunlardan önemli olanlar, pH, asidite, alkalanite, N, P, BOI_5 , KOI'dir.

Biyolojik Parametreler: Toksik maddeler için, koliformlar (evsel atık sulardan dolayı kirlenme olup olmadığını anlamak için), diğer organizmalar (Salmonella, Shigella, Anthrax, Virüsler, Algea, Nematodlar ve diğer solucanlar), Balık Biyodeneyi gibi, biyolojik testler uygulanır.

2.2.2. Endüstriyel Atıkların Uzaklaştırılması

Endüstriyel atıkların toplanması, arıtılması ve uzaklaştırılması konusunda çeşitli alternatifler mevcuttur. Endüstriler tarafından uygulanabilecek bu çözüm alternatifleri aşağıda özetlenmiştir:

1. Endüstriler ham atıklarını doğrudan kanalizasyona deşarj edebilirler.
2. Endüstriler atıksularını belediyenin öngördüğü limitlere kadar ön arıttıktan sonra kanalizasyon şebekesine verebilirler.

3. Endüstriler atıklarını tan olarak arıttıktan sonra alıcı ortama (nehir, göl, deniz, toprak veya kanalizasyon) deşarj edebilirler.
4. Endüstriler atıklarını ileri derecede arıttıktan sonra geri kazanabilir veya geri kullanabilirler.
5. Endüstriyel atıksular arazi sulamasında kullanılabilir veya toprağa sızdırabilirler.
6. Endüstriler atıklarını daha başka işlemler ve geri kazanma için diğer bir endüstriye satabilirler.
7. Ön arıtmadan sonra derin deniz deşarjı ile uzaklaştırabilirler.
8. İleri arıtmadan sonra derin kuyu enjeksiyonu yöntemini uygulayabilirler.
9. Endüstriler proses atıklarını fabrika bölgesinden uzağa taşıyabilirler.
10. Buharlaştırma işleminden sonra, sıkıca kapalı kaplarda deniz dibine veya terk edilmiş maden gibi yerlere verme (toksik atıklar ve radyoaktif atıklar için) suretiyle uzaklaştırılabilirler.

Hangi uzaklaştırma ve arıtma yöntemi seçilirse seçilsin, dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

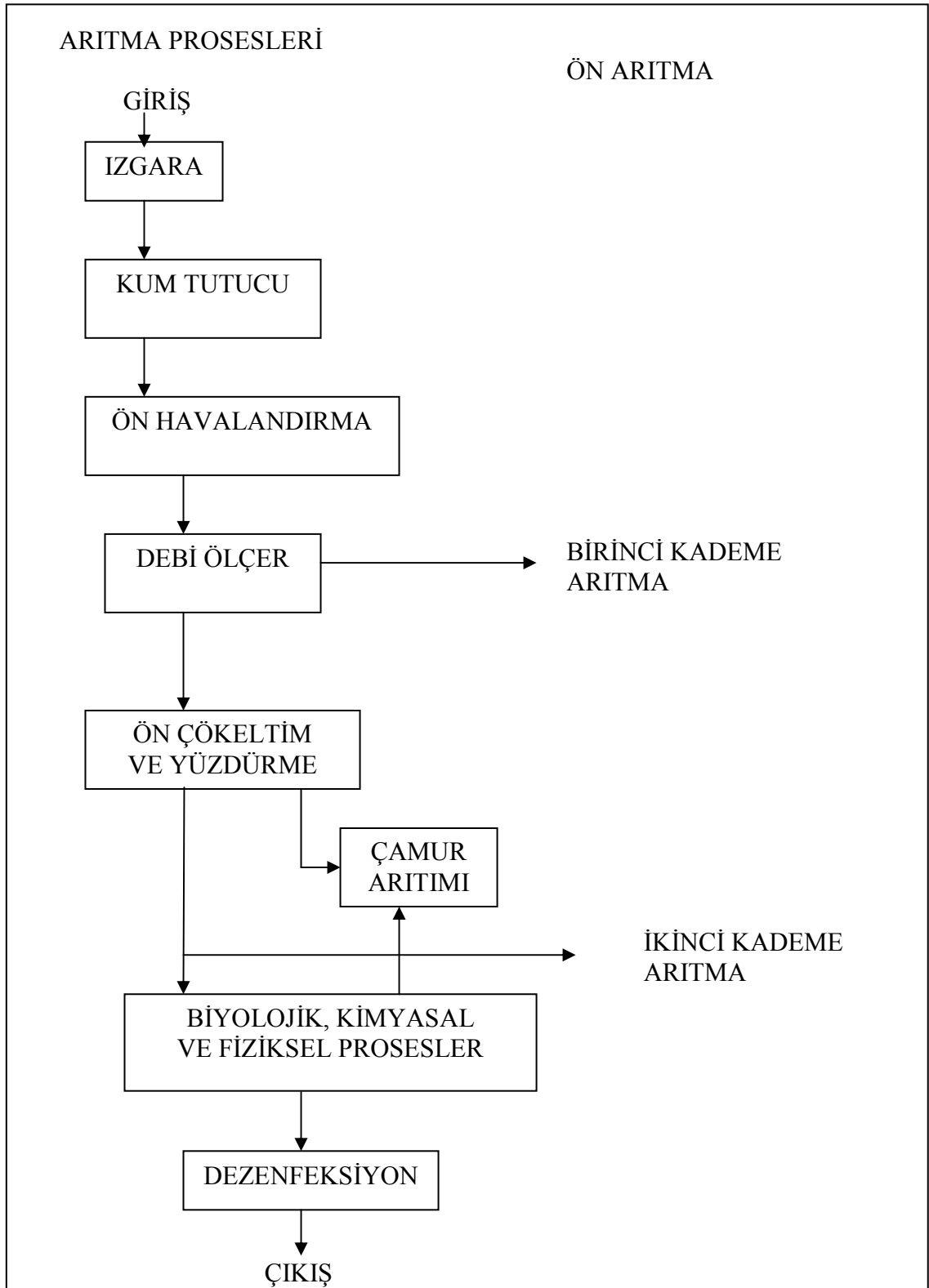
- a) Kentsel kanalizasyon şebekesinin ve diğer tesislerin korunması,
- b) Kentsel arıtma tesisinin korunması ve çalışmasına engel olunması,
- c) Toplum sağlığının korunması,
- d) Endüstriyel atıksu tarımda kullanılacaksa toprağın ve bitkilerin zarar görmemesi,
- e) Yeraltı su kaynaklarının kirlenmemesi,
- f) Boşaltılan atıksuların; endüstri, tarım, insan toplulukları, su ürünleri, taşıma, turizm v.s. göz önünde tutularak nehir, göl, haliç ve denize deşarj standartlarına uygun nitelikte olması
- g) Kirliliğin sudan havaya veya sudan toprağa iletilmesinin önlenmesi (Arceivala, 1976)

2.3. Atıksu Arıtma Tesisleri

Evsel atıksuların takriben %99'u su olup, kalan kısım organik ve inorganik maddeleri ihtiva etmektedir. Atıksu içerisindeki kirleticilerin giderilmesinde bu maddelerin özellik ve konsantrasyonları etkili olmaktadır. Kaba, çökebilen organik ve inorganik katı maddeler genellikle ızgara, kum tutucu ve ilk çöktürme birimlerini ihtiva eden bir mekanik tasfiye sistemi ile giderilebilirler. Çözünmüş organik maddelerin giderimi ise, mekanik tasfiyeyi takiben kimyasal veya biyolojik arıtma sistemleri ile sağlanabilir. Mekanik tasfiye ile birlikte biyolojik veya kimyasal arıtma birimlerini ihtiva eden bu sisteme iki kademe arıtma sistemi adı verilir. Bu sistemlere ilave edilecek muhtelif temel işlem ve proseslerle azot, fosfor ve diğer kirleticilerin de giderimi sağlanabilir ve bu halde üçüncü kademe arıtma veya ileri arıtma sistemi söz konusu olur.

2.3.1. Arıtma Tesislerine Genel Bakış

Arıtma ihtiyacı arıtılmış atıksuların verildiği alıcı ortamın kullanım maksatlarına göre belirlenir. İçme suyu temini veya yüzme maksadıyla kullanılan küçük bir nehre verilen atıksuların, su ulaşımı için kullanılan bir nehre verilen atıksulara göre daha ileri derecede arıtılmaları gerekir. Tipik bir atıksu arıtma tesisi diyagramı Şekil 2.1. de gösterilmiştir. Değişik tipteki atıksu arıtma tesislerine ait tipik akım diyagramları ve/veya şekilleri de ilerleyen konularda gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Atıksu Arıtma Tesisi Proseslerinin Akış Diyagramı

Tasfiye tesisine gelen atıksular önce iri maddelerinden arındırılır. Bu, ya ızgaralar kullanılarak iri maddelerin ayrılması veya öğütücüler kullanılarak iri maddelerin parçalanarak atıksuya verilmesi ve takip eden ünitelerde arıtılması şeklinde olur. Atıksulardan iri maddelerin giderilmesi bilhassa pompalarda tıkanma probleminin önlenmesi açısından lüzumludur. Atıksu içindeki kum gibi inorganik kökenli ağır maddeler kum tutucu ünitelerinde giderilir. Böylece takip eden arıtma ünitelerindeki mekanik aksamın aşınması asgariye indirilir. Kum tutucu çıkışına kadar olan arıtma seviyesine ön arıtma denir. Arıtılan suyun miktarını kaydetmek açısından ön arıtmadan sonra bir debi ölçme sistemi yer alır. Ön havalandırma, atıksuyun havalandırılarak oksijen kazanması ile yağ ve gres giderimi maksadıyla uygulanabilir. Birincil arıtma veya mekanik arıtma ön çöktürme havuzlarını ihtiva eder. Ön çöktürme havuz 1-2 saat gibi bir sürede kendi kendine çökelebilen organik kökenli katı maddeler çökelti olarak atıksudan ayrılır. Ayrıca yüzebilen maddeler havuz yüzeyinden sıyrılıp alınarak atıksulardan ayrılır. Ön çöktürme çıkış sularında %70 civarında AKM, %30-35 civarında BOİ giderimi elde edilir.

İkincil arıtma maksadıyla genellikle biyolojik arıtma uygulanır. Bu kademede çökelemeyecek kadar küçük askıda madde veya çözünmüş formdaki kirletici unsurlar (organik madde, N, P) ya okside edilerek veya biyokütle haline dönüştürülerek giderilirler. Bu proseste esas görevi yapan kontrol edilmiş bir çevrede oluşturulmuş mikroorganizmalardır (bakteriler). Biyolojik arıtma ile %90'ın üzerinde BOİ giderimi elde edilebilir.

Ön çöktürme havuzu tabanından alınan primer çamur ile son çöktürme havuzu tabanından alınan fazla biyolojik çamur, çamur arıtma ünitelerinde stabilize edilip, suyu alındıktan sonra nihai uzaklaştırma işlemine tabi tutulur.

Konvansiyonel atıksu arıtma sistemleriyle yeterince giderilemeyen maddelerin giderimi (N,P, BOİ AKM vs) söz konusu olduğunda ileri atıksu arıtma teknolojileri uygulanır. İleri atıksu arıtımı, N ve P giderimi, filtrasyon, kireç arıtımı, ters osmoz, aktif karbon adsorpsiyonu, ozon ile oksidasyon, dezenfeksiyon gibi ilave işlem ve prosesleri ihtiva edebilir.

Atıksudaki hastalık yapıcı mikroorganizmaların (patojen mikroorganizmalar) giderilmesi söz konusu olduğunda, arıtılmış atıksuların dezenfeksiyon işlemine tabi tutulmaları gerekir. Dezenfeksiyon maksadıyla genellikle klorlama kullanılmakla birlikte, UV ve ozon uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır.

2.3.2. I. Kademe Arıtım

Birinci kademe arıtma (fiziksel arıtma) atıksuda bulunan çökelebilen, yüzebilen değişik boyutlardaki katı maddelerin, çözünmüş organik/inorganik maddelerin ve gazların uzaklaştırılması amacıyla uygulanan işlemleri kapsamaktadır. Arıtma tesislerinde yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda ızgara ve elekler, öğütücüler/parçalayıcılar, dengeleme havuzları, kum tutucular, yüzdürme (flotasyon) havuzları, çökeltim tankları, havalandırıcılar, filtreler, membran prosesler, dolgu kuleleri gibi sistemler kullanılmaktadır.

Atıksu arıtımında birinci kademe arıtma işlemlerinin kullanılmasının temelde iki önemli nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki atıksudaki iri (kaba) maddelerin tutularak arıtma tesisindeki boru ve kanalların tıkanmasının önlenmesi, mekanik aksamın (pompa, vana, aeratör vs.) aşınmaya yönelik korunmasıdır (Muslu, 1990). İkinci önemli neden ise arıtma tesisindeki diğer ünitelere gelecek yüklerin azaltılmasıdır. Fiziksel arıtma işlemleriyle belli oranda sağlanan arıtma ile diğer arıtma ünitelerinde uzaklaştırması gereken kirlilik yükü azaltılmakta; fiziksel arıtma ünitelerinin diğer arıtma yöntemlerine göre daha basit ve ekonomik olması nedeniyle de daha doğru ve uygun bir çözüm ortaya konmuş olmaktadır. Örneğin atıksuda bulunan katı maddelerin fiziksel arıtma işlemleriyle tutulmasıyla %30-40 oranında organik madde giderimi sağlanarak fiziksel arıtma kademesini takiben yer alan biyolojik arıtma ünitesinde giderilecek olan organik madde yükü de azaltılmış olmaktadır.

Başlıca fiziksel arıtım işlemleri;

Öğütme: Öğütücüler kesme dişlerinden oluşan dönen bir silindir ve bu dişlerin sabit karşılıklarının bulunduğu bir çerçeveden ibaret olup, suyun akışına dik yönde yerleştirilirler. Son zamanlarda katı haldeki parçaların daha da küçültülerek su içine verilmesinin arıtma felsefesine ters düşmesi nedeniyle öğütücülerin kullanımı terk edilmeye başlanmıştır. Ayrıca, atıksu içerisindeki tekstil ve bazı fiberli maddeler, bitkiler gres öğütücülerin işletiminde problem çıkarmaktadır. Bunu yanında soğuk iklimlerde tutulan katı madde donmasına karşı kullanılması tercih edilebilir

Dengeleme: Debi dengeleme, esas itibariyle bir arıtma prosesi değildir. Değişken akımların dengelenmesi sonucu, arıtma tesisi hemen hemen sabit bir debiye göre projelendirilebilir. Dengeleme havuzları atıksu arıtma tesisine gelecek debi ve konsantrasyon şoklarının giderilmesi yolu ile sistemin tasfiye veriminin belirli sınırlar arasında kararlı tutulmasında büyük önem taşımaktadırlar.

Karıştırma: Daha çok kimyasal atıksuların arıtılmasında kullanılır. Çökeltme ile giderilemeyen askıdaki katı maddeleri üzerinde yoğunlaşacağı bir kimyasal ile karıştırmak sureti ile yumak oluşturup çöktürme esasına dayanır.

Yumaklaştırma: Karıştırma işleminden sonra kimyasal madde yardımı ile oluşan yumakların kendi halinde çökebilir büyüklüğe gelmesi olayıdır.

Yüzdürme (flotasyon): Yüzdürme (flotasyon) çökeltim işleminin tersi olup sudan daha düşük ağırlığa sahip taneciklerin yukarı doğru yükselmesi ve su yüzeyinden uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Yüzdürme işlemi sadece yerçekiminin etkisiyle (gravite) yapılabileceği gibi yerçekimi etkisine ilave olarak sisteme dışarıdan hava verilmesi veya yük nötralizasyonu sağlayarak açığa çıkan hidrojen ve oksijen gazlarının etkisiyle yüzdürme sağlanması mümkündür. Basit yağ tutucular, sıyırma havuzları (API gibi) ve plakalı yüzdürme havuzları (CPI) yerçekimi etkisiyle yüzdürme işlemi sağlarlar. Buna karşın hava flotasyonu (yüzdürmesi), çözülmüş hava flotasyonu, vakum flotasyonu elektro-flotasyon gibi yöntemler katkılı yüzdürme sistemleri altında incelenebilirler.

Izgaralar: Fiziksel arıtma ünitelerinin arasında en yaygın kullanılan ünitelerin başında ızgara ve elekler gelmektedir. Kullanım amacına göre arıtma tesisinin ilk ünitesi olarak ve/veya diğer ünitelerin önünde yer alabilirler. Arıtma mekanizması; suyun gözenekli veya aralıklı bir ortamdan geçirilmesi sırasında içindeki bez, karton, tahta, dal, yaprak vb. iri katı maddelerin tutulmasıdır.

Izgara sistemleri çubuklar arasındaki açıklıklarına yada gözenek büyüklüklerine göre kaba, ince ve mikro olarak üç grupta sınıflandırılabilir. Izgaralar bu sınıflandırmaya göre arıtma tesislerinde ardışık olarak (örneğin, önce kaba ardından ince ızgara) birbirini izleyecek biçimde yer alabilirler. Çizelge 2.9. 'da ince ızgara ve mikro elekler için tipik tasarım değerleri hakkında bilgi verilmektedir

Çizelge 2.5. İnce Izgaraların/Eleklerin Tasarım Esasları

Parametre	Statik ızgara	Tambur ızgara
Katı madde giderimi (%)	5-25	5-25
Yükleme hızı	860-3400 (m ³ /gün/m) ¹	880-6575 (m ³ /gün/m ²) ²
Elek açıklığı	0.25-1.5 mm	0.25-1.5 mm
Yük kaybı	1.2-2.1 m	0.8-1.4m
Motor gücü		4-2.2 KW
Ağırlıkça KM Yüzdesi (%)	12-15	16-25

¹(m³/gün/m elek genişliği)

²(m³/gün/m² elek alanı)

Kum tutucular: Kum tutucular arıtma tesislerinde ızgaralardan sonra yer alan, atıksuların içerdiği mineral kökenli, bozunmayan ve kolay çökebilen malzemenin tutulduğu ünitelerdir. Kum, ince çakıl gibi inorganik özellikteki malzemenin tutulmasıyla arıtma tesisindeki boru ve kanallarda birikimin ve mekanik aksamda aşındırıcı etkisinin önlenmesi, takip eden arıtma kademelerinde ortaya çıkabilecek problemlerin azaltılması mümkün olmaktadır. Kum tutucular ile

boyutları 2×10^{-2} cm'den büyük olan partiküllerin tutulabileceği, daha küçük boyutlardaki malzeme için çökeltim işleminin uygulanabileceği ifade edilmektedir (Degremont, 1991).

Öte yandan, kum tutucuların arıtma tesisi içindeki yeri, getirdikleri işletme problemleri yönüyle tartışılmaktadır. Teorik olarak kum tutucularda havuz tabanına sadece kumun çökmesi, tutulan bu malzemenin arıtma tesislerinden çıkan organik çamur olmayan ve ızgara atıkları ile beraber depolanabilen veya evsel çöp sahalarına gönderilebilir nitelikte atık olması beklenir. Ancak pratikte, kum taneleri çökerken etraflarına organik maddelerin yapışması (adsorpsiyon) kaçınılmaz olmaktadır. Dolayısıyla, kum tutuculardan çıkan atıkların bekletilmesi halinde organik maddenin çürümesine bağlı olarak koku, sinek vb. problemler ortaya çıkabilir. Bu sorun bazı kum tutucularda çöken çamurun ileri-geri hareket eden sıyrıcılarla taşınması ve yıkanması yoluyla giderilmeye çalışılmıştır. Ancak, bu durumda tesise ilave mekanik aksam ve işletme gideri gelmektedir. Bu nedenle arıtma tesisleri tasarımında atıksu karakteristikleri çok iyi analiz edilerek, gerçekten kum tutucuya ihtiyaç olup olmadığı belirlenmelidir. Kum tutucu yapılmamasına karşılık çökeltim havuzlarına ve dolayısıyla mekanik aksama gelecek ilave yük kum tutucu yatırım ve işletme maliyeti ile kıyaslanarak karar verilmelidir. Son yıllardaki yaygın uygulama bazı özel durumlar haricinde, işletme problemleri olması nedeniyle kum tutucuların kullanılmaması şeklindedir. Uygulamada, yatay akışlı, helezonik akışlı ve radyal akışlı olmak üzere üç tür kum tutucu mevcuttur.

Çökeltme: Çökeltim işlemi su ve atıksu arıtımında en yaygın kullanılan temel işlemlerdendir. Kumları ayrılan atıksular içindeki akım hızları 1 cm/s civarında olan havuzlara alınarak çökelebilen ve yüzücü maddelerinden ayrılır.

İlk çöktürme havuzları dikdörtgen veya dairesel planlı olabilir. İlk çöktürme havuzlara 1,5 ila 2 saat bekletme süresi temin edecek şekilde boyutlandırılırlar.

Genellikle artan bekletme süresine bağlı olarak çökeltilen madde oranı artmakla beraber; 2 saatlik bir bekletme süresinde çökelebilen ve yüzen katı maddelerin takriben %60'ı giderilir. Organik maddelerin çökertilmesi takriben %30 civarında Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) giderimi oluşturur (Muslu, 1990).

Plandaki şekli ne olursa olsun, bütün çökeltme havuzlara tabana çökelen çamurları toplama ve uzaklaştırma elemanları ile teçhiz edilirler. Dikdörtgen planlı havuzlarda genellikle sonsuz zincir ve tahta kanatlardan oluşan sistem uygulanır. Dairesel havuzlarda döner sıyrıcılar ile havuz tabanından toplanan çamurlar merkezdeki çamur konisine boşaltılır.

Yatay akımlı dairesele veya dikdörtgen çökeltim havuzları atıksu arıtımında ön çökeltim ve kimyasal çökeltim amacıyla yaygın olarak kullanılır. Çizelge 2.6. 'da dikdörtgen ve dairesele yatay akımlı çökeltim havuzlarının bazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.6. Dikdörtgen ve Yatay Akımlı Çökeltim Havuzlarının Özellikleri
(Metcalf & Eddy, 2003)

Parametre	Tipik Değer	Aralık
Dairesel Çökeltim Havuzu		
Çap (D), (m)	12-45	3-60
Derinlik (H), (m)	4.5	3-5
Taban eğimi, (mm/m)	80	60-160
Sıyrıcı hızı, (devir/dak)	0.03	0.02-0.05
Dikdörtgen		
Derinlik (H), (m)	3.6	3-5
Uzunluk (L), (m)	25-40	15-90
Genişlik (W), (m)	6-10	3-24
L/W	3:1	2.25:1'e kadar
W/H	1:1	
Sıyrıcı hızı (devir/dak)	1.0	0.6-1.2

2.3.3. II. Kademe Arıtma

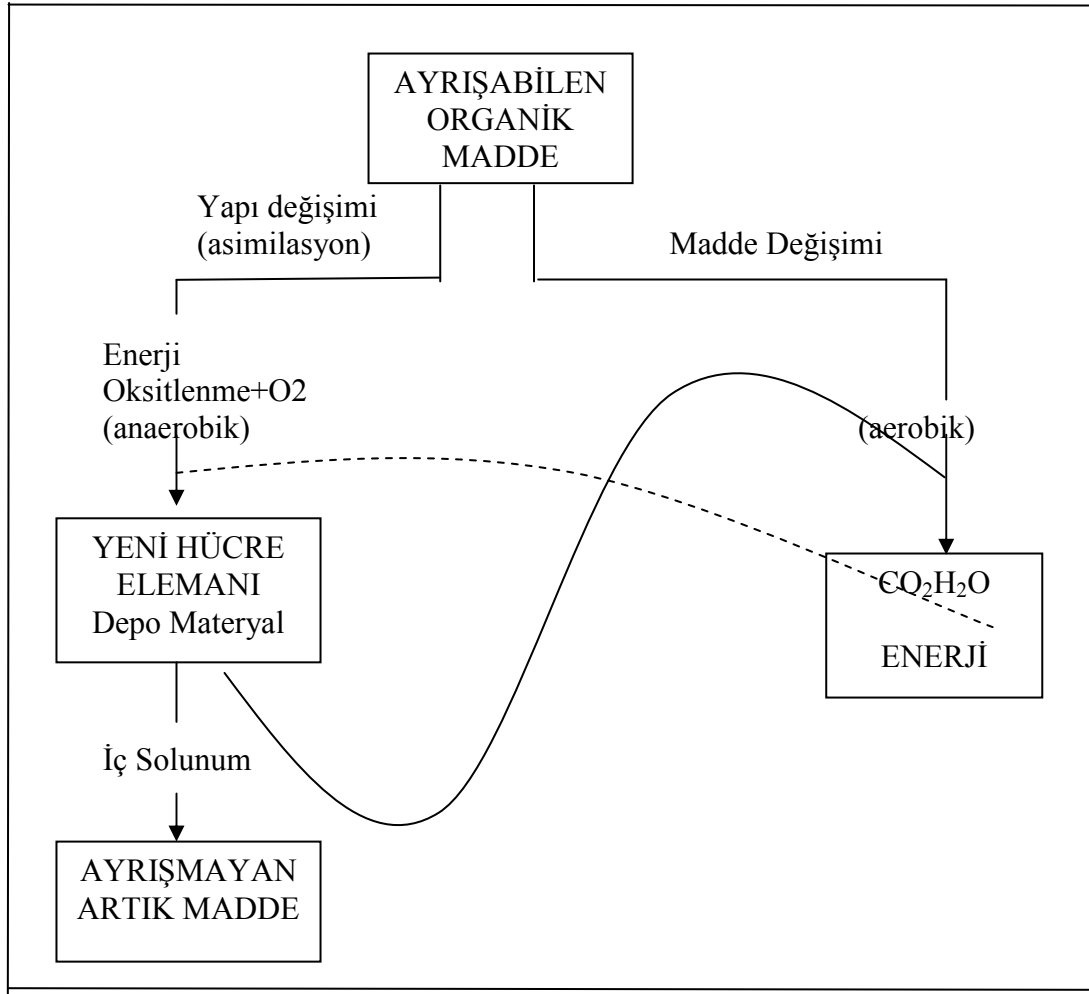
İkinci kademe arıtma yöntemlerini kullanılan işlem ve yöntemler bakımından iki grupta toplanabilir Bunlardan ilki kimyasal arıtıma yöntemi diğer yöntem ise biyolojik arıtıma yöntemidir.

2.3.3.1. Biyolojik Atıksu Arıtımı

Biyolojik arıtma atıksuda mevcut olan askıdaki katı maddeler veya erimiş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik fokal ile atıksu içinde kalan veya gaz olarak atmosfere bırakılan sabit inorganik bileşenler dönüşme işlemidir.

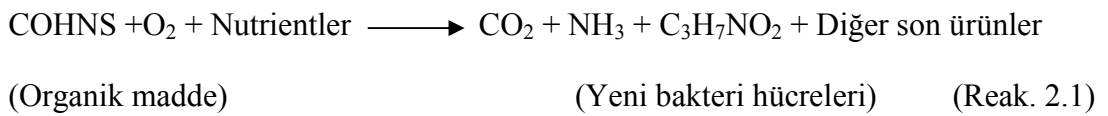
Ön arıtmada genelde ham atıksu bulunan BOİ'nin %30-35'i , AKM'nin %60'ı uzaklaştırılmaktadır. Daha fazla BOİ giderimi için ikincil arıtma uygulanması gerekmektedir. Çökelemeyen veya çözünmüş organik maddeler biyolojik arıtma ünitelerinde kısmen okside olurken kısmen de yeni bakteri kütlesi haline dönüştürülürler.

Biyolojik arıtma sistemleri serbest ortamdaki oksijen varlığına göre aerobik ve anaerobik olarak sınıflandırılabilir. Aerobik arıtmada organik maddeler sentez ve oksidasyon yolu ile giderilir.. Aerobik arıtmada organik madde giderme mekanizması Şekil 2.2.'de görülmektedir.

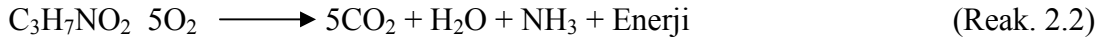


Şekil 2.2. Aerobik Arıtmada Organik Madde Giderme Mekanizması

Organik madde mikrobiyal büyüme için hem karbon hem de enerji kaynağı olarak görev alır ve yeni hücrelerin sentezinde kullanılır. Oksidasyon ve sentezin oluşum reaksiyonu;



Kısıtlı besin maddesinin varlığında mikroorganizmanın kendisi hücresel faaliyetlerinin devamı için gerekli olan enerjinin elde edilmesinde kullanılır. Bu olaya iç solunum olayı (endogenous respiration) adı verilir ve reaksiyon;



Dahili solunum reaksiyonun sonuçları nispeten basit son ürünler ve enerji olmasına rağmen kararlı organik son ürünler de oluşur. İç solunum basık olduğu zaman mikroorganizmaların büyümesi durmaz; ancak artan hücresel ayrışma sonucu bakteri kütlelerinde azalma meydana gelir.

Aerobik arıtma sistemlerinin organizmaların sistemdeki durumuna göre askıda ve sabit film prosesleri olarak sınıflandırılır. Askıda prosesler, aktif çamur sistemi ve bunun değişik uygulamalarıdır. Sabit film prosesleri ise damlatmalı filtreler, biyodiskler ve akışkan yataklı sistemlerdir.

2.3.3.1.(1). Aktif Çamur Sistemleri

Aerobik atıksu tasfiye sistemleri ile atıksularda bulunan organiklerin büyük bir kısmını daha az zararlı inorganik maddelere, kontrollü bir şekilde dönüştürmek mümkündür. Aktif çamur prosesi, çözünmüş ve koloidal yapıdaki maddeleri biyolojik yumaklar haline dönüştürmek için kullanılan bir sistemdir.

Aktif çamur süreci, atıksuyun bünyesindeki çözünmüş, partiküler ve koloidal yapıdaki organik maddelerin arıtılmasında en yaygın kullanılan yöntem olma özelliğine sahiptir. Sürecin temel tasarım parametreleri oldukça iyi bilinmektedir, fakat uygun olmayan işletme koşulları süreç verimini etkilemektedir. Aktif çamur süreci, arıtımı gerçekleştiren mikroorganizmaların askıda büyüme özelliklerine sahip olduğu bir aerobik biyolojik arıtma yöntemidir. Arıtım olgusu, oksijen ihtiyacına sahip olan maddelerin mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri ile son ürünlere dönüştürülmesi ve yüksek kalitede çıkış suyunun eldesine yöneliktir. İkincil arıtım amacı ile kullanılan bu arıtma yöntemi, aynı zamanda bir ileri (üçüncül) arıtım süreci olma özelliklerini de taşır. Aktif çamur süreçleri genellikle kendisinden önce yer alan bir ön çökeltme havuzuna sahiptir; fakat atıksuyun özelliklerine ve süreç tasarımına bağlı olarak, ön çökeltme havuzu kullanılmayabilir (Metcalf and Eddy, 1991). Aktif çamur sürecinin bir modifikasyonu (uzun havalandırma), günümüzde, atıksuyun bünyesindeki amonyak konsantrasyonunun azaltılması amacı ile bir nitrifikasyon

süreci olarak da uygulanmaktadır. Amonyak, yüksek konsantrasyonlarda sucul yaşam için toksik özellikler sergileyen ve alıcı ortamda oksijen ihtiyacına neden olan bir inorganik kirleticidir.

Çizelge 2.7. Süreç Modifikasyonları İçin Tipik Tasarım Parametreleri-1.

Süreç Modifikasyonu	SRT (gün)	F/M (kg BOİ₅/MLVSS.gün)	Hacimsel Yükleme Hızı (kg BOİ₅/m³.gün)
Alışlagelen	5-15	0.2-0.4	0.32-0.64
Tam karışımlı	5-15	0.2-0.6	0.80-2.72
Kademeli beslemeli	5-15	0.2-0.4	0.64-0.96
Modifiye havalandırmalı	0.2-0.5	1.5-5.0	1.20-2.40
Temas stabilizasyon	5-15	0.2-0.6	0.96-1.20
Uzun havalandırmalı	20-30	0.05-0.15	0.16-0.40
Yüksek hızlı havalandırmalı	5-10	0.4-1.5	1.60-16.0
Oksijenle havalandırmalı	3-10	0.25-1.0	1.60-3.20
Oksidasyon hendeği	10-30	0.05-0.30	0.08-0.48
Tek kademeli nitrifikasyon	8-20	0.10-0.25	0.08-0.32
Ayrı kademeli nitrifikasyon	15-100	0.05-0.20	0.05-0.14

Çizelge 2.8. Süreç Modifikasyonları İçin Tipik Tasarım Parametreleri-2.

Süreç Modifikasyonu	MLSS (mg/l)	Havalandırma Süresi (saat)	Geri Çevrim Oranı (%)
Alışılabilen	1,500-3,000	4-8	25-75
Tam karışım	2,500-4,000	3-5	25-100
Kademeli beslemeli	2,000-3,500	3-5	25-75
Modifiye havalandırma	200-1,000	1.5-3	5-25
Temas stabilizasyon	1,000-3,000	0.5-1.0	50-150
	4,000-10,000	3-6	50-150
Uzun havalandırma	3,000-6,000	18-36	50-150
Yüksek hızlı havalandırma	4,000-10,000	2-4	100-500
Oksijenle havalandırma	2,000-5,000	1-3	25-500
Oksidasyon hendeği	3,000-6,000	8-36	75-150
Tek kademeli nitrifikasyon	2,000-3,500	6-15	50-150
Ayrı kademeli nitrifikasyon	2,000-3,500	3-6	50-200

Arıtım Mekanizması

Atıksu, organik maddenin mikroorganizmalar ile temasını sağlamak üzere içerisinde biyolojik yumakların geliştirildiği bir havuza alınır. Hücre büyümesi için karbon ve enerji kaynağı olan organik madde, genelde karbondioksitten ibaret olan son ürünlere dönüştürülür. Havalandırma havuzunun içeriği karışık sıvı olarak adlandırılır. Karışık sıvı askıda katı madde konsantrasyonu (MLSS) veya karışık sıvı uçucu askıda katı madde konsantrasyonu (MLVSS) olarak tanımlanan biyolojik kütle, mikroorganizmalardan, inert askıdaki maddelerden ve biyolojik olarak ayrıştırılamayan askıda katı maddelerden ibarettir. Mikroorganizmaların % 70 ila 90'ı organik, geri kalan kısmı ise inorganik yapıdadır. Hücrelerin tipi, atıksuyun

kimyasal bileşimine ve biyolojik kütledeki organizmaların özgül özelliklerine bağlıdır. Havalandırma havuzundan alınan karışık sıvı, çökeltme havuzu olarak tanımlanan bir durultucuya verilir ve burada askıdaki katıların arıtılmış sudan ayrılması sağlanır. Çökeltme havuzunun tabanına çökelmiş konsantre haldeki askıda katılar, havalandırma havuzundaki mikroorganizmaların konsantrasyonunu belirli bir seviyede tutmak amacı ile sürecin başına geri devrettirilir. Süreçte sürekli olarak bir mikroorganizma büyümesi olduğundan, aşırı biyokütlenin belirli aralıklarla sistemden uzaklaştırılması gerekir. Bu katılar geri çevrim hattından veya havalandırma havuzundan atılır. Sürecin tasarım ve işletimine bağlı olarak, katı üretimini arttırmak veya azaltmak olasıdır. Aktif çamur süreci tasarımı, genelde katı alıkoyma süresi (“solid retention time”, SRT) olarak tanımlanan, çamurun sistemde korunma zamanı, besin-mikroorganizma oranı (F/M) olarak tanımlanan organik yükleme hızı veya hidrolik alıkoyma süresi bazında gerçekleştirilir.

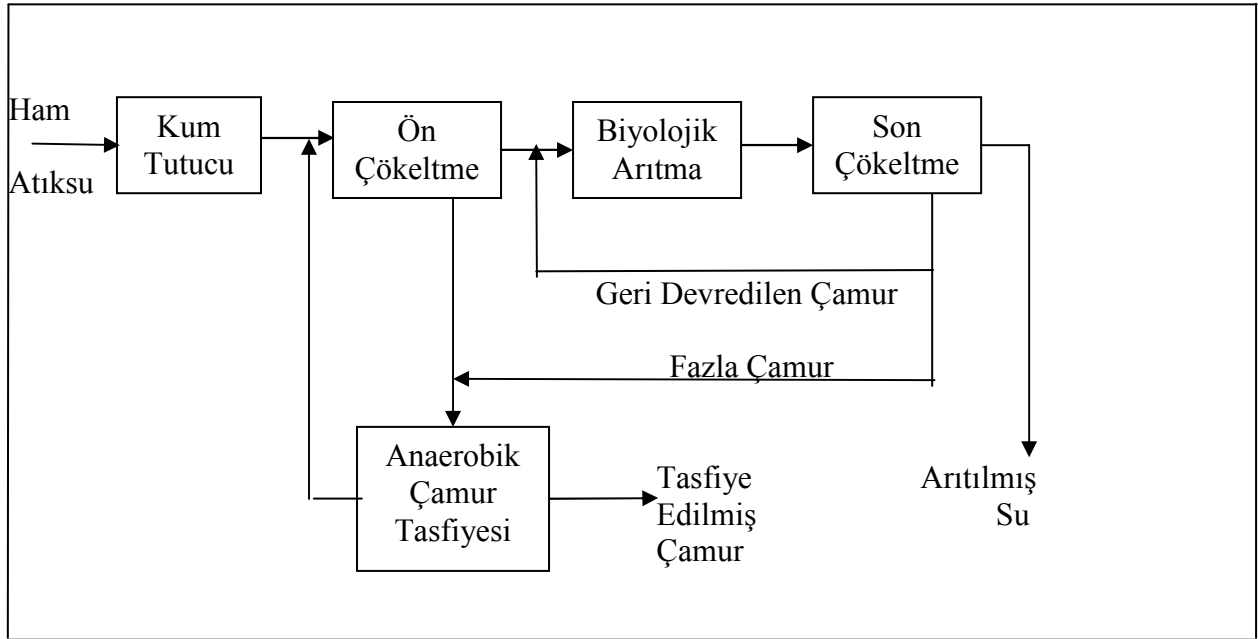
Aktif çamur sistemini çeşitli modifikasyonları bulunmaktadır. Arıtmada kullanılan belli başlı modifikasyonlar klasik aktif çamur sistemi, kontakt stabilizasyon, uzun havalandırma sistemler sayılabilir.

2.3.3.1.(1).(a). Klasik Aktif Çamur Sistemi

Aktif çamur prosesi, sürekli çalışan havalandırma sığ bir tank ile bu tankın çıkışına yerleştirilen havuzundan ibarettir. Çökeltim çamuru geri döngüyle tankın girişine verilir ve bir kısmı da sistemden uzaklaştırılır. Sistem geri döngüsüz olarak da çalıştırılabilir ancak geri döngülü sistemler daha verimli çalışır. Bu arıtım yöntemi genel olarak ikincil arıtma işlemi olarak kabul edilmekte ve ön çökeltme birimini izlemektedir. Bununla birlikte atıksuyun özelliklerine bağlı olarak ön çökeltme kaldırılabilir (Metcalf and Eddy, 1991).

Bu proseste mikroorganizmaların havalandırma havuzu içindeki karışık sıvıda askıda tutulması esastır. Çökeltim özelliği arttırılan biyolojik yumaklar, biyolojik üniteyi takiben çökeltme havuzuna geçer. Arıtılan su, sistemi terk ederken çöken çamurun bir kısmı havalandırma havuzunda istenen mikroorganizma

konsantrasyonunu korumak üzere geri devrettirilir. Fazla çamur ise çamur işleme ünitelerine gönderilerek uzaklaştırılır. Aşağıda tipik bir aktif çamur arıtma sistemi akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tipik Bir Aktif Çamur Akım Sistemi Akım Şeması

Bir aktif çamur süreci aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır:

- Tam karışımly yada piston akış için tasarlanmış bir veya birden fazla reaktör havuzu; her havuz yarım saat ile 24 saat arasında hidrolik bekleme süresini sağlayacak şekilde yeterli büyüklükte olmalıdır.
- Reaktöre organik maddenin parçalanmasında ihtiyaç duyulan oksijenin sağlanmasında kullanılabilecek difüzör veya mekanik havalandırıcı
- Reaktör içeriğinin karıştırılması için bir donanım
- Mikrobiyolojik kütlenin arıtılmış atıksudan ayrılması için bir çökeltme havuzu

- Çökeltme havuzunda toplanan katıların havalandırma havuzuna yeniden devir yapılabilmesi için bir donanım
- Sistemden fazla biyolojik katı maddelerin atılması için bir donanım bulunmalıdır.

Aktif çamur proseslerinin tasarımında aşağıda belirtilen faktörler göz önünde bulundurulmalıdır:

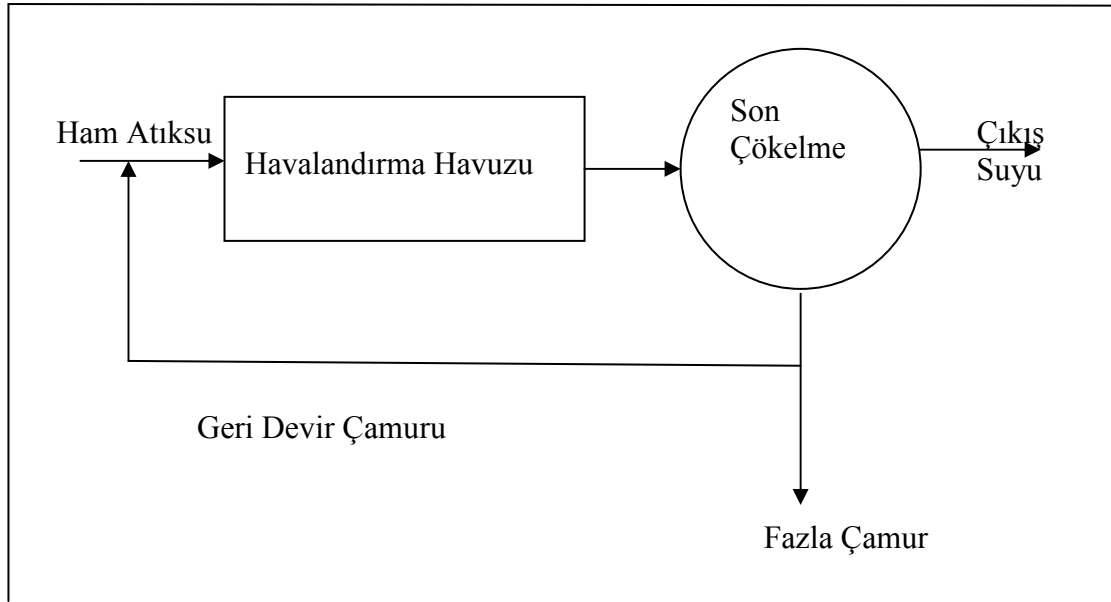
1. Reaktör tipinin seçimi
2. Yükleme kriteri (organik yükleme)
3. Çamur üretimi
4. Oksijen gereksinimleri ve transferi
5. Nütrient gereksinim
6. Flamentli organizmaların kontrolü
7. Çıkış suyu özellikleri

Çökeltilmiş atık suyun havalandırma havuzundan sonra, son çökeltim havuzuna alınır. Burada oluşan çamur, atıksulardaki organik maddelerin oksidasyonunu sağlamak için geri devrettirilir ve yüksek aktiflikte çamur elde edilir. Bu çamur “aktif çamur” olarak bilinir. Proses, maddeler halinde şöyle özetlenebilir:

- Çökeltilmiş atıksu havalandırma tanklarında geri devreden çamurla 1.000-3.000 mg /l AKM konsantrasyonu verecek şekilde karıştırılarak havalandırılır.
- Oluşan karışım uygun bir süre tankta havalandırılır. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu 1-2 mg/l'nin altına düşmemelidir.
- Havalandırma tanklarından son çökeltme tankına alınan karışım 2-4 saat çökeltilir. Üst fazdaki su temizlenmiştir. Deşarj standartlarını sağlamak için ileri bir arıtma gerekmiyorsa, bir alıcı ortama deşarj edilebilir.
- Bu tanklardan sürekli olarak çamur çekilir. Bir kısmı havalandırma tankına geri devrettirilirken, kalanı çamur uzaklaştırma ünitelerine alınır. Bazı durumlarda; çamur havalandırma tankına verilmeden önce özel havalandırma tanklarında şartlandırılır.

2.3.3.1.(1). (b) Uzun havalandırma

Paswer ve korosel tipli oksidasyon hendekleri uzun havalandırmalı sistemlerdir. Bu sistem ilk olarak Hollanda’da geliştirilmiştir. Günümüzde de dünya üzerinde binlercesi başarıyla çalışmaktadır. En büyük karosel hendek Almanya’da bir ilaç fabrikasında yaklaşık 830.000 eşdeğer nüfusa sahip bir tesise hizmet vermektedir. Aşağıdaki şekilde uzun havalandırmalı aktif çamur prosesinin akım şeması görülmektedir.



Şekil 2.4. Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Prosesinin Akım Şeması

ABD ve birçok ülkede paket tesisler prensip olarak uzun havalandırmalı olarak çalışır. Karosel tipi hendekler uzun havalandırmalı lagünlerin özel bir durumu olarak düşünülebilir. Hollanda’da karosel tipi hendekler için eşdeğer nüfus limiti 300.000 kişidir. Güney Afrika’da ise daha büyük nüfuslar için uzun havalandırmalı sistemler tercih edilmektedir.

Uzun havalandırmalı sistemlerde sıcaklığın arıtma tesisini yükleme üzerine büyük bir etkisi yoktur. Paswer, Hollanda’nın iklim şartlarında 54 g BOI₅/kişi ve MLSS= 4000 mg/l için küçük tesislerde kişi başına 250 litre ve daha büyük hacimler seçilmesini tavsiye etmektedir. $VSS/SS = 0,65$ alınırsa Paswer’in tavsiyesinin

karşılığı $F/M = 0,083 \text{ kg BOI}_5/\text{kg MLVSS-gün}$ olmaktadır. Yine bu kritere göre F/M değeri 25-30 gün arasında değişir.

Coutts ve Christianson Alaska'nın soğuk hava şartlarında havuz içerik sıcaklığının devamlı olarak 7°C nin altında olduğu durumlar için yüklemenin $0,08 \text{ kg BOI}_5/\text{kg MLVSS-gün}$ değeriyle sınırlandırılmasını tavsiye etmişlerdir.

Çamur kontrolü

Havalandırma tanklarında MLSS konsantrasyonu çamur çökeltme şartlarında 400 mg/l de tutabilmek için geri devir oranı $0,75 - 1,0$ arasında seçilir. Atık çamurda çözünmüş oksijen konsantrasyonu $0,5 \text{ mg/l}$ değerinin altına düşmemelidir. Aksi halde ipliksi organizmalar gelişir ve çamur şişmesi denilen olay gözlemlenir. Prosesi aşırı havalandırmada ipliksi kolilerin oluşmasına sebep olur ve arıtım verimini etkiler.

Uzun havalandırma sistemlerinde net VSS üretimi $0,25 - 0,4 \text{ kg/kg BOI}_U$ seviyesindedir. VSS SS'nin %50-80 lik kısmını oluşturduğundan, bu kadar çok VSS yi sistemden atmak için daha çok SS çekmek gerekir.

Bears, Hollanda'daki oksidasyon hendeklerinden kişi başına günde 30 g . Kuru ağırlıklı volatil ve inert askıda katı madde uzaklaştırması gerektiğini belirtmiştir. Paswer bu 30 g/kişi-gün değerinin kış mevsimin de $40 - 45 \text{ g SS/kişi-gün}$ değerine kadar yükselebileceğini ifade etmektedir. Christianson sıcaklığın devamlı 7°C olduğu Alaka şarlarında fazla çamur üretim miktarının uygulanan her kg BOI_5 için $0, \text{ kg SS}$ değerine kadar. Çıktığını belirtmiştir (yani $\text{BOI}_5 = 54 \text{ g/kişi-gün}$ için 32 g/kişi-gün).

2.3.3.1.(2). Damlatmalı Filtreler

Damlatmalı filtreler, ilk geliştirilen arıtma tesislerinden olup; paketlenmiş-yataklı yapışık film reaktörleridir. Damlatmalı filtrelerdeki biyolojik bozunma, aktif çamur prosesindeki gibi olur. Ancak, burada aktif çamur sistemindeki MLSS yerine, katı bir ortama (taş veya plastik) yapışık biyofilm vardır. Katı ortam, yaklaşık 2 m derinliğinde bir yatağa yerleştirilir ve atıksu bunun üzerine dozlanır (serpiştirilir).

Eski ve güvenilir biyolojik arıtma sistemlerinden olan damlatmalı filtreler %70 ile 85 oranında BOİ giderirler ve filtre yatağı 4 cm ile 12.5 cm arasında taş veya özel imal edilmiş malzeme ile teşkil edilir.

Damlatmalı filtrenin çalışması:

Çoğu damlatmalı filtreler geniş çaplı fazla yüksek olmayan, içi çakılla doldurulmuş silindir yapıda olup üst tarafında atıksuyu filtre yüzeyine serpen bir dağıtıcı bulunmaktadır. Damlatmalı filtrelerin değişik şekilleri inşa edilmiştir. Bunlar:

- Yavaş filtreler
- Yüksek hızlı filtreler
- Kaba filtreler
- Kademeli (ardışık) filtrelerdir

Damlatmalı filtrede organizmaların filtre malzemesi üzerinde gelişmesini sağlamak başarılı bir işletme için önemli bir husustur. Ancak bu yaşanan ve pürüzlülüğü iyice giden biyofilmin yenilenmesi gerekir. Bu işlem ise daha çok geri devir sayesinde yapılır. Biyofilmin koparılması göllenmeyi önlemekte ve filtrenin havalanmasını artırmaktadır. Hidrolik yüklemenin de artırılması sümüklü böcek ve filtre sineklerinin çoğalmasını da azaltır. Biyofilm tabakası kalınlığının doğrudan, atıksuyun çözünmüş organik madde konsantrasyonu ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Yine burada geri devir uygulamasıyla filtreye verilen atıksu seyreltilebilmekte, böylece aşırı biyofilm üretiminin önüne geçilebilmektedir.

Geri devir, sabit veya kesikli, kararlı veya düzensiz olabilmektedir. Geri devir, bazen debinin düşük olduğu durumlarda dağıtıcı kolun dönmeye devam etmesini sağlamak bazen biyofilmin korunmasını bazen ise filtrenin donmasını önlemek maksadıyla da uygulanmaktadır. Maksimum verim için filtre yüzeyindeki biyofilm tabakası oldukça aerobik olmalıdır.

Damlatmalı Filtrelerin Sınıflandırılması

Standart Hızlı (Yavaş) Filtreler: Standart hızlı filtreler 1 ila 4 m³/m²-gün aralığında hidrolik yüke ve 0,08 ila 0,4 kgBOİ₅/m³-gün aralığında organik yük ile işletilir. Filtre gövdesi çoğunlukla 1,8 – 2,4 m yüksekliğinde çakıl malzemenen

yapılır. Atıksu dağıtıcı bir kol ile filtre üzerine serpilir. Bu filtreler BOI_5 değerini 20 – 25mg/l gibi oldukça düşük ve kararlı değere indirir.

Yüksek Hızlı Filtreler: Yüksek hızlı filtreler, düşük hızlı filtrelerin inşaat maliyetini düşürme ve aynı tesisatta atık yükünü artırarak arıtma yapma düşüncesinden doğmuştur.

Yüksek hızlı filtrelerin yükseklikleri, çakıl malzeme için 0,9-1,5m, sentetik malzeme için ise 4,5 -9 m arasında değişir. Tavsiye edilen hidrolik yükler çakıl malzeme için 4 - 40 m^3/m^2 -gün, sentetik malzeme için 14 -85 m^3/m^2 -gün arasındadır. Tavsiye elden organik yükler ise çakıl malzeme için 0,4 – 1,6 $kgBOI_5/m^3$ -gün ve sentetik malzeme için 0,8 -4,8 $kgBOI_5/m^3$ -gün arasında değişmektedir. Yükler sentetik malzeme için daha yüksek olabilir. Bu filtreler sürekli beslenecek şekilde boyutlandırılır. Uygulamada bütün yüksek hızlı filtreler geri devirlidir.

Yüksek hızlı damlatmalı filtreler evsel atıksuların BOI_5 değerini 20 -50 mg/l mertebesine kadar düşürürler.

Kaba Filtreler: Kaba filtreler aslında çok yüksek organik yüklerle çalışan yüksek hızlı damlatmalı filtrelerdir. 4,8 $kgBOI_5/m^3$ -gün den daha yüksek organik yüklerle çalışan her filtre kaba damlatmalı filtre sınıfında düşünülebilir. Bu tip filtreler esas olarak ikinci kademe damlatmalı filtre veya aktif çamur prosesinden önce ardışık oksidasyon prosesinin organik yükünü düşürmek amacı ile kullanılır. Kaba damlatmalı filtreler BOI_5 gideriminin %50 - %75 civarında yeterli olduğu durumlarda kullanılırlar.

Kademeli (Ardışık) Filtre: Genelde debinin düşük olduğu küçük tesislerde ve atıksuyun kirlilik derecesinin fazla olmadığı ve ayrıca atıksu kirlilik standartlarının çok sıkı tutulmadığı durumlarda tek kademeli damlatmalı filtre yeterlidir ve bu sistem çok ekonomiktir.

Çizelge 2.9. Damlatmalı Filtrelerde Yükleme Kriterleri

<u>Standart (yavaş) hızlı filtre (çakıl malzeme):</u>	
Filtre yüksekliği	1,8 -2,4 m
Hidrolik yükleme hızı	1 - 4 m ³ /m ² -gün
Organik yükleme hızı	0,08 -0,4 kg/m ³ -gün
<u>Yüksek hızlı filtre (çakıl malzeme):</u>	
Filtre yüksekliği	0,9 – 1,5 m
Hidrolik yükleme hızı	4 - 40 m ³ /m ² -gün
Organik yükleme hızı	0,4 -1,6 kg/m ³ -gün
<u>Yüksek hızlı filtre (sentetik malzeme):</u>	
Filtre yüksekliği	5 – 10 m
Hidrolik yükleme hızı	15 - 90 m ³ /m ² -gün
Organik yükleme hızı	0,8 -4,8 kg/m ³ -gün
<u>Kaba filtreler (sentetik malzeme):</u>	
Filtre yüksekliği	5 – 10 m
Hidrolik yükleme hızı	60 - 80 m ³ /m ² -gün
Organik yükleme hızı	1,5 -4,8 kg/m ³ -gün

Damlatmalı Filtrede Soğuk Havadan Kaynaklanan Problemler

Bir boruda veya çökelticide soğuk hava önemli bir problem oluşturmaz. Bununla birlikte arada sırada, dağıtıcıdan çıkan veya filtre malzemesi üzerinde ince bir tabaka halinde akan atıksu donma noktasına ulaşabilmekte ve filtre üzerinde buzlanma meydana getirmektedir. Filtrede buzlanmaya karşı şu önlemler alınabilir:

- 1) Filtrenin uygun çalışmasını temin için yeterli akımı sağlayacak ölçüde kalmak şartı ile geri devir oranı azaltılabilir. Çünkü ham atıksuyun sıcaklığı çoğunlukla geri devir suyundan daha sıcak olacaktır.
- 2) İki kademeli damlatmalı filtreleri seri yerine paralel çalıştırma buzlanmayı önleyebilir.

- 3) Püskürmenin etkisini azaltmak ve/veya püskürtmeyi önlemek.
- 4) Rüzgâr perdeleri, kapaklar veya gölgelikler inşa ettirmek.
- 5) Geniş alanlardaki buzları temizlemek.
- 6) Muhafaza duvarı boyunca bir püskürtücüden daha iyi akıntı sağlamak için, dağıtıcı kol ucundaki boşaltma deliği kısmen aralanmalıdır.
- 7) Gerekirse filtreye giren atıksuyu sıcak su veya buhar ile ısıtmak.

Damlatmalı Filtrenin Avantajları:

- İşletme maliyeti düşüktür.
- Teknik kontrol ihtiyacının azdır, yetişmiş eleman gerektirmez.
- Çok kirli endüstriyel atıksular ile kirlilik yükü dalgalanan atıksular için uygundur.
- Yüksek nitrifikasyona uğramış akış suyu üretir ve sentetik deterjanlardan kaynaklanan köpüklenme problemi azdır.
- Havalandırıcı/karıştırıcı gerektirmez.

Damlatmalı Filtrenin Dezavantajları:

- İlk yatırım maliyetinin yüksek olması,
- Kışın göllenme ve donma gibi işletme problemlerinin görülmesi,
- Geniş yer gereksinimi, sinek ve koku oluşumu,
- Çıkış suyu AKM konsantrasyonunun yüksek olması.
- Verimleri düşüktür ve çamur problemi vardır.
- Kendilerinden önce yağ giderilmiş olmalıdır.

2.3.3.1.(3). Dönen Biyolojik Reaktörler (Biyodiskler)

Biyodiskler bir şaft ve bunun etrafını saran disklerden meydana gelir. Bu proses yapı itibarı ile damlatmalı filtreler ile benzerlik gösterir. Biyodisklerde biyolojik çamur plastik malzemenin yani disk alanı üzerinde gelişir. Atıksu içerisine kısmen batmış olarak yerleştirilen diskler dönme hareketi ile atıksuyu arıtma işlemini yaparken disk sudan çıktığında oksijen ihtiyacını karşılar. Plastik diskler maksimum 3,6m çapında dairesel kesitli yüksek yoğunluklu malzemedan yapılıır. Bu diskler

boyları maksimum 7,5m olan yatay şaftlara monte edilir ve montaj esnasında levhalar arasında çamur gelişmesi ve hava sirkülasyonu için yeterli ara mesafe bulunmalıdır.

Biyodisklerin %40'ı su içerisinde kalacak şekilde monte edilir ve 1,5 devir/dakika hız ile çalıştırılır.

Biyodisklerin üzerinde oluşan atıksu filmi besin ihtiyacını atıksudan oksijen ihtiyacını da havadan temin eder. Diske tutunmuş çamur belirli bir kalınlığa gelince, disk atıksu içerisinde geçerken kesme kuvveti tesiriyle film koparak tekrar atıksuya karışır. Ortama karışan bu çamurlar son çökelme tankında çökelerek atıksudan ayrılırlar. Biyodiskler arıtma tesisinde damlatmalı filtre ve aktif çamur sisteminde olduğu gibi aynı yere koyurlar yalnız bu sistemlerde geri devir olmaz.

Dönen biyolojik reaktörler:

- Mikroorganizmayı donmaya karşı korumak.
- Tesisin yağış tesirinden korumak malzemeyi güneş ışığından korumak.
- İşletmeci personeli hava şartlarından korumak.

İçin üstleri örtülür.

Biyodisklerin verimleri hidrolik yük ve sıcaklık ile de değişir. Biyodiskler 13 °C altındaki sıcaklıklarla etkilenir. Tesisler genellikle 72 m³/gün ile 200 m³/gün debilerinde projelendirilir. Bununla beraber 20 m³/gün ün altında oldukça çok tesis vardır. tipik işletme bakım karakteristikleri şöyledir:

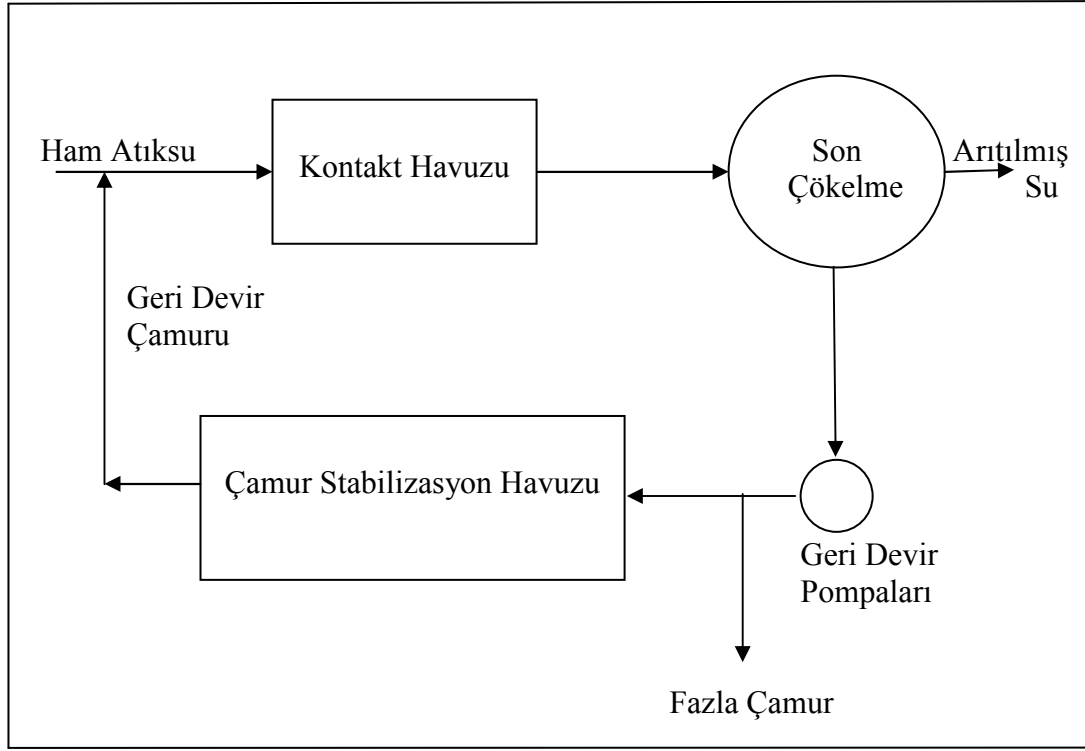
Çizelge 2.10. Biyodisklerin İşletme Bakım Karakteristikleri

<u>Hidrolik yükleme:</u>	
BOI giderimi	0,06 – 0,24 m ³ /m ² gün
N giderimi	0,06 – 0,072 m ³ /m ² gün
m ³ /m ² gün	
<u>Organik yükleme:</u>	
Çözünmüş BOI	12,2 – 19,5 g/m ² gün
BOI giderimi	%80-95
Çıkışta toplam BOI	10 – 30 mg/l
Çıkışta çözünmüş BOI	5 - 15 mg/l
Çıkışta NH ₃ _N	1 - 10 mg/l
Çıkışta NH ₂ _N	2 - 7 mg/l

Yapılan deneysel çalışmalar biyodisklerin verimine en fazla organik yüklemnin tesir ettiğini göstermiştir. Biyodiskler sinek oluşumu, göllenme gibi konularda damlatmalı filtrele nazaran daha avantajlıdır. Damlatmalı filtrelerin alt kısımlarında anaerobik şartlar oluşmasına karşın biyodisklerde böyle bir sorun olması ihtimali yoktur.

2.3.3.1.(4). Stabilizasyon Havuzları

Stabilizasyon havuzları, atıksuların içindeki organik maddelerin ayrıştırılıp, zararsız hale getirildiği, topraktan yapılmış nispeten sığ havuzlardır. Stabilizasyon havuzlarının, havalandırılmalı lagünlerden farkı, burada gerekli oksijenin havuzun yüzey kısmında üreyen alg yosunları tarafından tabii olarak sağlanmasıdır. Dolayısıyla normal olarak bir havalandırma tertibatına ihtiyaç göstermezler. (Toprak, 1996)



Şekil 2.5. Kontakt Stabilizasyon Havuzu Akım Şeması

Stabilizasyon havuzları küçük yerlerde bilhassa çok kullanılır. Çünkü bu halde diğer tasfiye metodlarına nazaran inşaat ve işletme masraflarının düşüklüğü önemli bir ekonomik bir avantaj teşkil eder. Stabilizasyon havuzları, endüstri atıksularının tasfiyesi maksadıyla da yaygın olarak tatbik edilmektedir.

Stabilizasyon havuzlarını, atıksuyun bileşimine, meydana gelen biyokimyasal olayların cinsine, inşaat şekline göre Aerobik havuzlar, anaerobik havuzlar ve aerobik-anaerobik havuzlar (fakültatif) havuzlar olmak üzere üçe ayrılarak sınıflandırılırlar.

2.3.3.1.(4). (a). Aerobik Stabilizasyon Havuzlar

Bunlar sığ havuzlar olup yüksek derecede tasfiye temin eder. Fazla miktarda alg hücresi ürer Çözülmüş organik atıkların tasfiyesinde, biyolojik tasfiyeden geçmiş

suların daha ileri derecede temizlenmesinde ve üçüncü kademe arıtma işlerinde kullanılır.

2.3.3.1.(4). (b) Anaerobik Stabilizasyon Havuzlar

Bunlar çok kirli suları temizlemekte kullanılırlar ve çökeltme havuzu olarak da iş görürler. Tabana çöken katı maddeler, anaerobik şartlar altında gelişen bakterilerin etkisiyle ayrıştırılır. Bu havuzlardan çıkan sular henüz temizlenmemiş olduğundan , yüzeysel sulara verilmeden önce , aerobik veya fakültatif bir havuzdan geçirilmelidir.

2.3.3.1.(4). (c) Fakültatif Stabilizasyon Havuzlar

Bu havuzlarda havuzun tabanında bir anaerobik bölge bulunur. Lüzumlu oksijen güneş ışığının nüfuz ettiği yüzey tabakasında üreyen klorofilli alg yosunlarının gerçekleştirdiği fotosentez yoluyla sağlanır. (Samsunlu, A., 1987)

Izgaralardan geçirilmiş ve başka hiçbir tasfiye işlemi görmemiş atıksuların muamelesinde kullanılan fakültatif havuzların bekletme süresi en az 60 gün olmalıdır.

2.3.3.1.(4). (d) Stabilizasyon Havuzlarının Avantajları ve Dezavantajları

Stabilizasyon havuzlarının atıksu atımında kullanılan diğer metotlara göre bir çok avantajları bulunmaktadır.

Avantajları:

- Güneş enerjisi dışında enerji gereksinimlerinin bulunmaması, yatırım ve işletme masraflarının düşüklüğü

- Bakım gereksinimlerinin çok basit olması
- Patojenlerin %99,99'unun, fekal koliformlarının büyük ölçüde uzaklaştırılması, protozoa ve bağırsak solucanı yumurtalarının tamamen giderilmesi.
- Yaz aylarında artan nüfusla birlikte debi artışlarını karşılayabilme ve hidrolik, organik açısından aşırı yüklemelere dayanabilmesi.
- Ağır metallerle karşı nispeten daha az duyarlı olmaları ile birlikte, biyolojik bakımdan parçalanabilir sanayi ve taşımsal atıksuları arıtılabilmeleridir.

Dezavantajları:

Bu sistemlerin diğer atıksu arıtma sistemlerinden daha geniş alana gereksinim göstermeleri ve inşa edilirken özel zemin gereksinimlerinin bulunmasıdır. Bu yüzden, proje mühendisleri yerel arazi fiyatlarını ve zeminin elverişliliğini göz önüne alarak, atıksuların arıtılmasında en ekonomik yöntemi seçilmelidir (Yüceer, 1991). Havuzların diğer sakıncaları da son çıkış sularında yüksek konsantrasyonda alg içermeleri ve sıcak, kuru iklimlerde buharlaşma kayıplarından dolayı arıtılmış atıksuyun miktarını önemli ölçüde azaltmasıdır. Dolayısıyla aşırı hidrolik yüklemelerden dolayı havuzlarda anaerobik bir ortamın sonucunda arıtma veriminin azalması, çıkış suyunun kalitesinin düşmesine sebep olacaktır. Böylece çıkış suyunda bulunan yüksek miktardaki algler alıcı ortamda ötrofikasyona sebep olacaktır.

2.3.3.1.(5). (a) Mekanik havalandırmalı lagünler

Mekanik havalandırmalı lagünler 2,5-5,0 metre derinliğinde toprak yapılarıdır. Bu yapılara dubalar veya sabit kolonlar üzerinde mekanik havalandırıcılar yerleştirilir. Ham atıksu, ızgaradan geçirildikten sonra mekanik havalandırıcının bir tarafından verilir ve belirli havalandırma süresinin ardından diğer taraftan alınır. Mekanik havalandırmalı lagünler, stabilizasyon havuzları ile karşılaştırıldıklarında daha küçüktürler (%10-20 daha küçük) (Soyupak, 1997).

Bu tip lagünlerde gereken tek ekipman havalandırıcılardır ve mekanik havalandırmalı lagünlerin inşaatları stabilizasyon havuzlarınıninkine benzemektedir. Bu tip lagünler, bir taraftan basit fakültatif tipte, diğer taraftan da katı maddelerin geri döndürülmesinin yapıldığı daha verimli ve kompakt üniteler olarak projelendirilebilirler.

Havalandırmalı lagünlerde katı maddelerin durumuna bağlı olarak, lagünler başlıca üç tipe ayrılabilir:

1. Fakültatif
2. Aerobik, kesintisiz akışlı
3. Aerobik, katıların geri döndürüldüğü

2.3.3.1.(5). (b) Fakültatif Havalandırmalı Lagünler

Fakültatif havalandırmalı lagünlerde birim hacme düşen enerji girdisi, istenen oksijen miktarının sıvıya dağılması için yeterlidir. Fakat, bu enerji girdisi, bütün katıları askıda tutmak için yeterli değildir. Bunun sonucunda, lagüne giren askıdaki katı maddelerin bir kısmı ve substrat giderimi sonucunda oluşan katı maddeler, tabana çökmeye çalışırlar ve tabanda anaerobik bozunma meydana getirirler. Lagünlerdeki aktivite kısmen aerobik, kısmen de anaerobik olduğundan, bu tip lagünlere “fakültatif” denir. Fakültatif havalandırmalı lagünler, evsel atıksular için %70-90 oranında biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) giderimi sağlar.

2.3.3.1.(5). (c) Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagünler

Kesintisiz akışlı aerobik lagünlerdeki enerji girdisi, sadece istenilen miktardaki oksijeni sıvı içerisine dağıtacak seviyede değil, aynı zamanda aktif çamur havalandırma tanklarında olduğu gibi bütün katı maddeleri askıda tutacak seviyede

de olmalıdır. Bu nedenle, bu tip lagünlerde asla katı madde çökmesi olmaz. Bu lagünlerdeki katı maddeler, havalandırılmış olarak ve üniteyi terk eden atıksu ile beraber sistemi terk eder. Bu tip lagünlerde BOİ giderim randımanı fazla yüksek değildir. Üniteyi terk eden atıksuda çok miktarda katı madde bulunduğundan, randıman yaklaşık %50-60 seviyesindedir. Eğer daha BOİ ve katı madde giderimi isteniyorsa, ilave arıtma gerekir.

2.3.3.1.(5). (d) Katıların Geri Döndürüldüğü Aerobik Lagünler

Katıların geri döndürüldüğü aerobik lagünler, uzun havalandırılmalı tesislere benzerler. Enerji girdisi, hem oksijen ihtiyacını karşılayacak, hem de bütün katıları askıda tutacak yeterlilikte olmalıdır. Bu lagünlerdeki katı madde konsantrasyonu da oldukça yüksektir. Çünkü katı maddelerin atıksu ile beraber dışarı çıkması engellenmektedir ve katı maddeler geri döndürülmektedir. Bu tip lagünlerde BOİ giderim randımanı yüksektir ve %95-98 civarındadır.

Atıksuların aerobik arıtma sistemleri içerisinde yer alan klasik aktif çamur, uzun havalandırılmalı aktif çamur, damlatılmalı filtre, biyodiskler ve stabilizasyon havuzlarının, BOİ₅ ve organik azot giderim verimleri, enerji ve arazi ihtiyaçları. işletme ve bakım özelliğine ait değerler Çizelge 2.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.11. Aerobik Arıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması (EPA,1993.,Metcalf & Eddy, 1991)

Arıtma Sistemi	BOİ ₅ Giderimi (%)	Org.A zot Giderimi (%)	Enerji İhtiyacı (kwh/kgBOİ ₅)	Arazi İhtiyacı (dekar)	İşletme ve Bakım Özelliği
Klasik Aktif Çamur	80-95	15-50	1-3	0,2-0,4	Yetişmiş eleman ihtiyacı var.
Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur	75-95	15-30	2-4	0,35- 0,65	Yetişmiş eleman ihtiyacı az.
Damlatmalı Filtre	65-95	15-50	0,2-0,3	0,3-0,4	Yetişmiş eleman ihtiyacı var.
Biyodiskler	80-90	15-50	0,05-1,0	0,3-0,5	Yetişmiş eleman ihtiyacı az.
Stabilizasyon Havuzları	70-95	40-50	0-0,05	3-12	Kolay işletilir.

2.3.3.1.(6). Anaerobik Sistemler

Yakın zamana kadar anaerobik arıtma proseslerinin, genel olarak 20°C'nin altındaki sıcaklıklar ve seyreltik atıklar için elverişsiz olduğu düşünülmekteydi. Günümüzde geliştirilen çeşitli reaktör tipleri ile yapılan araştırmalar ışığında, çevresel faktörlerin proses üzerindeki etkileri ile olayın biyokimyasal gelişimi ayrıntılarıyla incelenmiş ve seyreltik atıkların düşük sıcaklıklarda bile anaerobik olarak arıtılabileceği ortaya konmuştur (Hawkes, 1982).

Düşük KOİ'li evsel atıksuların anaerobik arıtımında bir takım problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemlerden en önemlileri sistemin ısıtılması ve düşük alkalinitedir. Evsel atıksuların anaerobik arıtımının başarılı olması ve iyi bir karışım için sistemin yüksek hidrolik yüklerle beslenmesi gerekmektedir.

Organik yükün hacimsel olarak olabildiğince artırılıp reaktör hacminin küçültülmesi ve karşılaşılan arıtma problemlerinin giderilmesi maksadıyla çeşitli anaerobik arıtma sistemleri geliştirilmiştir. Anaerobik arıtma da uygulanmakta olan reaktör tipleri, organik yükleri ve KOİ giderme verimleri Çizelge 2.12. de verilmişlerdir

Çizelge 2.12. Anaerobik Arıtma Sistemlerinin Organik Yük Ve Arıtım Verimleri Bakımından Karşılaştırılması (Öztürk, 1987)

Reaktör tipi	Organik yük (Kg KOİ/m ³ -gün)	KOİ giderme verimi (%)
Anaerobik temas reaktörü	1-6 (3-5)*	80-95
Anaerobik filtre	1-18 (7-10)	80-95
Anaerobik akışkan yataklı reaktör	1-60 (15-30)	80-90
Anaerobik çamur yatağı	5-15 (10-15)	85-95
Membranlı havasız reaktör	1-30 (15)	85-95

*Parantez içindeki rakamlar kurulu tesislerdeki uygulanmış yüklerdir.

Bu arıtma tiplerinden en çok kullanılan ve tercih edileni anaerobik çamur yatağıdır.

2.3.3.1.(6). (a) Anaerobik ve Aerobik Arıtmanın Ekonomik Mukayesesi

Orta ve yüksek kirlilik yüklü atıksuların havasız arıtımının ekonomik ve teknik açıdan fizibil olduğu kanıtlanmıştır. Evsel atıksuların da doğrudan havasız arıtımı konusunda çeşitli araştırmalar yürütülmüştür. Yapılan bu çalışmalar neticesinde aerobik ve anaerobik arıtmanı ekonomik yönden mukayesesi Speece (1996) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

Çizelge 2.13. Anaerobik ve Aerobik Arıtmanın Mukayesesi (Speece, 1996)

- ✓ Hacimsel organik yük aerobik süreçlere göre 5-10 kat daha fazladır.
- ✓ Biyokütle sentez hızı aerobik proseslerin %5-20 si dir.
- ✓ Nütrient ihtiyacı (N, P) aerobik proseslerin %5-20 si dir.
- ✓ Anaerobik biyokütle aktivitesini kaybetmeksizin aylarca tutabilir.
- ✓ Aerobik süreçlerdeki 500-2.000 kw-sa / 1.000 kg KOİ lik bir havalandırma enerjisine karşılık anaerobik süreçlerde böyle bir ihtiyaç yoktur.
- ✓ Anaerobik arıtma ile 12.000.000 BTU (3395 kw-sa / 1.000 kg KOİ_{gid} eşdeğeri metan üretilebilir.

Anaerobik arıtmanın, BOİ₅ değeri 1.000 mg/l den fazla olan atıksularda pratik olarak uygulanabilir. Yalnız söz konusu BOİ₅ eşiği, atıksuyun sıcaklık, gerekli alkalinite ve nütrientlere sahip olması durumunda önemli oranda düşürülebilmektedir.

2.3.3.1.(6). (b) Anaerobik Arıtmanın Kısıtları

Anaerobik arıtma yukarıda belirtilen üstünlükleri yanında bir kısmı atık türüne de bağlı kalmak şartıyla bazı kısıtları da bulunmaktadır. Düşük sıcaklık ve seyreltik veya düşük alkaliniteli sular ile deşarj standartlarının çok düşük BOİ₅ ihtiyacı ve/veya toplam N ve P sınırları gerektirdiği durumlarda anaerobik arıtma tek başına arıtmada yeterli ve uygun olmayacaktır. Buna göre anaerobik arıtmanın başlıca kısıtları Çizelge 2.14 deki gibi olur.

Çizelge 2.14. Anaerobik Arıtmanın Başlıca Kısıtları (Öztürk, 1999)

- ✓ İşletmeye alma devresinin daha uzun olması.
- ✓ Seyreltik ve karbonhidratlı atıklarda düşük alkaliniteye bağlı olarak ilave alkalinite ihtiyacı.
- ✓ Bazı hallerde yüzeysel sulara deşarj kriterlerinin sağlanamaması (top N,P).
- ✓ Seyreltik atıklarda üretilen reaktörlerin 35 °C de ısıtılması için yeterli olmayışı.
- ✓ Sülfatlı atıksularda H₂S ve koku problemi.
- ✓ Nitrifikasyon imkanı olmayışı.
- ✓ Klorlu organiklerin anaerobik arıtmada, aerobik arıtmaya göre daha zararlı oluşu
- ✓ Düşük sıcaklıklarda arıtma hızının düşük oluşu.
- ✓ Yüksek biyokütle aktivitelerinin oluşabilmesi için NH₄ konsantrasyonlarının 40-70 mg/l gibi yüksek seviyelere de tutulması.
- ✓ Bazı endüstriyel atıklarda reaktör içinde ve boru aksamında ciddi inorganik çökelti ve taşlaşma sorunları.

2.3.3.1.(7). Atıksuların Arazide Arıtımı

Doğal sulak alanlar: Doğal sulak alanlar, dünyanın her yerinde bulunurlar. Doğal sulak alanlar, bitki ve hayvan yönünden zengin ekosistemlerin korunmasında önemli rol oynarlar. Genellikle su ile doymuş zemin şartlarına sahiptirler. Sığ sularda öfotik tabakada yetişen çok bol köklü bitkiler vardır. Doğal sulak alanlarda fotoplanktonlar da bulunur.

Yapay sulak alanlar : Yapay sulak alanlar, ya özel değeri olan vahşi hayatın (ekosistemin) korunması amacıyla, yada atıksu arıtımı, maden drenajı, veya yağmursuyu drenajı amacıyla insanlar tarafından inşaa edilirler. Yapay sulak alanlarda köklü bitkiler de yaşar. Ancak, sivrisinek probleminden ve kötü koku oluşmasından korunmak için yüzen bitkiler tercih edilir.

Su bitkileri havuzları: Buralarda su bitkilerinin ve serbestçe yüzen makrofitlerin yaşaması teşvik edilir. Bu su bitkileri arasında su sümbülleri, timsah

otu, su mercimeği, hydrilla, mart, solmlar, vs. sayılabilir. Bu bitkilerin havuzlarda yetiştirilmesindeki amaç ağır metalleri, fenoller, pestisidleri, nütrientleri (N ve P), vs. gidermeleri ve kaliteli arıtılmış su sağlamalarıdır. Ayrıca, besin değerleri yüksek olduğundan, yeni bitkilerin gelişmesine de yardımcı olurlar.

2.3.3.1.(7). (a). Yapay Sulak Alanlar

Yapay sulak alanlar, seçilen bir arazide atıksu arıtımı amacıyla oluşturulan sulak alanlardır. Bunlar, aşağıda belirtilen maksatlarla kullanılırlar:

1- Yerleşim birimlerinde septik tanklardan (veya imhoff tanklarından) gelen atıksuların arıtılması

2- Yüksek deşarj standartlarını sağlamak amacıyla, havalandırılmalı lagünlerde veya konvansiyonel arıtma tesislerinde arıtılmış atıksulara üçüncü-derece arıtma sağlanması

Bu tip arıtmanın hangi büyüklükte nüfuslara uygulanacağı, mevcut arazi durumu, iklim, zemin şartları ve aşağıda tartışılan diğer faktörlere bağlıdır.

Bu metod, ilk defa 1960 yılında Almanya'da Dr. K. Seidel tarafından geliştirilmiş ve 1995 yılına kadar başta Almanya, Danimarka ve İngiltere olmak üzere Avrupa'nın çeşitli yerlerinde 200'den fazla tesis yapılmıştır. Ayrıca, ABD'de de 200 civarında tesis çalışmaktadır. Dünyanın başka ülkelerinde de bu tip tesisler bulunmaktadır. Bu tesisler, nüfus yoğunluğunun düşük olduğu ve küçük debilerin yüksek standartlarda arıtılmasının gerektiği yerlerde uygun olmaktadır.

2.3.3.1.(7). (b). Atıksu ile Sulama

Arıtılmış atıksuyun ve çamurun sulamada kullanılması, dikkatli planlama gerektirir. Arıtma neticesinde katı maddelerin tekrar zemine verilmesi ve arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılması mantıklıdır.

Tarım yönünden, arıtılmış atıksu ve çamurun kullanılması için bazı kalite kriterlerinin karşılanması gerekmektedir. Arıtılmış atıksuyun kullanılması, aşağıda belirtilen durumlarda temiz suyun kullanılmasına göre daha avantajlı olmaktadır:

- a. Arıtılmış atıksuyun içinde gübre özelliği olan maddeler varsa
- b. Arıtılmış atıksuyun toprağı iyileştirme özelliği bulunuyorsa

Arazi sulaması birinci-derece, ikinci-derece ve ileri arıtma sağlamaktadır. Birçok durumda sulanan arazide ürün elde edilmektedir. Ayrıca, arazi sulaması, yeniden kullanılabilir su elde etmekte başarılı bir metod olabilmektedir. Arazi sulamasının başlıca dezavantajları ise şunlardır:

1. Tarım alanlarında çalışanların ve elde edilen ürünleri tüketenlerin kirlilikten etkilenme tehlikesi
2. Atıksu veya çamurun zemin ve yeraltı suyuna kimyasal etkisi
3. Genellikle, geniş arazi ihtiyacı
4. Sulama ihtiyacının mevsimlere göre değişmesi

Bu metod Almanya’da 1880 yılından beri atıksu, tarımsal maksatlarla kullanılmaktadır. Burada 1962’de yapılan bir sistem sayesinde, yaklaşık 70 fabrikadan gelen atıksularla 6.000 ha arazi sulanmaktadır. Sulanan 6.000 ha arazinin 4.000 ha’lık kısmı kanallarla, 2.000 ha’lık kısmı ise püskürtmeli olarak sulanmaktadır Almanya’ da 1996 yılı itibariyle atıksuyun arazide arıtılması, küçük tesislerle ve kırsal bölgelerdeki çiftliklerle sınırlandırılmıştır.

2.3.3.2. Kimyasal Arıtım

Kimyasal arıtma su, atıksu ve toprak arıtımında kimyasal madde ilavesi gerektiren yöntemlerin tümünü kapsamaktadır.

Kimyasal arıtma su ve atıksu arıtımında sıklıkla uygulamakta ve çöktürme ile giderilemeyen maddelerin kimyasal madde ilavesiyle giderimi amaçlanmaktadır. Su ve atıksu arıtımında uygulanan kimyasal arıtma teknikleri aşağıda verilmiştir:

- Koagülasyon
- Yumuşatma, stabilizasyon ve demineralizasyon
- Kimyasal oksidasyon
- Dezenfeksiyon

Pıhtılaştırma –Yumaklaştırma

Tüm yüzey suları evsel ve endüstriyel atıksular kendiliğinden çökelemeyen veya çökme hızı çok düşük kolloidal ve askıda katı maddeleri içerir. Kendiliğinden çökelemeyen ve stabil halde olan bu taneciklerin fiziksel ve kimyasal etkilerle bir araya getirilmesi işlemi pıhtılaştırma (koagülasyon) olarak tanımlanır. Yumaklaştırma işlemi ise pıhtılaşmış taneciklerin yumaklar teşkil ederek çökebilir büyüklüğe ulaşmasıdır.

Bu işlemler su ve atıksu arıtımında anyonik ve organik bileşiklerin, renk, bulanıklık ve askıda katı maddelerin, zararlı bakterilerin ve proteinlerin, tat ve koku oluşturan maddelerin, alg ve planktonları giderilmesinde kullanılır.

Koagülant olarak kullanılan maddelerin uygulama dozları Çizelge 2.15. de çözelti hazırlama konsantrasyonları ise Çizelge 2.16. da verilmiştir.

Çizelge 2.15. Arıtma Tesislerinde Kullanılan Koagulanların Dozları

Koagulan Madde*	Ortalama Doz		
	İçme suyu arıtımı (mg/l)	Evsel atıksu arıtımı (mg/l)	Endüstriyel atıksu arıtımı (mg/l)
Alüminyum sülfat	10-150	100-150	50-1500
Polialüminyum. Klorür	2-25	80-100	10-250
Demir III Klorür	5-150	150-200	50-500
Demir II Sülfat	10-150	60-600	60-600
Demir III Sülfat	10-150	100-150	60-600
Demir Klorür Sülfat	5-150	150-200	50-500
Bakır Sülfat	5-20		
AVR	10-150	100-150	50-1500
Sönmüş Kireç		450-500	100-2000
Organik Koagulanlar	1-15		5-50

*Yukarıdaki dozajlar Demir Klorür Sülfat hariç katı formdaki ürünler için verilmiştir.

Çizelge 2.16. Koagulanların Tipik Çözelti Konsantrasyonları

Koagulan Madde	Çözelti Hazırlama Aralığı (%w/w)	Tipik Uygulama Konsantrasyonları (%w/w)
Alüminyum sülfat	5-48	10
Katı PAC	20-50	50
Demir III Klorür	30-40	40
Demir II Sülfat	40-55	40
Demir III Sülfat	40-55	40
AVR	5-48	10
Kireç*	0,5-10	5
Organik Koagulan	0,01-0,5	0,1

*Kirecin suda çözünürlüğü çok az olup, hazırlanan bir süspansiyondur. Kireci dozlayacak pompa seçimine göre konsantrasyonu değişebilir. Dozlama sırasında sürekli karıştırılmalıdır.

2.3.4. III. Kademe Arıtma

Yüzeysel suların kalitesinin korunması konvansiyonel arıtma metotlarının yetersiz kaldığı yerlerde yeni teknolojiler kullanılmaya başlamasıyla birlikte III. kademe yani ileri arıtım yöntemleri önem kazanmıştır. Atıksu arıtımında III. Kademe arıtımın temel amacı, ötrofikasyon etkisinde olan yüzeysel suların kimyasal çökeltme ile fosfat giderilmesi yanında azotun indirgenmesi en önemli işlemlerdir.

Azot ve Fosfor Giderimi

Çözünmüş organik karbonlu maddeler alıcı ortamlarda çözünmüş oksijen azalmasına neden oldukları gibi azotlu bileşikler de parçalanmaları sırasında çözünmüş oksijen tüketimine neden olmaktadır. Özellikle NH_3 'ın $\text{NO}_3\text{-N}$ 'una oksitlenmesi sırasında sucul ortamlarda çözünmüş oksijen azalması meydana

gelmektedir. 1 g $\text{NH}_3\text{-N}$ 'un oksitlenmesi sırasında 4,57 g oksijen tüketilmektedir. Ayrıca NH_3 'ün balıklar üzerinde toksik bir etkisi bulunmaktadır.

Azotun yanında fosfor da aşırı alg üremesine neden olarak öfrofikasyona neden olmakta, aşırı organik madde birikimi ve oksijenli ortamda parçalanması ortamın anaerobikleşmesine neden olmaktadır. Azot ve fosfor evsel ve endüstriyel kaynaklı olabilmektedir. Evsel kaynaklı olabilen üre, protein ve $\text{NH}_3\text{-N}$ 'u yanında endüstriyel kaynaklı olabilen gübre, et, süt ve azotlu madde üreten endüstrilerden gelen organik ve inorganik azotlu ve fosforlu maddeler alıcı ortamlarda aşırı azot ve fosfor kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle azot ve fosforun, nitrifikasyon , denitrifikasyon ve biyolojik fosfor giderimi gibi ileri arıtma yöntemleri ile arıtılarak alıcı ortama verilmesi gerekmektedir.

a) Nitrifikasyon

Atıksuyun sergilediği oksijen ihtiyacının bir bölümü amonyağın nitrata oksitlenmesi sürecine aittir. Bu iki kademeli dönüşümü ototrofik bakteriler olan “nitrosomonas”ve “nitrobacter” gerçekleştirir. Bu organizmalar ototrofik olduklarından, hücre büyümesi için sudaki CO_2 ve bununla ilgili iyonik türler (HCO_3^- ve $\text{CO}_3^{=}$) gibi oksitlenmiş karbon bileşiklerini indirgemeleri gerekir. Sonuç olarak, bu özellik nitrifikasyon organizmalarının karışık bir kültürle rekabet edebilme özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Amonyağı oksitleyen “nitrosomonas” türleri gerek duydukları enerjiyi amonyak azotunun nitrit azotuna yükseltgenmesi ile, nitrit oksitleyen “nitrobacter” türleri ise, nitrit azotunun nitrat azotuna oksidasyonu ile elde ederler.

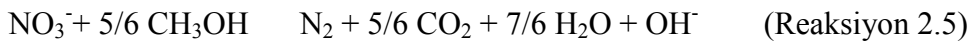
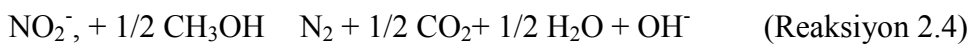
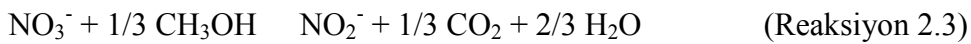
Birçok evsel nitelikli atıksu için, nitrifikasyon, gerekli olan oksijen ve güç ihtiyacını % 30 ila 40 oranında artırır. Çünkü tam nitrifikasyon için gerekli olan oksijen miktarı 4,3 ila 4,6 mg $\text{O}_2/\text{mg NH}_3\text{-N}$ arasındadır. Atıksuyun 10 ila 30 mg/l arasında değişen $\text{NH}_3\text{-N}$ sahip olduğu dikkate alınacak olursa oksijen ihtiyacının artacağı kesindir. Nitrifikasyon sistemleri % 90'dan daha yüksek bir verim eldesine yönelik şekilde işletilirler. Nitrifikasyon bakterileri aerobik bakterilerdir ve bu nedenle sistemde yeterli çözünmüş oksijen (Ç.O.) sağlanmalıdır. Minimum kabul edilebilir Ç.O. konsantrasyonu 2 ila 3 mg/l'dir. Bu değer 1 mg/l'nin altına indiğinde

nitrifikasyon inhibe edilir. Nitrifikasyon bakterilerinin büyümesi için optimum pH değeri 8-9'dur. pH'ın 7'nin altına düşmesi durumunda nitrifikasyon aktivitesinde azalma görülür. Nitrifikasyon çok geniş bir sıcaklık aralığında oluşmasına karşın, azalan sıcaklık daha düşük reaksiyon hızlarına neden olur.

b) Denitrifikasyon

Çözünmüş oksijenin “sıfır” olduğu ortamlarda; nitrat, fosfat ve sülfat gibi inorganik anyonlar elektron alıcısı olarak iş görmektedirler. Elektron verici olarak organik maddelerin, elektron alıcı olarak da NO_3 PO_4 gibi maddelerin olduğu bir ortamda mikroorganizmalar enerjilerini bu tür elektron alıcılarını kullanarak kazanmaktadırlar. Özellikle atıksularda çok düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonunun (sıfıra yakın) olduğu biyolojik denitrifikasyon olayları anoksik olarak tanımlanıp olay diğer anaerobik proseslerden ayrılmaktadır.

Nitratin nitrite sonuçta da moleküler azota (N_2) dönüşmesinde kullanılan elektron vericiler genellikle metanol, glikoz gibi organik bileşikler olmaktadır. 2.2 no'lu denklem nitrat iyonlarının nitrit iyonlarına, 2.3 no'lu denklem de nitrit iyonlarının moleküler azota (N_2) dönüşümünü; 2.4 no'lu denklem de tüm reaksiyonu göstermektedir.



Değişik fakültatif heterotrofik mikroorganizmalar 2.3, 2.4 ve 2.5 no'lu denklemlerinde belirtilen reaksiyonları gerçekleştirebilmekte; nitrifikasyonda olduğu gibi özel spesifik bakteri türlerine gereksinim duyulmamaktadır.

c) Biyolojik Fosfor Giderimi (BPG)

Fosfor, atıksularda ortofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}_3$) polifosfat (P_2O_7) ve organik bağlı formda bulunmaktadır. Polifosfatlar ve organik bağlı fosfatlar hidroliz reaksiyonları ile ortofosfatlara ve serbest fosfatlara parçalanarak mikroorganizmaların kullanabileceği forma dönüştürülür. Atıksuda bulunan fosfora ilave olarak fosforu

bünyelerine alan mikroorganizmaların atıksuya fosforu salmaları ve tekrar bünyelerine almaları ile mikroorganizmaların oluşturduğu çamur % 10-30 oranında fosfor içermektedir. Bu nedenle fosfor gideren bu biyolojik sistemlere biyolojik aşırı fosfor gideren sistemler (**BAPGS**) denir(Hall, 1987).

2.4. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Maliyet Yönünden İncelenmesi

Arıtma tesislerin seçiminde en önemli hususlar ön yatırım ve işletme maliyetleridir. Özellikle arıtma tesisi tipi seçiminde genellikle aktif çamur sistemleri tercih edilmektedir. Aerobik arıtma sistemleri anaerobik ve diğer kombinasyonları ile yapılan arıtma tiplerinden daha az alan kaplamakta ve insanları arıtım yönünden daha çabuk ve iyi tatmin etmektedir. Ülke şartları da göz önüne alındığında daha çok aktif çamur arıtma sistemleri yapılmaktadır.

Genel olarak bir biyolojik arıtma tesisinin maliyetinin ünitelere göre dağılımı şu şekilde verilmektedir;

- Giriş yapısı, ızgara, kum tutucu, v.s. :%5
- İlk çökeltim havuzu :%10
- Yağmur (taşkın suyu) havuzları :%5
- Çamur bertarafı :%20
- Biyolojik arıtma (ikinci kademe) :%40
- Diğer (laboratuar binası, idare binası, yol v.s.) :%20

Bunlara ilave olarak, seçilen tesis tipi için ilave kanalizasyon hattı, arazi ihtiyacı, işletme maliyetleri gibi hususlar da göz önüne alınmalıdır (Tebbutt, 1977)

Çizelge 2.17. Atıksu Arıtma Tesisleri İnşaat ve İşletme Maliyetleri (Batchelor ve ark., 1991).

Arıtma Sistemi	US \$ olarak maliyeti*1000				
	inşaat	Mekanik	Elektrik	Toplam	Ortalama Yıllık İşletme Maliyeti
Klasik Aktif Çamur	267	55	143	465	30,6
Damlatmalı Filtre	394	86	130	610	30,3
Biyodiskler	175,5	241,5	10,1	400,1	19,8
Stabilizasyon Havuzları	299	66,3	-	305,3	1,38

Devlet İstatistik Enstitüsü'nün yaptığı çevre istatistiklerine (2001) göre ülke genelinde belediye teşkilatı olan 3215 yerleşim yerinden 170 tanesi atıksu arıtma tesisi (AAT) kullanmaktadır. Bunlardan 112 tanesi biyolojik arıtma ünitelerinden oluşan tesislerdir. Bu tesislerin 58 tanesi deniz kıyısı yerleşim olması nedeniyle fiziksel arıtma (genellikle ızgara kum tutucu ve terfi merkezi) işlemini takiben derin deniz deşarj sistemiyle atıksularını uzaklaştırmaktadır.

DİE istatistiklerinde bu bilgiler verilirken “gelişmiş arıtma” kavramının da kullanıldığı görülmektedir, ancak gelişmiş arıtmanın niteliği (aktif karbon adsorbsiyonu, ters osmoz, hızlı kum filtresi, vb. teknikler) çok açık değildir. Muhtemelen, klasik biyolojik arıtma süreçlerinin modifikasyonu sonucu nütrient (azot/fosfor) gideriminin sağlandığını göstermektedir. Yapılan istatistiklerden ülke genelinde arıtma tesisi altyapısından yararlanan nüfusun yaklaşık %17 civarında olduğu ortaya çıkmaktadır (<http://www.die.gov.tr>).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tebbutt (1977), Atıksuların büyük bir oranını su oluşturmaktadır. Bununla beraber çok az bir kısmının ise organik ve inorganik maddelerde meydana geldiğini belirtmekte ve özelliği bilinen bir atıksuyun arıtımı da buna göre değerlendirmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Yüceer (1991), Adana İli'nin evsel atıksuları üzerinde yapılan çalışmada AKM ortalama 160 mg/l, çökebilen maddelerin oranı ise, %59 olarak bulunmuştur. Buna göre ilin atıksuları zayıf ve orta karakterli atıksu sınıfları arasındadır ve yine Yüceer (1980), İskoçya'da AKM nin 300 mg/l olduğunu bildirmiştir.

Tebbutt ve Christoulas (1975), AKM değerleri İngiltere'de AKM nin 400 mg/l ve Boll ve Kayser (1986), Almanya'da ise AKM nin 223 mg/l olduğu belirtilmiştir.

Yüceer (1991), Ülkemizde kişi başına su tüketiminin batıya oranla az oluşu katı madde konsantrasyonunu arttırıcı bir etken gibi belirtilse bile tuvalet kâğıtlarının, yemek gibi organik atıkların kanalizasyona verilmemesi idareli sabun ve deterjan kullanımı gibi nedenlerden dolayı AKM miktarı diğer ülkelere nazaran daha düşük olduğunu bildirilmiştir.

Metcalf ve Eddy (1991), En uygun ve ekonomik bir arıtma tesisinin seçiminde atıksuyun özellikleri, alıcı ortam özellikleri, iklimsel faktörler, topoğrafik özellikler, jeolojik özellikler dikkate alınması öncelikli yer tutması gerektiğini. Ayrıca evsel atıksuların arıtımında istenilen temel amaç planlama, işletme ve kirlilik parametrelerinin giderim verimi % 90-95'lere kadar çıkardığını bildirmiştir.

Çizelge 3.1. Atıksu Arıtma Tesisleri İnşaat Ve İşletme Maliyetleri
(Batchelor ve ark., 1991).

Arıtma Sistemi	US \$ Olarak Maliyet*1000				
	İnşaat	Mekani k	Elektrik	Toplam	Ortalama Yıllık İşletme Maliyeti
Klasik Aktif Çamur	267	55	143	465	30,6
Damlatmalı Filtre	394	86	130	610	30,3
Biyodiskler	175,5	241,5	10,1	400,1	19,8
Stabilizasyon Havuzları	299	66,3	—	305,3	1,38

Hem konvansiyonel, hem de modern tam karışimli aktif çamur sistemleri için gerekli elemanlar aynıdır. Ham atıksu, önce ızgaralardan, kum tutuculardan ve ön çökeltme işleminden geçer, daha sonra da havalandırmaya girer. Havalandırma tankından çıkan atıksu, daha duru bir su elde etmek amacıyla son çöktürme tankında çökeltirilir. Bu haldeki su dezenfekte edilerek, bir alıcı ortama deşarj edilebilir. Suyun hangi maksatla kullanılacağına bağlı olarak, daha ileri bir arıtma da yapılabilir. Son çökeltme tankında çökelen çamur, çekilir ve büyük bir kısmı geri döndürülür. Sistemi zamanla-değişmez (steady state) tutmak için, çamurun az bir kısmı sistemden uzaklaştırılır. Uzaklaştırılan çamur, daha önce ön çökeltme havuzundan alınmış olan ve susuzlaştırılmadan önce yoğunlaştırılıp, aerobik veya anaerobik olarak çürütülen çamurla karıştırılır.

Metcalf & Eddy (1991), Aktif çamur prosesleri için tasarım parametreleri ve aktif çamur prosesi için tipik kinetik katsayı değerleri üzerine bir çalışma yapmışlar ve sonuçları aşağıdaki çizelgede olduğu gibi vermişlerdir.

Çizelge 3.2. Aktif Çamur Prosesleri İçin Tasarım Parametreleri
(Metcalf & Eddy, 1991).

Proses çeşitleri	Q_c gün	F/M , kgBOİ/ kgTAKM.g	kgBOİ/ m ³ -gün	TAKM, mg/l	V/Q, saat	Q_r/Q
Konvasiyonel	5-15	0,2-0,4	0,32-0,64	1.500-3.000	4-8	0,25-0,75
Tam karışımli	5-15	0,2-0,6	0,8-1,92	2.500-4.000	3-5	0,25-1,0
Kademeli beslemeli	5-15	0,2-0,4	0,64-0,96	2.000-3.500	3-5	0,25-0,75
Değiştirilmiş havalandırılmalı	0,2-0,5	1,5-5	1,2-2,4	200-1.000	1,5-3	0,05-0,25
Temas stabilizasyonu	5-15	0,2-0,6	0,96-1,2	(1.000-3.000) ^a (4000-10000) ^b	(0,5-1) ^a (3-6) ^b	0,5-1,5
Uzun havalandırılmalı	20-30	0,05-0,15	0,16-0,4	3.000-6.000	18-36	0,5-1,5
Yüksek-hızlı havalandırma	5-10	0,4-1,5	1,6-16	4.000-10.000	2-4	1-5
Kraus prosesi	5-15	0,3-0,8	0,64-1,6	2.000-3.000	4-8	0,5-1,0
Saf oksijenli	3-10	0,25-1	1,6-3,2	2.000-5.000	1-3	0,25-0,5
Oksidasyon hendeği	10-30	0,05-0,3	0,08-0,48	3.000-6.000	8-36	0,75-1,5
AKR	¹	0,05-0,3	0,08-0,24	(1.500-5.000) ^b	12-50	¹
Derin shaft reaktörü	²	0,5-5	²	²	0,5-5	²
Tek kademeli nitrifikasyon	8-20	0,1-0,25 (0,02-0,15) ³	0,008-0,32	2.000-3.500	6-15	0,5-1,5
İki kademeli nitrifikasyon	15-100	0,05-0,2 (0,04-0,15) ⁴	0,05-0,144	2.000-3.500	3-6	0,5-2,0

¹ uygulanamaz

² bilgi yok

^a kontakt birimde

^b katı stabilizasyon birimi

Çizelge 3.3. Aktif çamur prosesi için tipik kinetik katsayı değerleri
(Metcalf & Eddy, 1991).

Katsayılar	Birim	Değerler	
		Aralık	Tipik
k	gün ⁻¹	2-10	5
K _s	mg/l BOİ ₅	25-100	60
	mg KOİ	15-70	40
Y	mgVSS/mg BOİ ₅	0,4-0,8	0,6
	mgVSS/mg KOİ	0,25-0,4	0,4
K _d	gün ⁻¹	0,04-0,075	0,06

Arceivala, S.J. (1986), Konvansiyonel ve tam karışımli aktif çamur sistemleri arasındaki esas fark, havalandırma tanklarındaki karışım şartlarından kaynaklandığını ve daha iyi işletme şartları sağlamak bakımından, günümüzde tam karışımli sistemler daha çok tercih edildiğini, eğer sisteme endüstriyel atıklar geliyorsa, debideki değişimler çoksa ve çok miktarda toksik atık gelme ihtimali varsa, tam karışımli sistemlerin daha uygun olduğunu. Evsel atıksular için, seri halinde iki veya üç tam karışımli hücre daha iyi bir çökeltme özelliği sağladığından, tercih edildiğini bildirmiştir.

Uzun havalandırma sistemleri, inşaatları ve işletmeleri yönünden daha basittirler. Anaerobik çürütücüye ihtiyaç duyulmaz. Bu sistemde atıksu, ızgaralar ve kum tutuculardan sonra direkt olarak havalandırma tankına getirilir. Uzun süreli bir havalandırma yapıldığından, çamurdaki katı maddeler yeterli derecede mineralize olur ve herhangi bir çürütme işlemine tabi tutulmadan kurutulabilirler. Bu durum, randımanı artırır ve işletmeyi kolaylaştırır.

DHV (Consulting Engineers, Netherlands.), Pasveer ve karosel tipli oksidasyon hendekler. Bu sistemler, ilk olarak Hollanda'da geliştirilmişlerdir. Günümüzde, dünya üzerinde binlercesi başarıyla çalışmaktadır. En büyük karosel

hendek, Almanya’da yaklaşık 8.300.000 eşdeğer nüfusa hizmet etmektedir ve BASF firması ilaç sanayi atıkları arıtma tesisi olarak hizmet görmektedir

Zeper, J. And DeMan, A. (1972), Küçük tesisler için kafes rotorlu Pasveer hendekleri tercih edildiğini. Büyük akımlarda ise, yapım avantajları sebebiyle karosel hendekler tercih edildiğini. Büyük tesislerdeki oksidasyon hendeklerinde 2,5-5,0 metre derinliğe kadar, düşey akslı havalandırıcılar kullanılmakta olduğunu. Derin hendeklerin bu yolla kullanılabilmesinin arazi ihtiyacını azalttığını. Kafes rotorları yönünden, hendek genişliklerinde bir sınırlama olmadığını bildirmiştir.

Metcalf and Eddy, (1972), ABD’de 1,0 milyon galon/gün’e kadar olan debiler için, uzun havalandırmalı sistemlerin ekonomik olduğu kabul edileceğini bildirmiş. Fakat Arceivala, S.J. and ark. (1969), bu görüşün, birçok başka ülke için geçerli olmadığını. Örneğin, Hindistan’da 150.000 kişilik nüfuslara kadar Pasveer tipi hendeklerin konvansiyonel aktif çamur sistemlerine ve damlatmalı filtrelelere göre daha ekonomik olduğunu göstermişlerdir. Hollanda’da karosel hendekler için eşdeğer nüfus limiti, 300.000 kişidir (Personal Communication). Brnard, J. (1973), de Güney Afrika’da daha da büyük nüfuslar için, uzun havalandırmalı sistemler tercih edilmekte olduğunu bildirmiştir.

Konvansiyonel aktif çamur ve uzun havalandırmalı sistemlerde, belirli miktarlarda azot giderimi (%20-30) olur. Eğer atıksu deşarj standartlarını karşılamak için daha fazla azot giderimi istenirse, bazı proses modifikasyonları gereklidir. Aktif çamurda ve diğer askıda büyüme sistemlerinde, nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile %70’den %90’a kadar azot giderimi sağlanabilir. Aktif çamur prosesi, 500 mg NH₃-N /litre gibi yüksek miktarlarda amonyak içeren atıksularda %90 civarında giderim randımanı sağlar.

Kuzey Avrupa ülkelerinde (örneğin, Hollanda) tüm yıl boyunca sıcaklık, ortalama 10 °C olmaktadır ve buralardaki arıtma tesislerinde nitrifikasyon elde etmek için, F/M 0.05-0.10 kg BOİ₅ /kg MLSS olacak şekilde projelendirilir.

W.P.R., Conference, Copenhagen, (1975), Hollanda’da bulunan bir uzun havalandırmalı tesiste, 10 °C için rapor edilen ‘ hızı, 1.6 mg NH₃-N /g VSS-saatt olduğu bildirilmiştir.

Heide, B.A. (1975), Hollanda'da 500 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet eden bir arıtma tesisinde yapılan araştırmada, iyi sonuçlar rapor edilmiştir (bu tesiste fosfor giderimi için, son çökeltmeden önce kireç ilave ediliyordu). Bu tesiste 10 °C sıcaklıkta %85'ten daha çok nitrojen giderimi sağlandığı saptanmıştır.

Van Der Geest and Witvoet (1975), Nitrifikasyon ve denitrifikasyon tek bir geniş tankta (yeterli çamur yaşı sağlanarak) elde edilebildiğini. Bu işlemin, aynı tank içinde aerobik ve anoksik bölgeler oluşturarak sağlandığını. Bu tip şartların, genellikle uzun havalandırmalı hendeklerde görülebildiğini. Havalandırıcılara yakın bölgelerde oksijenin bol olduğunu. Eğer tankta ÇO varsa nitrifikasyon, ÇO yoksa denitrifikasyon oluşacağını belirtmiş ve bu olayı, şartlar değiştirilerek laboratuvar ortamında da gösterilmiştir

Adams, C. and Eckenfelder, W.W. (1979) ve Van Der Geest and Witvoet (1975), Sonuçta, bu tip sistemlerde nitrifikasyon ve denitrifikasyon devamlı olarak meydana geldiğini fakat tam ölçekli arıtma tesislerinde havalandırıcı kapasitesi sabit olduğu halde gelen yük değişkense, aynı anda meydana gelen bu olayların kontrolünün zorlaştığını. Anoksik bölgelerin izafi oranı, saatten saate değişkenlik gösterdiğini. Tesise pik yük geldiğinde, bu oran maksimum olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu değişken şartlarda bile %50 azot giderimi tespit edilmiştir.

Damlatmalı filtreler, ilk geliştirilen arıtma tesislerinden olup, paketlenmiş-yataklı yapışık film reaktörleridir. Damlatmalı filtrelerdeki biyolojik bozunma, aktif çamur prosesindeki gibi olur. Ancak, burada aktif çamur sistemindeki MLSS yerine, katı bir ortama (taş veya plastik) yapışık biyofilm vardır. Katı ortam, yaklaşık 2 m derinliğinde bir yatağa yerleştirilir ve atıksu bunun üzerine dozlanır (serpiştirilir). Yatak ortamının boşluklarından hava akımı da geçer. Bu tip arıtmada ekstra bir havalandırmaya veya havalandırma cihazına gerek yoktur. Sadece bazı derin yataklı filtrelerde zorlayıcı ventilasyon gerekebilir.

Arceivala, S.J. (1986), Süzülen atıksu ve biyofilm arasındaki temas süresi, birkaç dakikadan bir saate kadar değiştiği, bu sistemlerde oksidasyon ve yeni hücre oluşumu, biyofilm üzerinde gerçekleştiği, oluşan ürünün tekrar atıksuya geri yıkanarak verildiğini ve sentez neticesinde, biyofilm kalınlığının arttığını bir süre

sonra bu tabakanın da koparak atıksu ile birlikte yatak dışına taşındığını bildirmiştir. Biyofilm (zoogeleal film de denir), çeşitli heterotroflar, özellikle de bakteriler yönünden çok zengindir. Mikrop çeşitleri filtrenin derinliğine, atıksuyun özelliklerine ve mevsimsel şartlara göre değişiklikler gösterip ayrıca kimyasal maddeler ortamda protozoa, çürütücüler ve kabuklu organizmalar da bulunur. Ortamdaki canlılardan bir kısmı, diğerleriyle beslenerek doğal bir denge oluşmasını sağladığı açıklanmıştır.

Eğer geri döndürme oranı 2.0 değerinden büyükse, ekonomik kabul edilmez. Eğer damlatmalı filtre çıkışındaki suda 15-25 mg/l BOİ varsa, %50 civarında nitrifikasyon gözlenir. Eğer %90 nitrifikasyon isteniyorsa, arıtılmış su BOİ'si 5- 15 mg/l değerinin altında olmamalıdır.

Harremoes, P. Dönen disklerdeki biofilm tabakası, aynen damlatmalı filtrelerde olduğu gibi, bir süre sonra diskten koptuğunu kopan bu parçaların çökeltmeli ve uygun bir şekilde uzaklaştırılması gerektiğini, belli bir BOİ giderimi veya nitrifikasyon oranı için dönen biyodiskler karşılaştırılabilecek diğer tüm sistemlerden daha az enerji gerektirdiğini, eğer diskler üç veya daha fazla kompartımana yerleştirilirse ve piston akım şartları oluşturulursa, daha iyi bir performans elde edileceğini ve bu sistemde akımın geri döndürülmesinin de gerekli olmadığını bildirmiştir.

Tech. Report No:93, (1978), Dönen disk sistemlerinde büyük tesisler için gerekli güç ihtiyacı aktif çamur tesisleri için gerekenden çok farklı olmadığını ayrıca, bu tür tesislerin ilk yatırım maliyetinin genellikle aktif çamur tesislerinden daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Tardiue ve arkadaşları Fransa ve Çin'de evsel atıksu arıtan tesislerde yaptıkları çalışmaların sonuçlarını yayınlamışlardır. Bu çalışmalarda seramik membran ve zirkon (ZrO_2) kılıf kullanılmıştır. Bu membranın molekül ağırlık tutması 3.000.000 daltonudur. Bu tesislerde koliform giderimi %100'dür. Ayrıca, %97 KOİ ve %95 amonyak giderimi vardır. Membranda 4 m/s gibi yüksek hızda bir karşı akım uygulanmakta ve sabit akım 75-150 l/saat- m^2 civarında tutulmaktadır.

Membranlarda düşük akımlarda 50 günde bir, yüksek akımlarda ise 14 günde bir kimyasal temizleme yapılması gerekmektedir.

Arceivala, S.J. (1980), Atıksu arıtımında en basit metodun stabilizasyon havuzları olduğunu, bunların avantajları basitliklerinden ve işletmedeki güvenilirliklerinden geldiğini, stabilizasyon havuzlarında bozulacak ve başarısız olacak hiçbir ekipmanın olmadığını, stabilizasyon havuzlarında uzun bir alıkoyma süresine ve dolayısıyla da geniş arazilere ihtiyaç duyulduğunu, biyolojik aktivitenin iklimden (ortam sıcaklığından) ve havuzun doğal şartlarından etkilendiğini, bu nedenle, arazinin bol ve ucuz, iklimin elverişli, basit ekipman ve az işletme becerisi gerektiren yerlerde stabilizasyon havuzlarının en uygun arıtma tesisleri olduğunu bildirmiştir.

Stabilizasyon havuzlarında Neel ve arkadaşlarının yaptığı araştırmalara göre arıtılmış atıksuda çözünmüş oksijen (ÇO) bulunması için, ortalama radyasyonun BOI_u değerine oranı 0.38'in üzerinde olmalıdır. Neel, J. and ark. (1961), Hindistan'da yaptıkları araştırmalarda bu oranın 0.42'den büyük olması gerektiğini göstermiştir. Thirumurti, D. Nagpur (1972), Radyasyon azaldıkça arıtımın atıksudaki ÇO seviyesinin de azalarak yok olduğunu göstermişlerdir fakat tamamen sınırlayıcı seviyeye düşene kadar BOI giderim hızının düşmediğini bildirmişlerdir.

Gloyna, E. (1971), Zambia, G Afrika, Avustralya ve İsrail'deki anaerobik havuzlarda yaptığı araştırmaların sonuçlarını yayınlamıştır. Sonuçlardaki çeşitli farklılıklar, sıcaklık, havuz karışım şartları ve diğer faktörlere bağlıdır. Hindistan'da edinilen tecrübeler, 2-3 gün alıkoyma süreli evsel atıksu arıtan tesislerdeki randımanların %60-70 seviyesinde olduğunu göstermektedir, ama 20-30 °C sıcaklık aralığında %40-60 randıman daha güvenilirdir. Evsel atıksular için beş günden daha fazla alıkoyma süresi tavsiye edilmez, aksi takdirde havuzlar fakültatif üniteler gibi çalışacağını belirtmiştir.

Atıksuların araziye verilmesi, sadece sıcak ve kuru iklimlere mahsus değildir. Belli şartlarda ekolojik yönden tatmin edici çözümler bulunursa, gelişmiş ülkelerde bu çözümlere yönelik devamlı büyüyen bir ilgi olmaktadır. Atıksu, araziye verilince ya yeraltı suyunu besler, ya da evapotranspirasyona uğrar.

Arıtılmış atıksuyun ve çamurun sulamada kullanılması, dikkatli planlama gerektirir. Arıtma neticesinde katı maddelerin tekrar zemine verilmesi ve eğer fizibilse, arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılması mantıklıdır.

Kneeland, G. (1973), ABD 'de 1980' li yıllarda 1.300 civarında fabrikanın (300 civarında konserve fabrikası dahil), arazi sulaması uyguladığını, ayrıca ABD'nin kurak batı sahilinde 1.000'den fazla belediyenin evsel atıksularını arıtıp bertaraf etmek için, sızdırma veya sulama metodlarını kullandığını, ABD'de atıksuyun arazide arıtılmasının ileri arıtmanın ekonomik bir metodu olarak görüldüğünü bildirmiştir.

Pound and Crites, (1973), ABD'de bitkilerin büyüme mevsiminde uygulanan atıksu miktarının haftada 12.7-101.6 mm arasında değiştiğini bulmuşlardır. Eğer bitkinin büyüme periyodu 10 haftayı buluyorsa ve sulama miktarı 100 mm/hafta ise bitkinin bu süre içerisinde ihtiyaç duyduğu su miktarı $100 \text{ mm/hafta} \times 10 \text{ hafta} = 1.000 \text{ mm}$ 'dir. Bu da $10.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ demektir. 100 mm/hafta'lık sulama miktarı yaklaşık olarak 15 mm/gün'e yada $150 \text{ m}^3/\text{ha-gün}$ 'e eşittir olduğunu bildirmişlerdir.

Bouwer, H. (Jour ASCE, Vol.96 (1970)), ABD Mizona Phoenix'de deşarj sistemleri üzerinde yaptığı deneysel araştırmalar sonucunda, ikinci-derece arıtılmış atıksu kullanılıyorsa, dönüşümlü işletmeyle yeraltı suyunun nitratlarla kirlenmesinin önlendiğini göstermiştir.

4. MATERYAL – METOD

4.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan materyal Kahramanmaraş ili atıksularıdır. Şehrin kanalizasyonu tek bir ana kolektörde toplanmayıp değişik noktalardan Sır Barajına deşarj olup bu noktalardan 8'er defa 2'şer saatlik kompozit numune alınıp daha sonra bu numuneler karıştırılmıştır. Numuneler Temmuz 2004 ile Eylül 2004 tarihleri arasında ve 11:00 – 13:00 saatleri arasında alınmıştır.

4.2. Çalışma Alanı ve Özellikleri

İlin Coğrafi Konumu: Kahramanmaraş 14.346 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin 11. büyük vilâyeti durumundadır. 37-38 kuzey paralelleri ile 36-37 doğu meridyenleri arasında yer alır. Merkez ilçe deniz seviyesinden 568 m. Yükseklikte olup, ilin kuzey kesimleri oldukça dağlıktır. Yeryüzü şekilleri genellikle Güneydoğu Torosların uzantıları olan dağlarla bunlar arasında kalan çöküntü alanlarından oluşmaktadır. Arazi yüksekliği 350 metreden 3000 metreye kadar çıkan ilde geniş ovalar vardır. Bunlar; Gâvur, Maraş, Göksun, Aşağı Göksun, Afşin, Elbistan, Andırın, Mizmilli, Narlı ve İnekli Ovalarıdır.

Kahramanmaraş'ın belli başlı dağları ise; Nurhak, Binboğa, Engizek, Uludaz ve Ahır dağıdır. Ceyhan nehri ile Aksu, Bertiz, Erkenez, Göksu, Göksun, Hurman, Körsulu, Sarsap ve Söğütlü çayları ilin başlıca akarsularıdır.

İlde toprakların %59,7'sini dağlar, %24'ünü platolar ve %16,3'ünü de ovalar teşkil etmektedir.

Hidrografya :Hidrografik açıdan en önemli akarsu Ceyhan nehridir. İlk kaynak yerleri Elbistan ovasını çevreleyen dağlardır. Uzunluğu 509 km. dir. Orta Toroslarda Nurhak dağından Söğütlü deresi adı ile çıkar. Hurman ve Göksun çaylarının birleşmesinden sonra Ceyhan adını alır. Engizek ve Ahır dağlarındaki boğazlardan geçerek Çukurova'ya girer. Misis tepelerini çevirdikten sonra İskenderun körfezine dökülür. Yol boyunca birçok dereleri toplar. Bunlardan Göksun

çayı 115 km. lik uzantıya sahiptir. Binboğa dağlarından inen Kömürsuyu ile başlar. Ceyhan nehrinin bir diğer kolu ise Aksu çayıdır (150 km). Bu çay havzanın güneyinde Engizek dağlarında yer alan Kaya dibi mevkiinde, Küçükcerit köyünün doğusunda, kuvvetli bir kaynaktan çıkar. Erince dağının güneybatısından bir yarma boğaz vadiden geçer ve Sarayköyü yakınında Gölbaşı depresyonuna açılır. Gölbaşı depresyonunun taban sularını da alan Aksu çayı İnekli gölünden itibaren güneybatıya yönelerek Pazarcıkta yer alan Kartalkaya Barajına dökülür. Aksu çayı daha ileride yan derelerden gelen suları da toplayarak Kahramanmaraş'ın güneybatısında Sır Barajına dökülür. Kahramanmaraş ilinde Ceyhan nehri ve Aksu çayı dışında kalan sular genellikle Ceyhanın kolları olan küçük akarsulardır. İldeki diğer akarsular arasında merkez ilçe'deki Deliçay, Erkenez çayı, Körsulu çayı, Peynir dere, Kerhan, Geben, Nurhak, Söğütlü, Hurman, Üngüt, Mismilli, Göksu ve Türkoğlu'nda yer alan Gökpınar gibi akarsular sayılabilir.

Göller: Kahramanmaraş ilinde doğal göl yoktur. Havzanın bataklık durumunda olan Gâvur Gölü ise D.S.İ. tarafından kurutulmuştur. İl merkezinin kuzeyinde Ahır dağlarında ise mevsimlik olarak tektono-karstik özellikte Karagöl ve Küçük Göl bulunur. Ayrıca Kahramanmaraş ovasında Humaşır kaynağında küçük bir göl ve etrafında sazlık–kamuşluk yer alır.

Baraj Gölleri: İl alanında Kartalkaya Barajı (Aksu çayı üzerinde, sulama amaçlı ve taşkınların korunması amaçlı, bitmiş durumda), Sır Barajı (Ceyhan nehri üzerinde, enerji üretim amaçlı, bitmiş durumda), Ayvalı Barajı (Erkenez çayı üzerinde, içme ve sulama amaçlı, yapımı devam etmekte ve Kılavuzlu Barajı (Ceyhan nehri üzerinde, enerji üretimi amaçlı, yapımı devam etmekte), Menzelet Barajı (Ceyhan Nehri üzerinde, enerji üretim amaçlı) Berke Barajı (Ceyhan Nehri üzerinde, enerji üretim amaçlı) yer alır.

Ulaşım: Bölgeler arası geçiş noktasında yer alan Kahramanmaraş ili; Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Çukurova ve Doğu Anadolu'ya giden yollar üzerinde bulunmaktadır. Kahramanmaraş Devlet yolları ile Kayseri, Sivas, Malatya, Adıyaman, Gaziantep, Adana ve Hatay'a bağlanmıştır. İlde 425 km devlet yolu 431 km il yolu vardır. Çukurova'yı GAP bölgesine bağlayan Toprakkale-Gaziantep

Otoyolu ile Adana-İskenderun-Gaziantep Otoyolu ilin güneyinde Nurdağ ilçesinden geçmektedir.

Çizelge 4.1. Kahramanmaraş İli'nin Bazı kentlere Ulaşım Mesafeleri

Kahramanmaraş	Mesafe (km)
Kahramanmaraş –Ankara	606
Kahramanmaraş-Adıyaman	80
Kahramanmaraş-İstanbul	1.060
Kahramanmaraş-Gaziantep	80
Kahramanmaraş-Kayseri	288
Kahramanmaraş-Adana	187
Kahramanmaraş-Erzurum	640
Kahramanmaraş-Malatya	223
Kahramanmaraş-Sivas	418

Kahramanmaraş ili demiryolları ile Adana üzerinden güney ve batı illerine Kayseri üzerinden iç ve kuzey Anadolu illerine, Malatya üzerinden Doğu Anadolu'ya bağlanmaktadır. DDY'nin Güneydoğu seferleri Türkoğlu-Narlı istikametinden geçmektedir.

İklim Özellikleri: Kahramanmaraş üç ayrı coğrafi bölgenin (Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi) birbirine en çok yaklaştığı alanda yer alır. Coğrafi konumu ve diğer faktörlerinde etkisi ile üç farklı iklim tipi arasında “Bozulmuş Akdeniz İklimi”ne daha yakın bir iklim özelliği gösterir. Kahramanmaraş merkezde görülen iklimin aksine kuzeye doğru gidildikçe yükseltiye bağlı olarak tamamen karasal iklim özellikleri görülür.

Kahramanmaraş Akdeniz ikliminin etkileriyle birlikte kırsal bir iklime hakim sürmektedir. Yazları kurak ve sıcak geçerken sıcaklık yazın maksimum 40 °C ‘yi geçmektedir. Kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Minimum hava sıcaklığı -10 °C civarındadır. Yıllık yağış miktarı 700 mm, olarak gerçekleşirken yağışlı günler yılın yaklaşık 70 gününe dağılmıştır. Kahramanmaraş’ın yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 16,5 °C, Pazarcık’ta 14,8°C, Andırın da 13 C° iken Elbistan da bu değer 10,3 °C ye

düşer. Yıllık ortalama sıcaklıklar güneyden-kuzeye, batıdan doğuya doğru yükseltiye bağlı olarak karasallığında etkisiyle bariz bir şekilde azalma göstermektedir.

Aylık ortalama sıcaklıkların yıl içinde dağılışı ise, Kahramanmaraş'ta 4,5°C, Pazarcık'ta 4,2 °C Andırın'da 3,2 °C, Elbistan'da -3,7°C dir. İlde en soğuk ay ocaktır.

Aylık ortalama sıcaklıkların en yüksek olduğu ay Kahramanmaraş' ta 28 °C, Pazarcık'ta 27,6°C, Andırında 22,9 °C ile Ağustos, Elbistan'da 23 °C ile Haziran ayıdır. Aylık ortalama sıcaklıklar Ocak ayından Ağustos ayına kadar artmakta, daha sonraki dönemde Ocak ayına kadar düşmektedir. Kahramanmaraş'ta yılın dört ayında sıcaklık ortalamaları 23 °C nin üzerindedir. Bu özelliği ile merkez "Akdeniz termik rejim tipi" nin etkisi altındadır. Kuzey ve kuzeydoğusu ise "Karasal termik rejim tipi" özelliğine sahiptir. Bu durum kış mevsimi ılık yaz mevsimi ise sıcak olan Merkez ilçeyi "Denizel Akdeniz Termik Rejimi" n den "Karasal Akdeniz Termik Rejimi"'ne yaklaştırır.

Yıllık ortalama nemlilik %50-60 arasında değişmektedir. En yüksek ne oram Aralık ayında meydana gelirken en düşük ise Haziran ve Temmuz aylarında olmaktadır.

Çizelge 4.2. Kahramanmaraş'ın Meteorolojik Verileri

YILI	2002	OCAK	SUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZIRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLUL	EKIM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA
ORTALAMA SICAKLIK		3.5	9.8	12.5	14	19.6	25.7	29	27.4	24.8	20.3	13.5	4.2	17
ORT.MAX.SICAKLIK		8.7	16.3	18.3	19.3	26.1	32.8	36.4	34.6	32.3	27.8	20.5	8.2	23.4
MAXİMUN SICAKLIK		17.4	20.2	25.4	25.8	33.2	41	42.4	41.8	38	36	26	17.2	30.4
MAX.SICAKLIK GÜNÜ		31	9	8	14	27.5.2002	25.6.2002	31.7.2002	13.8.2002	23.9.2002	13.10.2002	2.11.2002	4.12.2002	
ORT.MİN.SICAKLIK		-0.7	3.8	6.7	9.3	13.9	19	22.7	21.8	18.6	13.8	7.8	0.6	11.4
MİNİMUM SICAKLIK		-3.4	-0.3	3.2	5.2	9.8	14.4	20	18.6	14	19.5	4	-7.6	8.1
MİNİMUM SICAKLIK GÜNÜ		9	27	23	2	15	4.6.2002	11.7.2002	29.8.2002	20.9.2002	7.10.2002	15.11.2002	27.12.2002	
TOPLAM YAGIS		130	63.6	82	123.9	29.1	0.4		0.5	1.4	23.5	75.8	76.1	606.3
MAKS.YAGIS		44.9	26	27.2	23.1	14.7	0.2		0.3	0.9	13.1	27.9	24.4	
MAKS.YAGIS GÜNÜ		3	25	20	1	15	1.6.2002		9.8.2002	12.9.2002	21.10.2002	12.11.2002	9.12.2002	
YAGISLI GÜN SAYISI		8	6	12	19	11	2		5	3	7	7	13	93
ORTALAMA RÜZGAR		0.7	0.9	0.9	1,2	1,7	2.2	2.4	2.5	1.7	0,8	0,5	0.6	1.3
MAX. RÜZGAR		16.9	15.4	14.5	10.8	13.4	25.5	20.2	16.5	17.2	16.7	11.2	23.5	
MAX. RÜZGAR GÜNÜ		29	26	22	27	20	20.6.2002	24.7.2002	26.8.2002	30.9.2002	21.10.2002	13.11.2002	21.12.2002	
EN COK ESENYÖN		W	S	W	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	N	N	
BASINC ORTALAMASI		953.4	952.8	947.8	945.7	945.5	943.4	941.9	941.5	947.1	949.7	953.3	952.4	947.9
NİSBİ NEM ORT.(%)		69.5	58.5	62.8	71.4	60.8	54.2	58.2	61.9	62.6	55.3	65.9	68.4	62.5
BUHAR BASINCI ORT.		5.3	6.7	8.4	11	13.3	17.3	22.2	21.8	18.9	12.7	9.8	5.9	12.8
GÜNESLEME %'Sİ		49	54	46	42	61.7	70.8	72.9	70.6	71.8	62.5	52.5	33.3	57.3
GÜNESLEME SÜRESİ		150.2	162.6	169.3	164.8	268.6	312.2	324	297.5	265.7	215.8	158.9	100.7	215.9
BUHARLAŞMA HAVUZU			.		2.1	5	8	9.5	8.7	5.6	3.3			6
BUHARLAŞMA PICH			-		2.2	4.7	7.9	8.5	8.2	6.3	4.6	3.1		5.7
ORAJLI GÜN SAYISI			2		5	4(3)	1	1	1(2)	2	4(1)	2		21 (7)
DOLULU GÜN SAYISI			-											
KARLI GÜN SAYISI		3	.										4	7
KIRAGLI GÜN SAYISI		17	1										8	26
FIRTINALI GÜN SAYISI			-				2	2		1			2	7
DONLU GÜN SAYISI		21	1										14	36
ACIK		19	14	10	5	17	26	27	25	24	18	18	10	213
BULUTLULUK BULUTLU		6	10	13	19	13	4	4	6	6	11	8	12	112
KAPALI		6	4	8	6	1					2	4	9	40

Nüfus Durumu: 2000 Yılı Genel Nüfus Sayımı sonuçlarına göre, Merkez İlçe şehir nüfusu 326.198, il genelinin toplam nüfusu ise 1.002.384'tür. 1990-2000 döneminde yıllık nüfus artış hızı %011.4'tür. Nüfusun %46'sı köy ve kasabalarda, geriye kalan %54'ü de şehirlerde yaşamaktadır. İl genelinde km²'ye düşen insan sayısı ortalama 70 kişidir. Nüfus yoğunluğu açısından, Merkez İlçe km²'ye ortalama 157 kişi ile ilin en yoğun nüfusunu barındırmaktadır. En az nüfus yoğunluğu ise km²'ye 14 kişi ile Nurhak ilçesidir.

Çizelge 4.3. Kahramanmaraş Merkez ve İlçelerinin Nüfusları

Yerleşim Birimi		2000 Yılı Nüfus Sayımı	Yüzölçümü (Km ²)	Nüfus Yoğunluğu
Merkez	Şehir	326.198	2.956	157
	Bağlı Belde ve Köyler	139.172		
	Toplam	465.370		
Afşin	Şehir	35.834	1.428	65
	Bağlı Belde ve Köyler	56.884		
	Toplam	92.718		
Andırın	Şehir	8.311	1.162	35
	Bağlı Belde ve Köyler	32.740		
	Toplam	41.051		
Çağlayancerit	Şehir	12.642	417	71
	Bağlı Belde ve Köyler	16.938		
	Toplam	29.580		
Ekinözü	Şehir	6.880	595	29
	Bağlı Belde ve Köyler	10.222		
	Toplam	17.102		
Elbistan	Şehir	71.500	2.319	55
	Bağlı Belde ve Köyler	56.767		
	Toplam	128.267		
Göksun	Şehir	30.232	1.940	39
	Bağlı Belde ve Köyler	45.801		
	Toplam	76.033		
Nurhak	Şehir	8.118	1.219	14
	Bağlı Belde ve Köyler	9.142		
	Toplam	17.260		
Pazarcık	Şehir	24.374	1.710	42
	Bağlı Belde ve Köyler	48.254		
	Toplam	72.628		
Türkoğlu	Şehir	11.918	600	104
	Bağlı Belde ve Köyler	50.457		
	Toplam	62.375		
İl Toplamı	Şehir	536.007	14.346	70
	Bağlı Belde ve Köyler	466.377		
	Toplam	1.002.384		

<http://www.kahramanmaras.gov.tr/>

Ayrıca Kahramanmaraş şehir merkezinin son üç yılın nüfus sayımları aşağıdaki gibidir;

Yıl	Nüfus (kişi)
1990	228.000
1997	303.000
2000	326.198

Buna göre ilin gelecekteki nüfusları İller Bankası yöntemi ile hesaplanırsa:

2000 yılı için: 326198 kişi

2005 yılı için: $326198 \times (1,03)^5 = 378153$ kişi
2010 yılı için: $326198 \times (1,03)^{10} = 438383$ kişi

2015 yılı için: $326198 \times (1,03)^{15} = 508206$ kişi

2020 yılı için: $326198 \times (1,03)^{20} = 589150$ kişi

2025 yılı için: $326198 \times (1,03)^{25} = 682987$ kişi

2030 yılı için: $326198 \times (1,03)^{30} = 791769$ kişi

2035 yılı için: $326198 \times (1,03)^{35} = 917877$ kişi

2040 yılı için: $326198 \times (1,03)^{40} = 1064070$ kişi

2040 yılına kadarki nüfus yukarıdaki gibi bulunur.

Ekonomik ve Sosyal Durum

Kahramanmaraş da köyden şehre göç vardır. İstanbul'a göç veren iller sırasında 32. Sıradadır. Kahramanmaraş ilinde ekonomik faaliyet gösteren nüfusun çoğunluğu %67,71 ile tarım, ormancılık, avcılık ve balıkçılık işleriyle uğraşan oluşturmaktadır. Tarım dışı faaliyetlerinde çalışanlar ve ulaştırma makinelerini kullananlar %14,22 ile ikinci sırada gelmektedir. İlmi ve teknik elemanlar, serbest meslek sahipleri ve bunlarla ilgili diğer mesleklerle uğraşanlar nüfusun %3,72'sini hizmet işlerinde çalışanlar ise nüfusun %3,56'sını oluşturmaktadır.

Kahramanmaraş, engebeli bir arazi yapısına sahip olduğu için toplu ve yoğun bir yerleşim biçimine sahiptir. 10.216 ha lık belediye hizmet alanı ve 18.350 ha lık mücavir alanı bulunmaktadır. Mevcut oturma alanı ise 6.000 ha dır. Kentte yasal yapılaşmanın bulunduğu ve düzenli alt yapı götüren yaklaşık 3.712 ha lık alanda ortalama 370.000 kişi yaşamaktadır. Yürürlükteki imar planında uygun olarak merkezden uzaklaştıkça yerleşim yoğunluğu azalmaktadır.

Kahramanmaraş'ta 146 sanayi tesisi kurulması hedeflenen ve 1995 de yapımına başlanan organize sanayi bölgesi 285 ha alan üzerine kurulmuş ancak OSB Sanayicilerinin yerleşmesi için bir cazibe alanı oluşturamadığından bölgeye sanayicilerin ilgisi azdır.

Çizelge 4.4. Kahramanmaraş İli Sanayi Envanteri - 2004

SEKTÖRLER	FİRMA SAYISI	ÜRETİM KAPASİTELERİ	MİKTAR BİRİMİ	İSTİHDAM DURUMU
Tekstil Ve Konfeksiyon	357			17.980
1- İplik Fabrikaları	66	275.000	Ton/yıl	8.500
2- Dokuma Fabrikası	25	37.500	Ton/yıl	2.000
3- Örgü Kumaş Fab.	47	50.00]	Ton/yıl	650
4- Çorap Fabrikası	1	3.000	Çift/gün	20
5- Çırçır	51	41.000	Ton/yıl	800
6- Boya-Kasar Fabrikası	15	75.000	Ton/yıl	900
7-Konfeksiyon Fab.	20			
7-Konfeksiyon Atölyesi	130	25.000.000	Adet/yıl	5.000
8- Hidrofil Pamuk Fab.	2	3.850	Ton/yıl	110

Gıda Sektörü	92			2.901
9- Un Fabrikası	7	340	Ton/gün	135
10- Yağ Fabrikası	6	135	Ton/gün	150
11- Bulgur Fabrikası	3	25	Ton/yıl	26
12- Şeker Fabrikası	1	47.000	Ton/yıl	1.000
13- Dondurma	3	3.000	Ton/yıl	215
14- Yem Fabrikası	7	220	Ton/gün	75
15- Biber Atölyeleri	65	18.000	Ton/yıl	1.300
Metal Sanayi	72			1.058
16- Çelik Mlt Eşyası	50	8.700.000	Adet/yıl	750
17- Demir Haddehanesi	5	7.000	Ton/yıl	60
18- Tel Ve Çivi Fabrikası	1	Tel 25 Çivi 40	Ton/yıl Ton/yıl	5
19- Metal Levha Fab.	15	9.000	Ton/yıl	230
20- Lpg Tankı İmalat Fab.	1	20	Adet/yıl	13
Kâğıt Sektörü	4			223
21- Kâğıt Fabrikası	1	100.000	Ton/yıl	150
22- Kâğıt Bobin Fab.	1	81.000 000	Adet/yıl	45
23- Karton Fabrikası	1	Masura 1.000.000 Karton2.000 Rolik 600	Adet/yıl Ton/yıl Ton/yıl	22
24- Oluklu Karton Fab.	1	1.200	Ton/yıl	6
Yapı Elemanları Sanayii	10			330

25- Prefabrik Yapı Ele. F.	2	30.000	m ³ /yıl	60
26- Tuğla Fabrikaları	3	36.000.000	Adet/yıl	180
27- H Beton Tesisleri	3	225.030	m ³ /yıl	65
28- Mermer Fabrikaları	1	3.000	m ² /yıl	5
29- Bordür Taşı Fab.	1	150.000	Adet/yıl	20
Ambalaj Sanayii	5			49
30- Karton Kutu Fab.	1	1.200	Ton/yıl	10
31- Çuval Fabrikaları	1	14.000.000	Adet/yıl	22
32- Poşet Fabrikaları	3	2.100	Ton/yıl	17
Petro Kimya Sanayii	2			46
33- Lpg Dolum Tesisleri	2	23.000	Ton/yıl	46
Genel Toplam	542			22.587

Sanayi: Kahramanmaraş ili Türkiye’de piyasa ekonomisinin yeni yeni benimsenmeye başlamasıyla 1980’li yıllardan sonra büyük bir iktisadi adım atarak sanayileşme ve çağdaş ticaret sürecine girmiştir. Bu artış giderek ivme kazanarak günümüzde sanayi kenti olma yolunda büyük yol almıştır.

İlde en gelişmiş sanayi sektörü tekstil sektörüdür. Bu sektörde ağırlığı iplik, dokuma, örgü, boyama fabrikaları ile birçok konfeksiyon atölyesi oluşturmaktadır. Bu sektörler ticari hayatın lokomotif sektörleridir. Diğer bir sektör ise çelik mutfak eşya sektörü olup, küçük atölyeler şeklinde birçok üretici bulunmaktadır.

Fabrikalar genellikle Kayseri, Adana ve Gaziantep yolları üzerine yoğunlaşmıştır. Söz konusu bu sanayi tesislerinin gelecekte kapasitelerini artırmaları beklenmektedir.

Kahramanmaraş Belediyesinde kurulan organize sanayi bölgesindeki fabrika ve sanayi müteşebbisleri atıksularından kendileri sorumludurlar.

Türkiye pamuk ipliğinin %30 u dokuma kumaşının %12 si Kahramanmaraş'ta üretilmektedir. Ayrıca Kahramanmaraş başta mutfak eşyası olmak üzere metal işlerinin ticareti hususunda oldukça iddialı olabilecek durumdadır. Kahramanmaraş'ta başlıca sanayiler kâğıt işleme, yağ fabrikaları ve tekstildir.

Mevcut İçme Suyu

Su Kaynakları ve Su Temini

Kahramanmaraş hem yeraltı hem de yüzeysel su kaynakları bakımında zengin bir ildir. Yeraltı su kaynakları çoğunlukla sulamada kullanılmakla birlikte son 10 yıldır içme amacıyla da kullanılmaktadır. Bunun yanında kuyulardan çekilen su miktarları debimetre ile ölçülmemektedir. Ayrıca mevcut kaynak ve kuyulardan temin edilen içme suları bir arıtmaya tabi tutulmadan depolara iletilmektedir.

Kentte su kaçakları genelde evlerden şebekeye bağlanılan noktalarda ve 1920 il1930 lu yıllarda döşenen yaklaşık 150 km uzunluğundaki, artık tamamen çürümüş olan eski borulardan kaynaklanmaktadır. Eski şebekeye ilişkin kayıtlı ve haritaya işlenmiş veri bulunmamaktadır. Tamamı yaklaşık 710 km yi bulan su dağıtım şebekesi vardır. Bu şebekeden sızan sular yeraltı suyuna veya kanalizasyona karışmakta bu da planlanan atıksu arıtma tesisinin debisini artırmaktadır.

Şehirde endüstriyel su ihtiyacı ise genelde münferit açılmış kuyulardan temin edilmektedir. Halen kuyulardan endüstriyel su kullanım miktarı debi metre ile ölçülmemektedir.

İçme Suyu

Kahramanmaraş Belediyesine göre su üretiminin kaynaklardan 400 — 500 l/s kuyularından 600 l/s olmak üzere toplam 1.000— 1.100 l/s olduğu tahmin edilmektedir.

Kentin yıllık su üretimini 33 milyon m³ civarındadır. İlde ise su tüketiminin 150—200 l/kişi/gün olarak tahmin etmektedir. Nüfus ve üretimi değerleri göz önüne alındığında bu değer 100 — 115 l/kişi/gün olarak bulunmaktadır. Bir çok ailenin 150

1/kişi kapasiteli tankları mevcuttur, bu durum su tüketimi hakkında bir fikir vermektedir. Bir başka deyişle yeterli su bulunduğunda su tüketimi şimdikinden fazla olacağını göstermektedir.

Toplam Kapasite

Belediye kayırlarına göre şehre sağlanan su miktarı 1100 l/s dir. Bunun 500 l/s si pınarlardan geri kalanı ise kuyulardan sağlanmaktadır. Bunun yanında sanayi kendi su ihtiyaçlarını açtıkları kuyular vasıtası ile karşılamaktadır. Bu üretilen su miktarına karşılık kentte büyük oranlarda kaçak bulunmaktadır. Yıllık üretilen su miktarı kuyu ve kaynaklar beraber yaklaşık olarak yıllık 33.000.000 m³ iken faturalandırılan su miktarı 2003 ve 2004 yılları için çizelge 4.5. ve 4.6. da verilmiştir. Buna göre kentteki su kaçağı yüzdesi %60 civarındadır.

Çizelge 4.5. Kahramanmaraş Belediyesi 2003 Yılı Su Sarfiyat Durumu

Ocak	905.593	ton
Şubat	878.565	ton
Mart	852.071	ton
Nisan	896.567	ton
Mayıs	1.049.005	ton
Haziran	1.224.541	ton
Temmuz	1.127.042	ton
Ağustos	1.227.046	ton
Eylül	1.151.574	ton
Ekim	1.127.393	ton
Kasım	921.267	ton
Aralık	1.054.741	ton
Yıllık Toplam	12.415.405	ton

Çizelge 4.6. Kahramanmaraş Belediyesi 2004 Yılı Su Sarfıyat Durumu

Ocak	1.020.952	ton
Şubat	906.238	ton
Mart	890.840	ton
Nisan	1.011.662	ton
Mayıs	994.697	ton
Haziran	1.127.140	ton
Temmuz	1.186.166	ton
Ağustos	1.172.625	ton
Eylül	1.155.903	ton
Ekim	1.116.155	ton
Kasım	1.046.845	ton
Aralık	863.585	ton
Yıllık Toplam	12.492.808	ton

Kanalizasyon

İller bankası tarafından 1986 yılında yaptırılan kanalizasyon şebekesi projenin şu anda %93 ü tamamlanmış olup; inşaat çalışmaları devam etmektedir. Ancak tamamlanan şebeke, halen nüfusun %70 ine hizmet götürebilmektedir. Eski şebekeye ilişkin kayıtlı haritaya işlenmiş veri bulunmamaktadır. Dik yamaçlara kurulmuş, dar sokakların bulunduğu kentin eski mahallelerinin de bileşik sistem olan bölgeler ile düşük kotta kalan bölgeler yeni kanalizasyon sistemine bağlanmış ve kanalizasyon suyu kapalı derelere verilmiştir. Yeni şebekenin döşendiği bazı bölgelerde de halk halen eski şebekeye deşarjı sürdürmektedir. Eski şebekede menhollerin bulunmaması bakım ve onarım işlemlerini zorlaştırmaktadır. Eski şebeke yağmur kanal sularını beraber toplama amaçlı yapılmıştır. Yeni şebekede kanal ve yağmur suyu ayrılmıştır. Ancak yağmur sularını toplayan şebeke bu suları yakın derelere deşarj etmektedir.

Kahramanmaraş ovasında yer alan sanayi tesislerinin atıksuları genelde hiçbir arıtmaya geçirilmeden Aksu ve Erkenez çayına deşarj edilmektedir.

Atıksu

Sanayi tesislerinden kumaş boyama, bitkisel yağ üretimi deri terbiye ve boyama, süt mamulleri üretimi, et kesimi, hidrofil pamuk üretimi ve oluklu mukavva üretimi alanında faaliyet gösterenlerin atıksuları en kirletici özeliğe sahiptir. Sadece tekstil ve boya hanesi buluna iki fabrika ve Kağıt Fabrikası da olmak üzere üç fabrikada biyolojik arıtma tesisi bulunmaktadır.

Yukarıda sözü edilen Aksu ve Erkenez çayları atıksuları Sır Baraj gölüne dolayısıyla Ceyhan yatağına taşınmaktadır. Kentsel atıksuların debisinin yaklaşık 500 l/s olduğu tahmin edilmektedir.

Kahramanmaraş ilindeki atıksu deşarjı yaklaşık 500 l/s olup muhtemelen yer altı suyunun sulama alanlarından sızmasına bağlı olarak ham atıksu seyreltilmiş görünmektedir ve bölgedeki çiftçiler toplayıcılara delikler açmak suretiyle atıksuyu düşük verimli mahsuller ve sebzelerin sulanması için tarlalara yöneltmişlerdir.

Atıksu Yağmursuyu Sistemleri

Kanalizasyon şebekesi; deşarj noktaları açısından iki kategoriye ayrılmaktadır. Yenisi 2000 mm çapında bir beton boruyla deşarj edilmektedir. 5.500 l/s kapasite %70 doluluk oranına ve 2036 hedef yılı için İller Bankası tarafından tasarlanan bu sistem mevcut durumda sadece %30 doluluk oranına sahiptir ve İller Bankası tasarımında, yağmur suyu ve yeraltı suları için %10 luk kapasite tahsisi yapmıştır.

Ana kolektör hattında kentin atıksuyunun rengi olması gerekenden daha koyu akmaktadır. Bunun sebebi büyük oranda endüstriyel atıksuları taşıdığı içindir.

4.3. Metod

4.3.1. Atıksu Analizleri

Deneyisel çalışmalar sırasında sıcaklık ve pH, pH 330 / Set-1 de iletkenlik ise LF 330 / Set'inde ölçülmüştür. Burada pH Tayini (TS-3263, ISO-10523), Elektriksel iletkenlik (EI) tayini (TS-9748, EN-27888) metotlarına uygun olarak yapılmıştır.

5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI_5) Toplam Kjeldahl Azotu (TKN), Askıda Katı Madde (AKM) ve Çökelme değerleri Imhoff hunisinde ölçümleri standart metotlara uygun olarak yapılmıştır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Potasyum dikromat yöntemiyle yapılmıştır. Standart potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) çözeltisi (0.25 N) Gümüş sülfatlı Sülfürik asit çözeltisi $H_2SO_4+AgSO_4$, Standart demir amonyum sülfat $[Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2 \cdot H_2O]$ çözeltisi (0.25 N) ve Ferroin indikatörünün kimyasal reaksiyonları sonucu KOİ

Çizelge 4.7. Deneyde Kullanılacak Çözelti Miktarları

Numune Hacmi (ml)	0,25 N $K_2Cr_2O_7$ (ml)	Derişik $H_2SO_4+AgSO_4$ (ml)	$HgSO_4$ (gr)	$[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2]$ Normalitesi	Titrasyon öncesi son hacim(ml)
10	5	15	0.2	0.05	70
20	10	30	0.4	0.10	140
30	15	45	0.6	0.15	210
40	20	60	0.8	0.20	280
50	25	75	1.0	0.25	350

$$\text{mg/l KOİ} = \frac{(a-b) \times N \times 8000}{\text{ml numune}}$$

Formülü ile hesaplanıp Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini (KOİ) (TS 2789 ISO 6060) standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

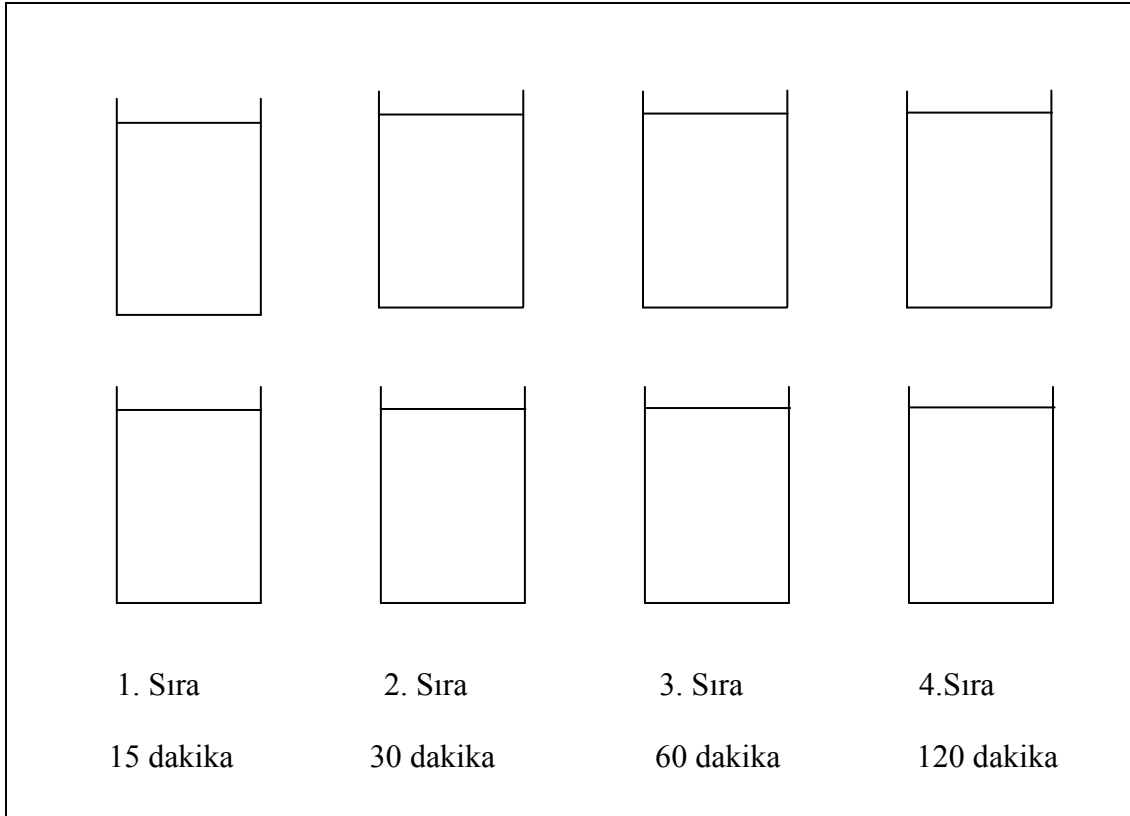
Toplam fosfor (TP) analizinde metot, atıksu numunesinin 100°C sıcaklıkta asidik ortamda hidrolizi ve oksidasyonu sonrası fosfat-molibdat-vanadat kompleksinin renk şiddetinin konsantrasyon cinsinden fotometrik olarak saptanması prensibine dayanır. Fosfor deneyleri Cecil 4001 spektrometer ile yapılmıştır.

KOİ, BOİ₅ deneyleri üçlü olarak yapılmış ve diğer deneyler ise iki defa tekrarlanarak hata payını en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Bulunan sonuçların ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir

4.3.2. Çökelme Deneyleri

pH, Elektriksel İletkenlik (Eİ), Askıda Katı Madde (AKM), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), 5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅ Toplam Kjeldahl Azotu (TKN), Toplam Fosfor (TP) değerlerine bakılmak suretiyle karakterizasyonu yapılan atıksu numuneleri dört sıra halinde ikişer dizilmiş 1 L' lik mezürlere homojen şekilde konulmuş ve 1. Sıra 15 dakika, 2. Sıra 30 dakika, 3. Sıra 60 dakika, 4. Sıra ise 120 dakika sakin çökelmeye tabi tutulmuştur.

Çökelme deney düzeneğinin şematik olarak ifade edilişi Şekil 4 1 de gösterilmiştir Ayrıca 30, 60, 90, 120 dakikalık bekleme süreleri sonunda giderim verimleri (% olarak) Çizelge 4. 3 'de grafiksel olarak da Şekil 4. 25'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çökelme Deney Düzenekinin Şematik Olarak ifade Edilişi

15 dakika sonra 1. Sıradaki 1 L'lik mezürden atıksuyun üst fazından uygun biçimde sifonlanarak alınan numunelerde Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri belirlenmiştir. Aynı işlem 30 dakika geçtiğinde 2. Sıra, 60 dakika geçtiğinde 3. Sıra, 120 dakika geçtiğinde ise 4. Sıra için de tekrarlanmıştır. Her beherdeki üst fazdan belirlenen süreler sonunda yüzeyden 300 ml alınarak numunelerin Kimyasal Oksijen İhtiyacı analizleri üçlü şekilde yapılmış ve iki beherden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak söz konusu çökelme süresi sonunda üst fazdaki ortalama Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri bulunmuştur.

Elde edilen bulgular gerek sayısal değerleri, gerekse yüzde giderim verimleri çizelge ve grafikler halinde ifade edilmiştir.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

5.1. Ham Atıksuyun Özellikleri

Alınan atıksu numuneleri Kahramanmaraş DSİ XX.Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuar Şube Müdürlüğü laboratuvarına getirilerek bekletilmeden fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Fiziksel ve kimyasal olarak, atıksu numunelerinde sıcaklık, pH Eİ (Elektriksel İletkenlik), AKM (Askıda Katı Madde), KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), BOİ₅ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı), TKN (Toplam Kjeldahl Azotu), TP (Toplam Fosfor), Çökelme parametrelerine bakılmak suretiyle atıksu karakterizasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Bununla ilgili olarak elde edilen değerler Çizelge 5.1 'de verilmiştir

Çizelge 5.1. Ham Atıksu Numunelerinin Özellikleri

Parametreler	Numune No								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Ort.
Sıcaklık (°C)	24,9	27,2	27,7	29	29	29	28	27,5	28,35
pH	8,28	8,20	8,08	8,31	8,06	7,13	8,2	7,4	7,96
Eİ (µS/cm)	675	1.088	980	1.128	626	940	977	911	915,63
AKM (mg/l)	159	250	225	332	170	190	207	147	210
KOİ (mg/l)	240	444	479	511	324	430	390	280	387,25
BOİ (mg/l)	137	350	290	388	142	295	305	120	253,38
TKN (mg/l)	15	18	20	22	15	21	17	20	18,50
TP (mg/l)	3,07	4,11	4,59	5,14	3,45	4,63	3,85	4,2	4,13
Çökelme(ml/l)	1,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,5	2,0	2,06

5.2. Araştırma Bulguları

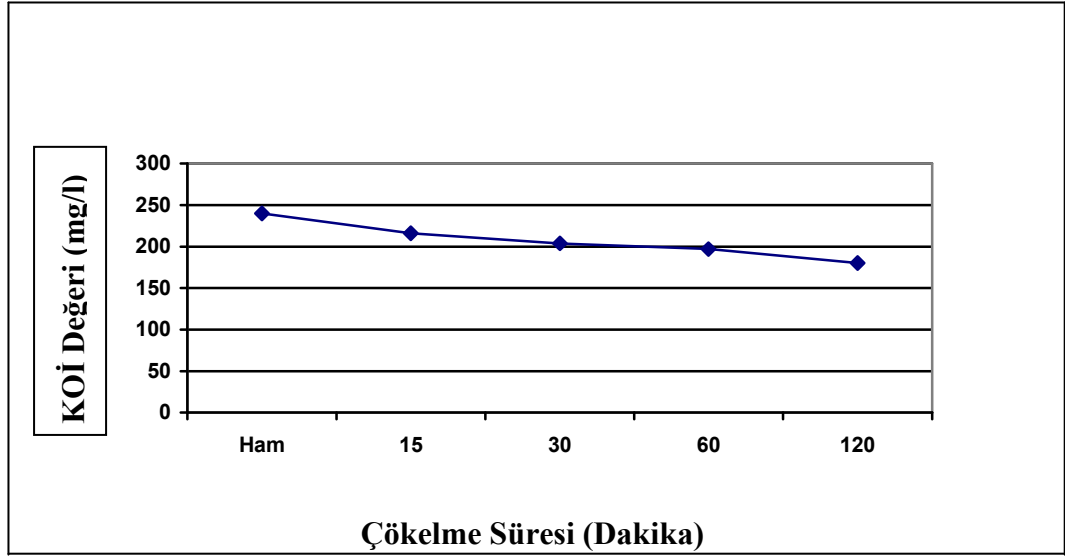
Kahramanmaraş ili evsel atıksuları ile yapılan çökelme deneyleri neticesinde 15, 30, 60, 120, dakikalık çökelme süreleri sonunda üst fazdaki kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri bulunmuş ve sonuçların değerlendirilmesi ele alınmıştır. Buna göre üst fazdaki kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri ile KOİ giderme oranları çizelge 5.2.ve5.3’de verilmiştir. Bu değerlerin grafiksel ifadeleri şekil 5.1-5.24’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Çökelme Süresine Karşılık KOİ Değerleri

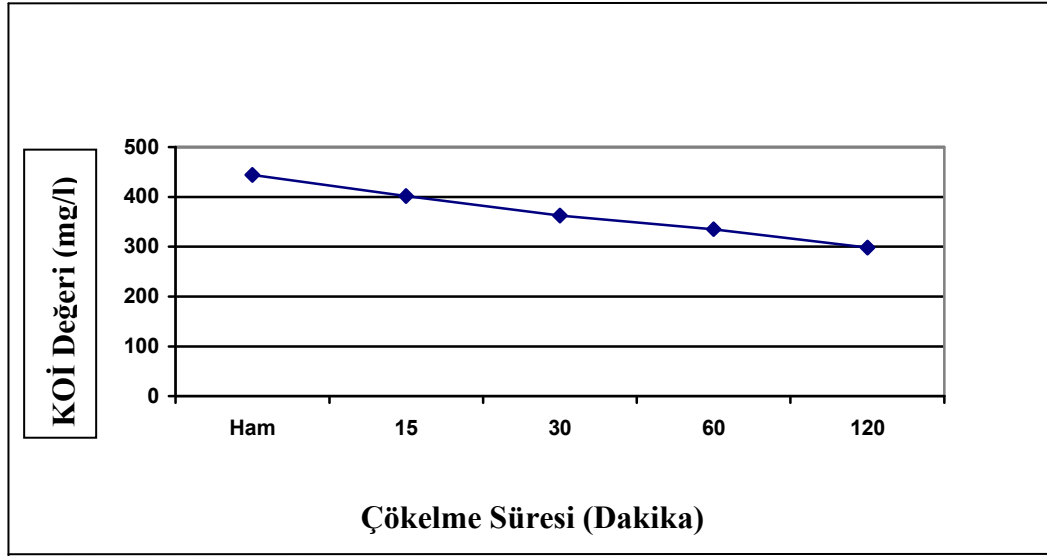
Numune no	Ham KOİ(mg/l)	Çökelme süresine karşılık üst fazdaki KOİ değerleri (mg/l)			
		15 dakika	30 dakika	60 dakika	120 dakika
I	240	216	204	197	180
II	444	402	363	335	298
III	479	441	410	377	333
IV	511	449	392	355	338
V	324	300	283	270	242
VI	430	359	334	301	282
VII	390	348	315	290	255
VIII	280	257	237	213	203
Ortalama	387	346,5	317,25	292,25	266,38

Çizelge 5.3. Çökelme Süresine Karşılık KOİ Giderme Verimleri

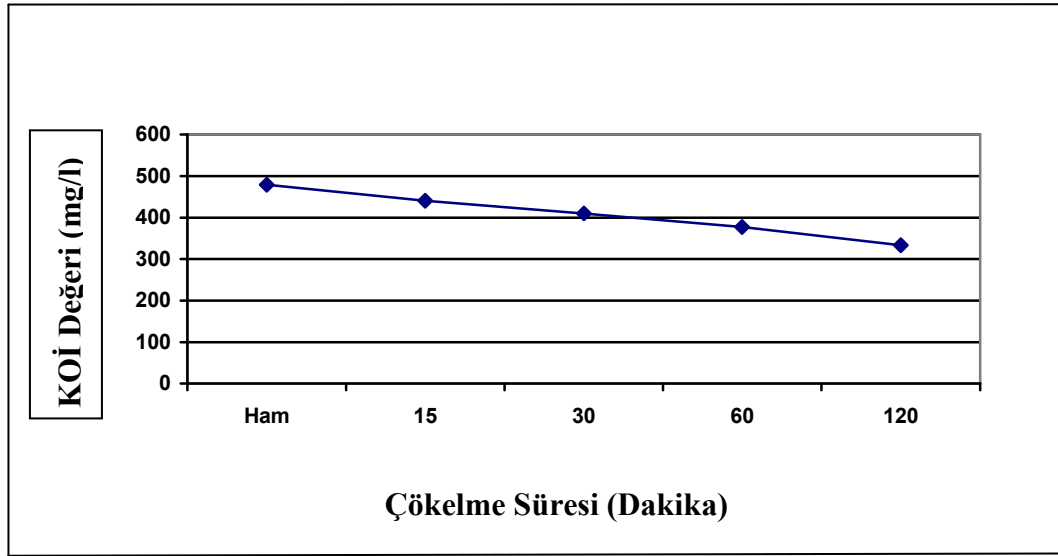
Numune no	Çökelme süresine karşılık üst fazdaki KOİ giderme verimleri (%)			
	15 dakika	30 dakika	60 dakika	120 dakika
I	10,00	15,00	17,92	25,00
II	9,46	18,24	24,55	32,88
III	7,93	14,41	21,29	30,48
IV	12,13	23,29	30,53	33,86
V	7,41	12,65	16,67	25,31
VI	16,51	22,33	30,00	34,42
VII	10,77	19,23	25,64	34,62
VIII	8,21	15,36	23,93	27,50
Ortalama	10,30	17,56	23,82	30,51



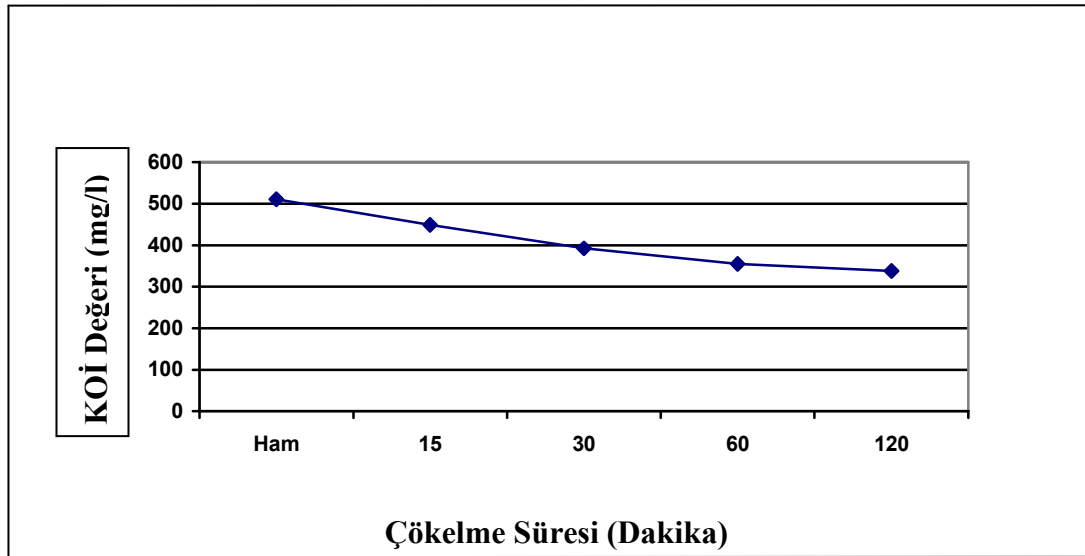
Şekil 5.1. I Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



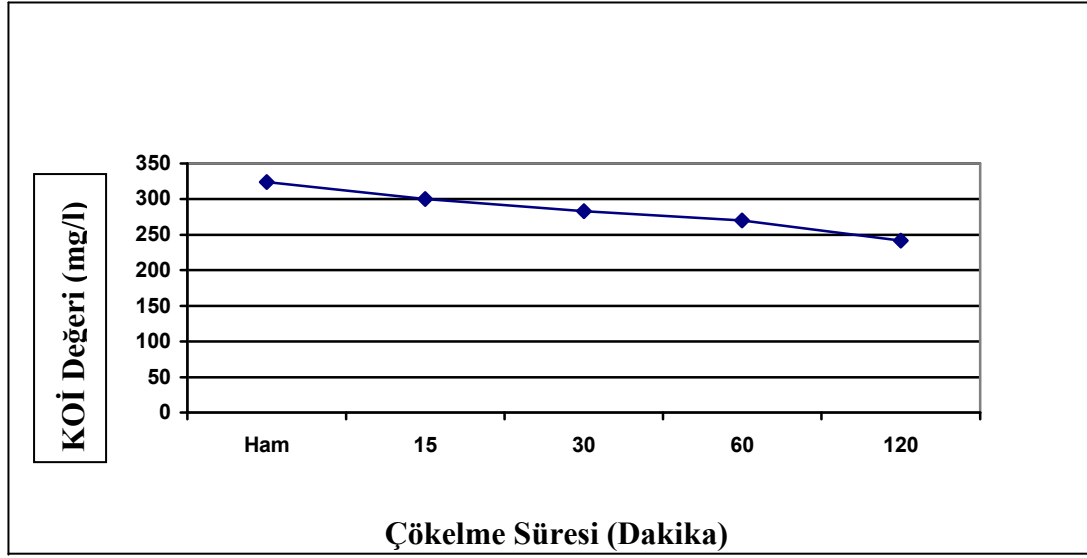
Şekil 5.2. II Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



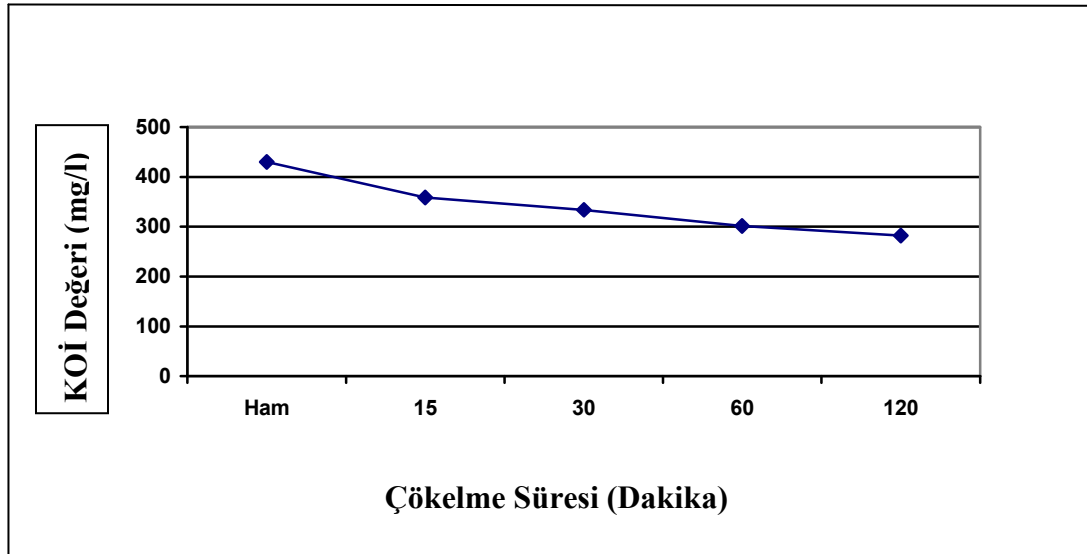
Şekil 5.3. III Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökeltme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



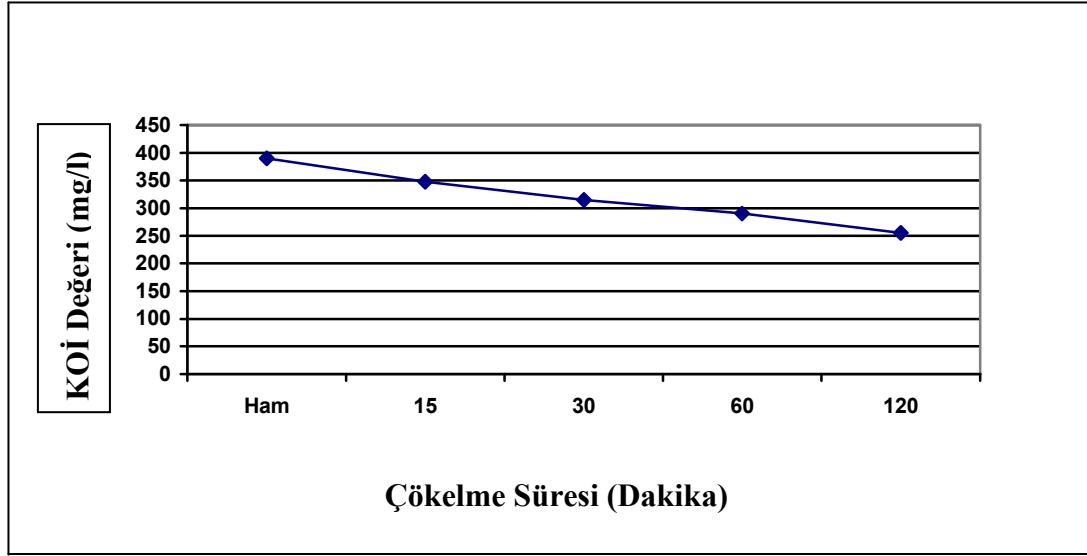
Şekil 5.4. IV Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökeltme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



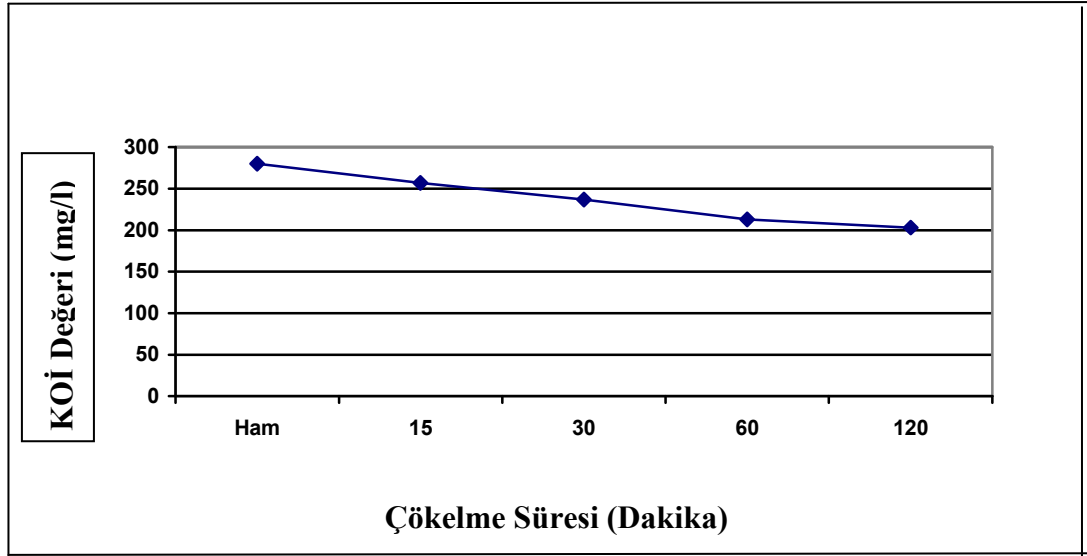
Şekil 5.5. V Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



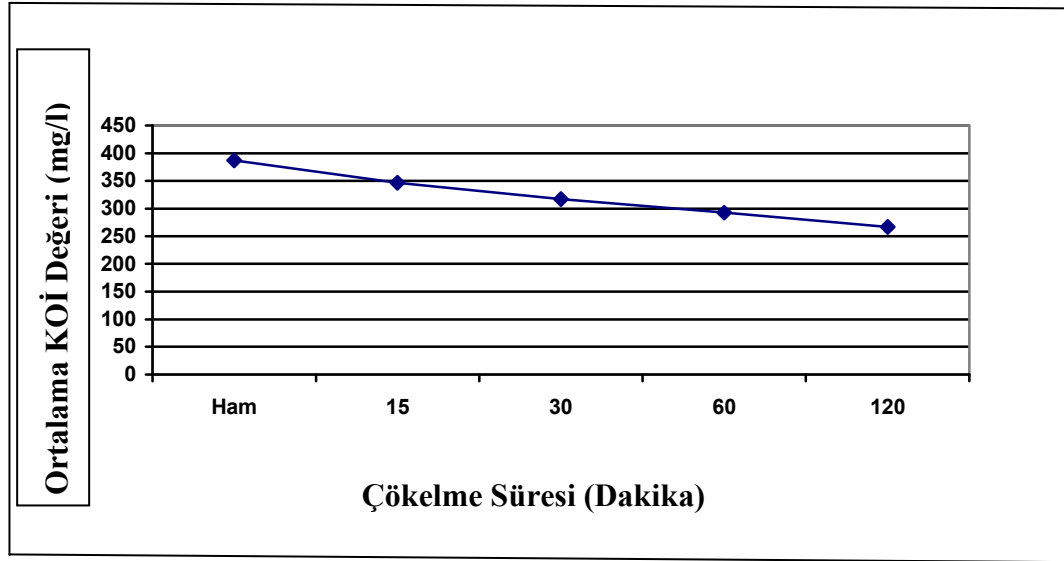
Şekil 5.6. VI Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



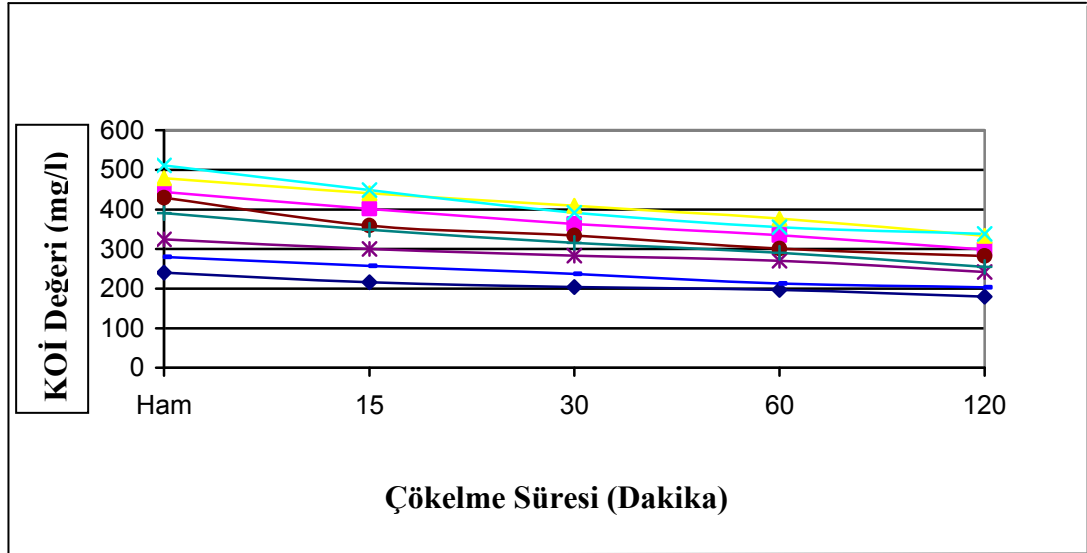
Şekil 5.7. VII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



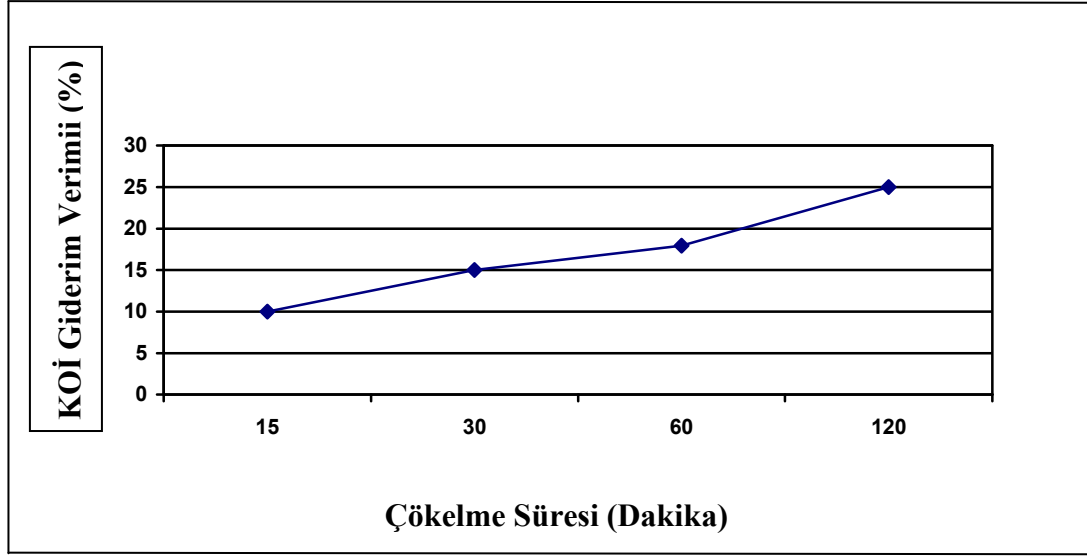
Şekil 5.8. VIII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



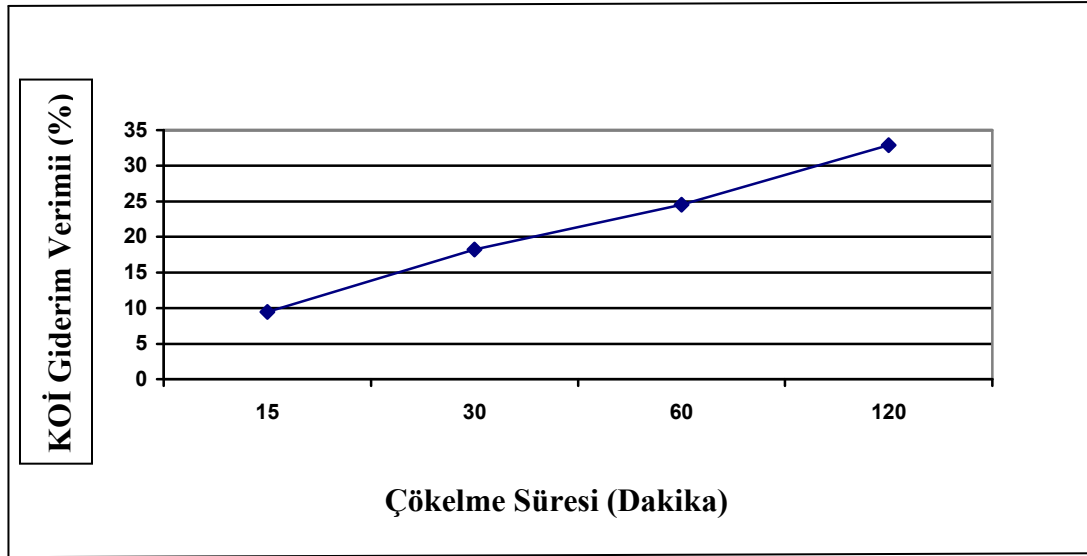
Şekil 5.9. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki Ortalama KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



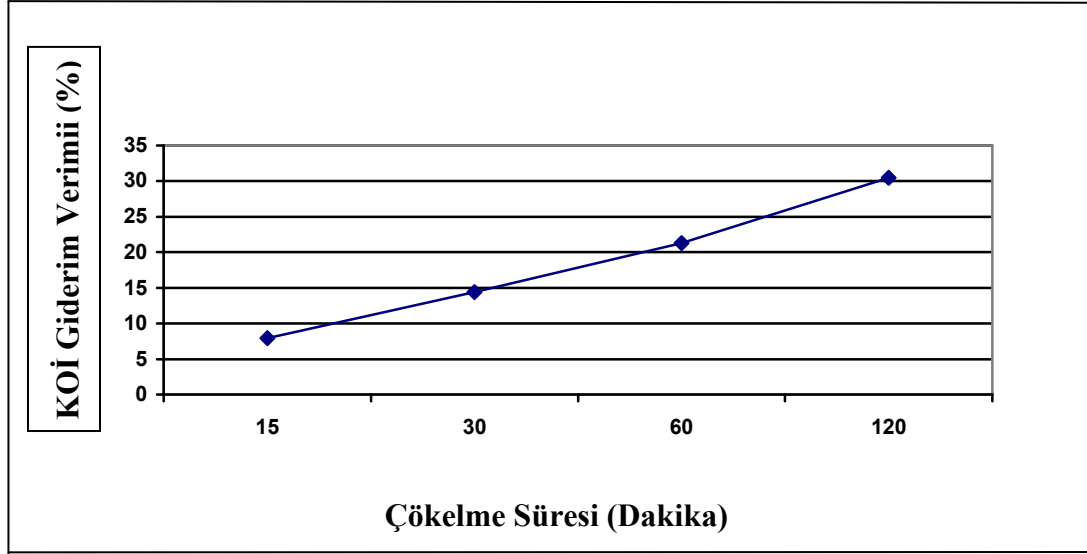
Şekil 5.10. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Üst Fazdaki KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Değerleri



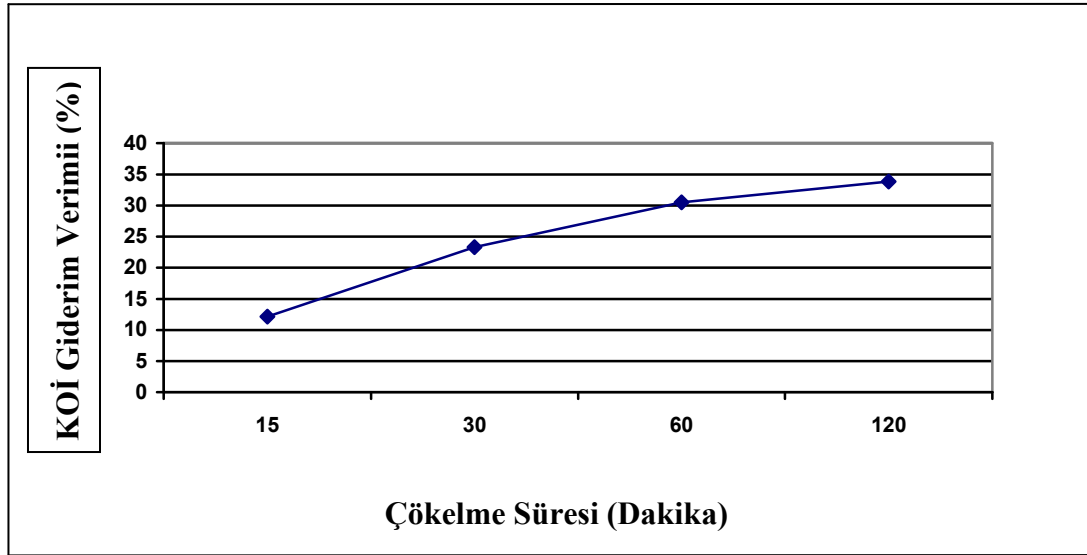
Şekil 5.11. I Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



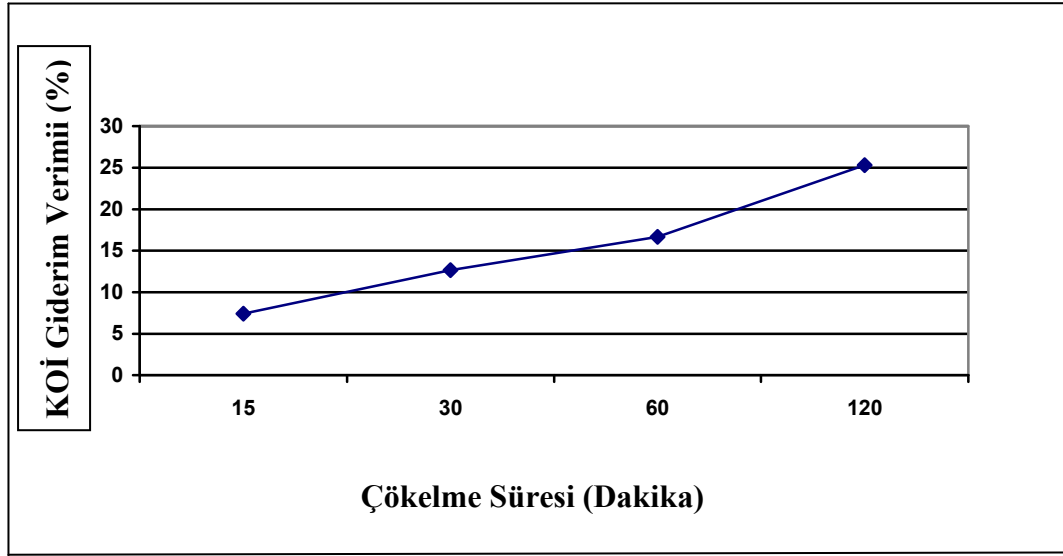
Şekil 5.12. II Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



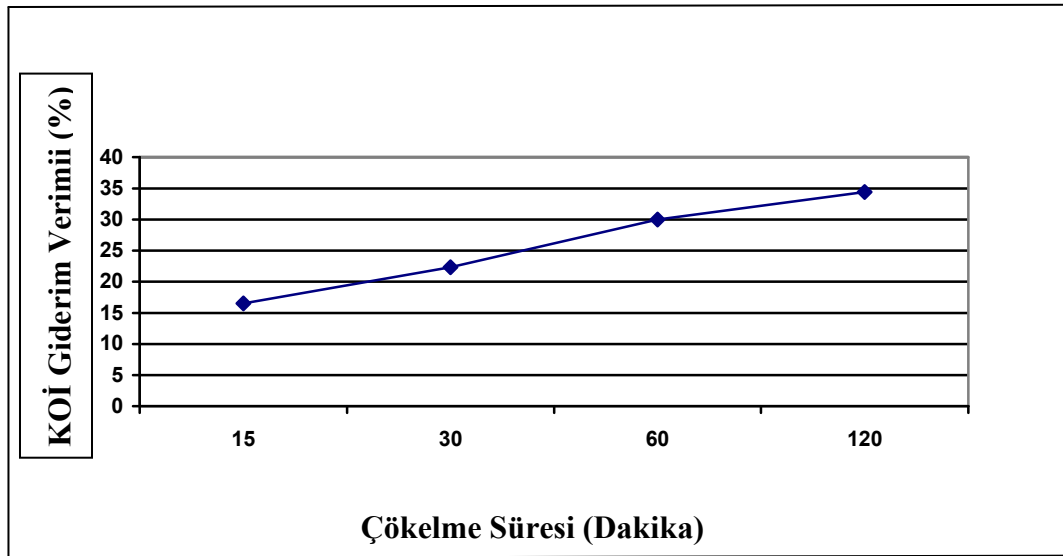
Şekil 5.13. III Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökeltme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



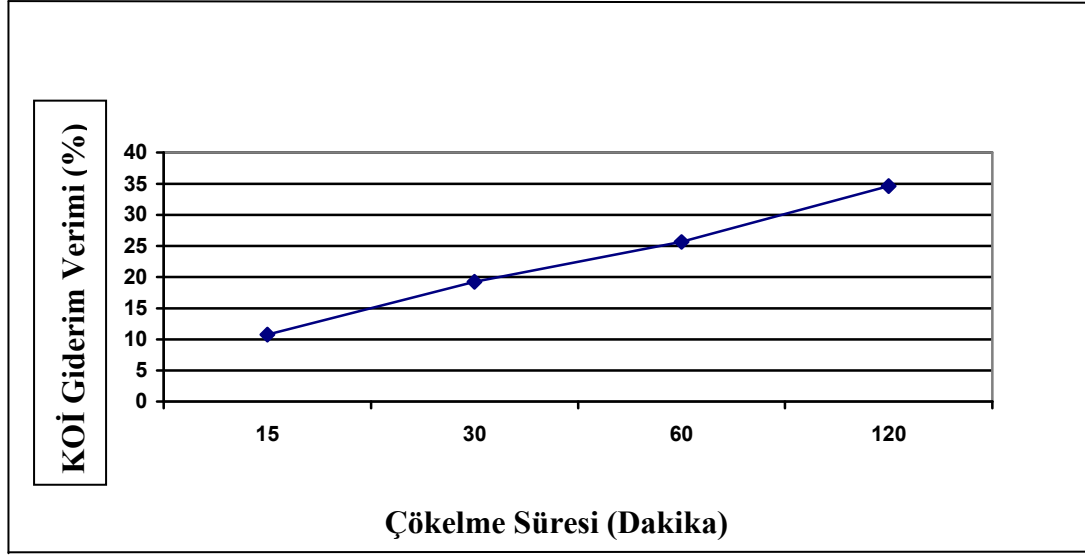
Şekil 5.14. IV Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökeltme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



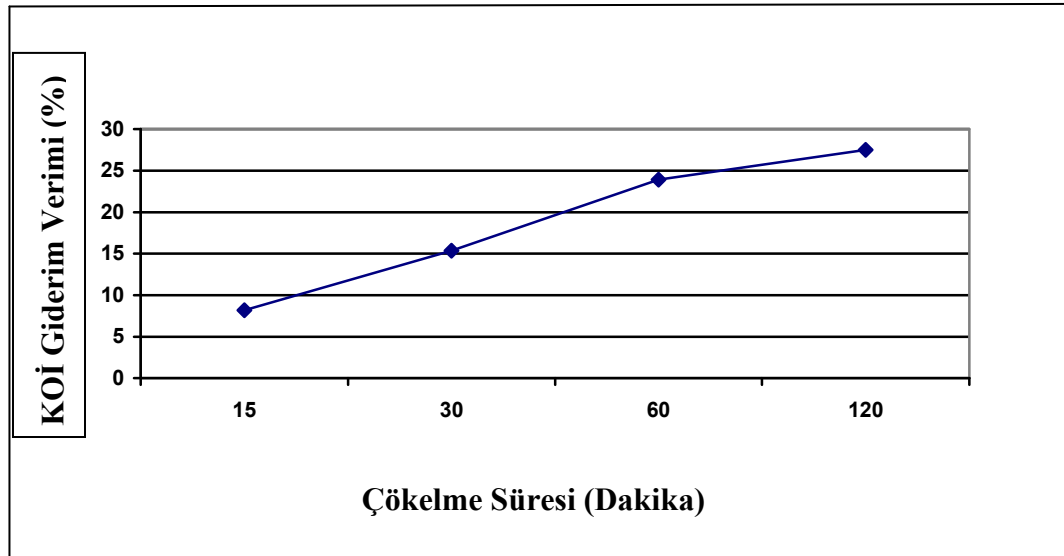
Şekil 5.15. V Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökeltme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



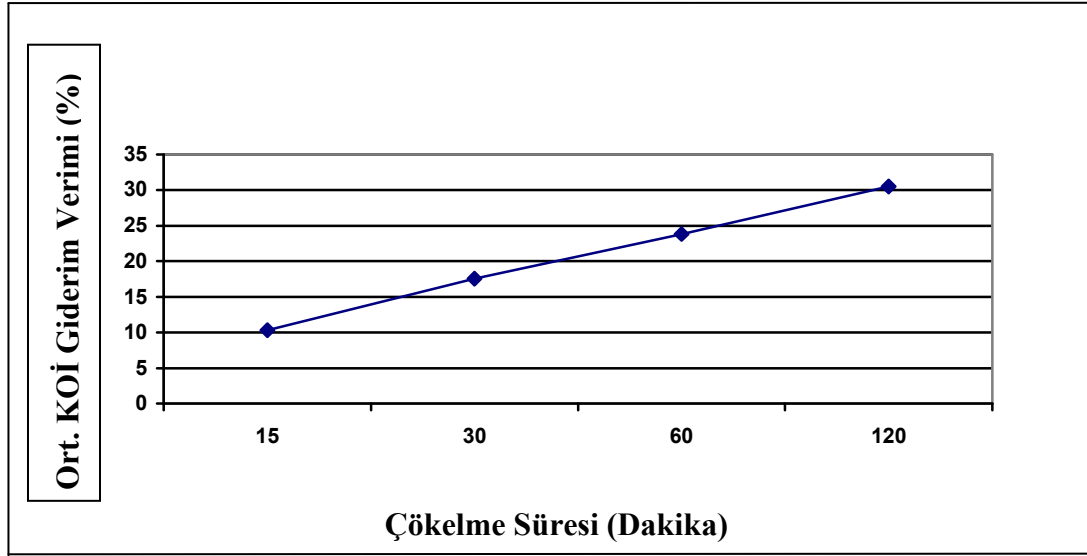
Şekil 5.16. VI Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökeltme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



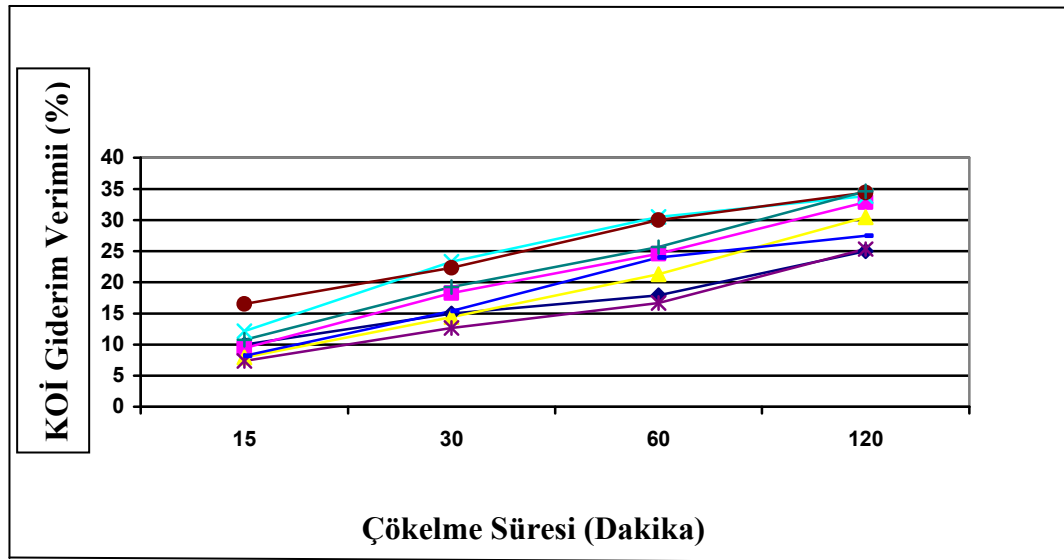
Şekil 5.17. VII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



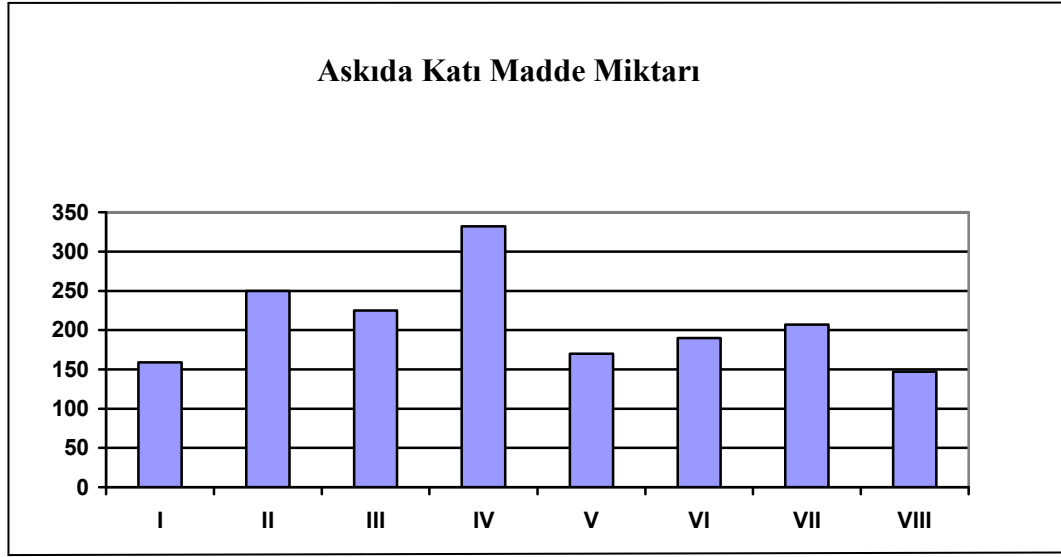
Şekil 5.18. VIII Nolu Numunenin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



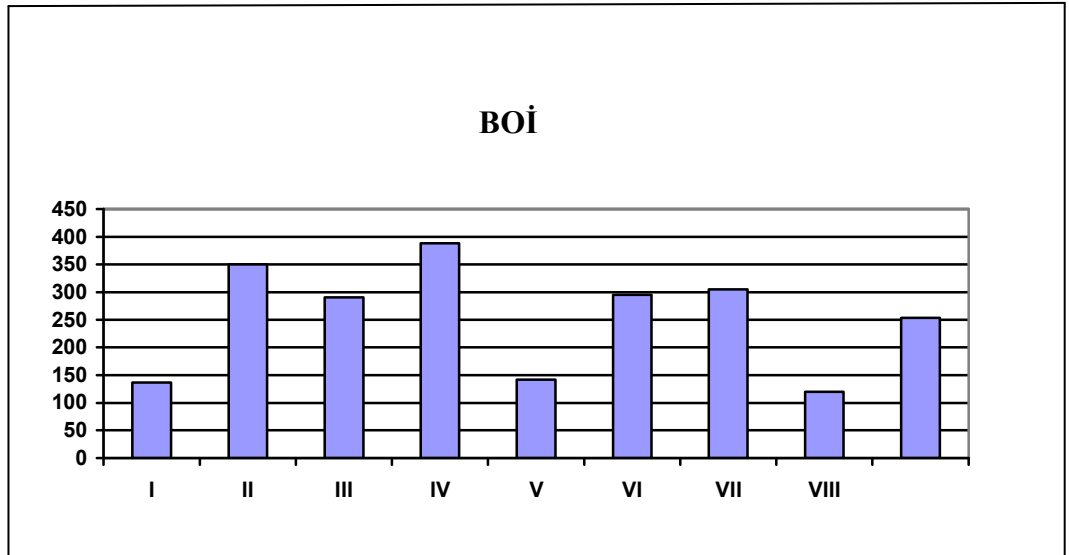
Şekil 5.19. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda Ortalama KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



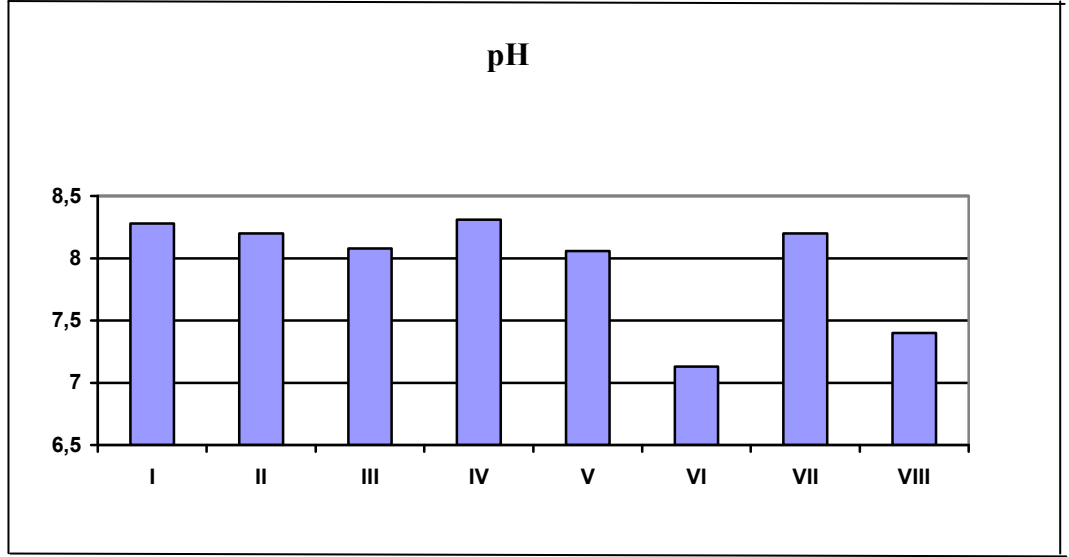
Şekil 5.20. Alınan Atıksu Numunelerinin 15, 30, 60 ve 120 Dakikalık Çökelme Süreleri Sonunda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Giderme Verimleri



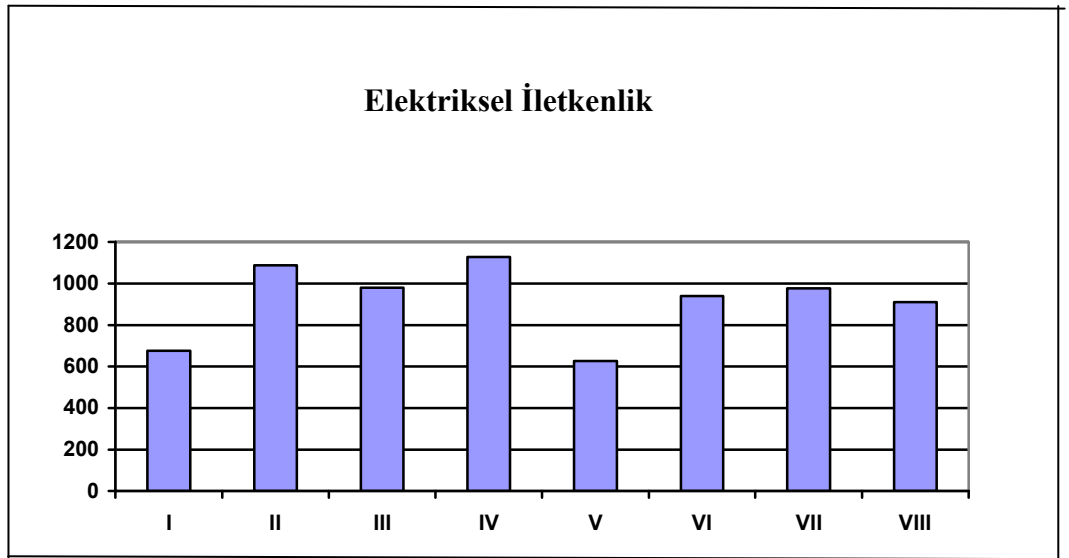
Şekil 5.21. Alınan Atıksu Numunelerinde AKM (Askıda Katı Madde) Miktarı



Şekil 5.22. Alınan Atıksu Numunelerinde BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) Değerleri



Şekil 5.23. Alınan Atıksu Numunelerinde pH Değeri



Şekil 5.24. Alınan Atıksu Numunelerinde Eİ (Elektriksel İletkenlik) Değeri

5.3. Araştırma Bulgularının Tartışılması

5.3.1. Atıksu Karakterizasyonu

Kahramanmaraş ili evsel atıksuları, kanalizasyonun deşarj olduğu ve şehrin atıksularını temsil edecek şekilde üç noktadan suyun en çok kullanıldığı günün 11:00 ve 13:00 saatleri arasın da kompozit olarak alınmıştır. Bilindiği üzere günün bu saatlerinde kirletici konsantrasyonu maksimum seviyeye çıkmaktadır. Fakat Kahramanmaraş'ta bazı bölgelerde yeraltı su seviyesi zemine çok yakın olması sebebi ile ve hatta bazı noktalarda suyun kaynak olarak yüzeye çıkıp kanalizasyon hattına verildiği noktalar da bulunmaktadır. Bunun yanın da kullanıma müsait kaynak sularının bazı cami şadırvanlarında sürekli olarak akıp kanalizasyona deşarj olduğu ve buna benzer kaynak sularının vatandaşlar tarafında kullanılıp kanalizasyona deşarj edildiği bilinmektedir. Bu gibi ve buna benzer sebeplerden dolayı kanala deşarj edilen sular neticesinde atıksuda kısmen seyrelme olması da beklenmektedir.

Atıksu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler gibi unsurları bünyesinde bulundurmaktadır. Yerleşim yerlerinden gelen atıksuların kirlilik parametreleri hakkında verilerin ortalamaları Metcalf ve Eddy, (1991) 'nin yaptıkları çalışma ile kıyaslanmış ve sonuçlar aşağıdaki Çizelge 5.4. de verilmiştir. Bu Çizelgeye bağlı olarak kentin atıksuyunun kuvveti ortaya koyulmuştur.

Çizelge 5.4. Evsel Atıksuların Genel Bileşimi (Metcalf ve Eddy, 1991)

Kirletici Parametreler	Konsantrasyon (mg/l)			
	Zayıf	Orta	Güçlü	Çalışma Bölgesi
Toplam Katı Maddeler (TKM)	350	720	1200	-
Askıda Katı Maddeler (AKM)	100	220	350	159
Çökelebilen Katı Maddeler (ÇKM, ml/l)	5	10	20	-
Biyolojik Oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	110	220	400	253,38
Toplam Organik Karbon (TOK)	80	160	290	-
Kimyasal Oksijen ihtiyacı (KOİ)	250	500	1000	387,25
Toplam Azot	20	40	85	18,5
Toplam Fosfor	4	8	15	4,13

Yapılan bu çalışma neticesinde yukarıdaki tabloya bakarak Kahramanmaraş ili atıksuyunun orta karakter ve orta karaktere yakın özellikte bir atıksu olduğu görülmektedir.

Analizleri yapılan atıksu numunelerinin ortalama değerlerini tablo ile kıyasladığımızda Askıda Katı Maddeler, Kimyasal Oksijen İhtiyacı orta karaktere yakın, Biyolojik Oksijen İhtiyacı orta karakter, Toplam Azot ve Toplam Fosfor miktarları da zayıf karakterli bir özellik göstermektedir.

Kentin evsel atıksuyunun diğer özelliklerinin ortalama değerleri pH 7,96, Elektriksel İletkenlik 915,63 μ S/cm, Imhoff deneyi de 2,06 ml/l olarak bulunmuştur. Ayrıca deneylerin yapıldığı atıksuyun sıcaklığının ortalaması 28,35 °C dir.

Çalışma bölgesi için BOİ₅ üretimi 36 g BOİ₅/kişi-gün olarak bulunmuştur. Diğer taraftan Muslu (1999) ise özellikle gelişmiş toplumlarda daha çok yaklaşılan 54 g BOİ₅/kişi-gün olan BOİ₅ üretimi değerini Türkiye için 35 g BOİ₅/kişi-gün civarında olduğunu belirtmiştir. Tabi ki bu değer düşük olmasının başlıca sebebi; idareli su kullanımı, sıvı ve bazı yemek artıklarının lavabolara dökülmeşi gibi sebepler BOİ₅ nin düşük olmasının başlıca nedenlerindendir (Yüceer. A. 1991).

Atıksu parametrelerinin değerlendirilmesi

Sıcaklık: Atıksuyun sıcaklığı mevsim itibarı ile normal değerlerde olup atıksuyun iletilmesinde kanalizasyon inşaat projesinin standardına uygun olduğunu göstermektedir.

Çalışma bölgesinde mevsimsel sıcaklığın -10 °C ye kadar düşmesi sonucu burada atıksuyun arıtım şeklini kısıtlamaktadır. Örneğin: Biyodiskler ile arıtımı yapılamaması durumunda atıksu disk alanında ve/veya içerisinde donacaktır. Stabilizasyon havuzları ile arıtım olması durumunda havuz fazla derin olmayacağından yine havuzda atıksuyun donma durumu söz konusudur. Atıksuyu anaerobik sistemler ile arıtım olması durumunda ise bu kadar soğuk bir ortamda anaerobik bakteriler faaliyet gösteremeyeceğinden bu sistem ile de arıtım yapılamaz.

Atıksuyun arıtım şeklinin sıcaklık parametresi bakımından en iyi aktif çamur sistemleri ve modifikasyonlarının olacağı düşünülmektedir. Çünkü bu sistemde atıksu sürekli ve hızlı bir şekilde havuz içerisinde sirkülasyona maruz kalmaktadır. Bu da havuzdaki atıksuyun donmaması için en önemli etkidir. Bunun yanında havuz yüzeyinde atıksuyun küçük kristaller şeklinde de donmasını önlemeye yönelik olarak havalandırma sisteminde difüzörler yerine yüzey havalandırıcılar kullanılması önerilir.

pH: Atıksuyun pH değeri genel olarak, atıksuların pH değerleri ile örtüşüp kentin su kullanımında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.

Elektriksel iletkenlik (EI): I ve V nolu numunelerin elektriksel iletkenlikleri 675 ve 626 µS/cm olarak ölçülmüş olup bu değerler diğer numunelere göre düşük çıkmıştır. Bunun sebebi insanların su kullanım ihtiyaçlarına bağlı olarak suya

iletkenliği artıracak inorganik maddelerin ve/veya iyonik çözeltilerin (çamaşır suyu veya tuzruhu gibi) kanalizasyona ulaşmadığı görülmüştür.

Askıda katı madde (AKM): Atıksuyun AKM değerlerine bakıldığında AKM nin 159–332 mg/l arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Sekiz adet numuneden beş tanesi orta karakterli atıksu konsantrasyon değeri olan 220 mg/l nin altında üç tanesi de bu değerin üzerindedir. Bu duruma göre atıksu karakteri orta karaktere yakın bir tablo izlemektedir.

Atıksu AKM miktarı bakımından İmhoff hunisinden de görüleceği üzere çökebilir madde miktarı azdır. Bu da atıksuyun dönen biyolojik reaktörler ve damlatmalı filtreler ile arıtılması durumunda filtre ortamını çok sık tıkayacaktır. Bu durum ise sürekli geri devir ve istenilen arıtım kalitesi değerini tutturmada sorunlar oluşturacaktır. Yine bu durumda da atıksuyun AKM miktarına bakılarak en iyi arıtım şeklinin aktif çamur sistemlerinin oluşturacağını göstermektedir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ): Atıksuyun KOİ si sadece bir numunede zayıf atıksu karakterinde ölçülmüş olup diğer ölçülen değerler orta karaktere yakındır.

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ): Atıksuyun BOİ si de yine üç numunede zayıf atıksu karakteri gösterip diğer beş numunede orta karakterdedir.

Toplam azot (TKN): Atıksuyun azot değerlerine bakıldığında kentin atıksuyunun zayıf karakterde olduğu gözlemlenmiştir.

Toplam fosfor (TP): Yine atıksuyun toplam fosfor değerlerine de bakıldığında atıksuyun zayıf karakterde olduğu gözlemlenmiştir.

Çökelme (İmhoff hunisinde): Imhoff hunisindeki çökelme deneylerinde değerler 1,5–2,5 ml/l aralığında bulunmuştur.

Genel olarak atıksuyun karakteri ikinci kademe bir arıtım durumu için orta karakterli atıksudur. Atıksuyun ileri arıtımı gibi durumu söz konusu olduğunda ise TP ve TKN değerlerinin zayıf karakterde olduğundan ileri arıtıma fazla bir yük gelmeyecektir. Bunun yanında atıksuyun ortalama AKM değeri ile ortalama çökelme değerlerini bazı illerin atıksu değerleri ile karşılaştırdığımızda; Osmaniye’de AKM

128 mg/l ve Imhoff hunisindeki çökelme 2,0 ml/l (Gök, O. (2002)) olarak, Ankara'da AKM 183,20 mg/l (Azman, H.E., (2005)), ve Kayseri'de AKM 318 mg/l bulunmuştur.

Kahramanmaraş ilinin AKM değerine karşılık Imhoff hunisindeki çökelme değeri Osmaniye ili atıksularına göre az bulunmaktadır. Bu da ilin atıksularının çökebilen kısmının az olduğunu göstermektedir.

Buna göre çalışma bölgesinin atıksularındaki çökebilir katı madde miktarının az olması sebebi, sıcaklık parametresinin etkisi ve diğer parametrelerin de ikinci kademe bir arıtım için herhangi bir engel teşkil etmeyecek özellikler sergilemesi sebebi ile atıksu arıtımının aktif çamur metodu veya kombinasyonları ile arıtılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

5.3.2. Çökelme Deneylerinin Değerlendirilmesi

Çökelme, suda istenmeyen katı maddelerin kendiliğinden veya zorla (koagülant kullanarak) yer çekimi etkisi ile sudan ayrılması olayıdır. Çökelme teorisine göre içerisinde askıda katı madde içeren bir sıvı durgun veya yarı durgun bir ortama bırakıldığında sudan ağır olan maddeler çökelirken hafif olanlar da su içerisinde yükselir. Bu klasik çöktürme teorisi sularda bulunan çoğu askıdaki katı maddelerin yumak oluşturup birlikte çökmesi özeliğinden dolayı tamamen geçerli değildir.

Sakin çökelmeye tabi tutulan atıksu numunelerinde atıksuda bulunan katı maddelerin çoğunun çökeldiği gözlemlenmiştir. Atıksuyun arıtılmasında Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerinin esas alındığı deneylerde üst fazdaki Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerine bakıldığında 15 dakikalık çökelme süresinde elde edilen KOİ giderme verimi %7-17 arasında değişirken, 30 dakikalık çökelme süresi için %12-23 aralığında, 60 dakikalık çökelme süresi için %16-31 aralığında, 120 dakikalık çökelme süresi için ise %28-35 aralığında gerçekleşmiş olup bu oran bir numunede %25 olarak bulunmuştur.

Numunelerin üst fazındaki atıksuyun KOİ değerlerini % ortalama olarak ifade etmek gerekirse; 15 dakikalık çökelme süresi için %10,30, 30dakikalık çökelme süresi için %17,56, 60 dakikalık çökelme süresi için %23,82 ve 120 dakikalık çökelme süresi için %30,51'dir. Alınan bu sonuçlara bakılarak atıksuyun çökelme süresi, arttıkça KOİ giderme veriminde bir artış gözlenmektedir.

Ortalama değerler incelendiğinde 15-30 dakika arasındaki artış %7,26, 15-60 dakika arasındaki artış %13,52, 15-120 dakika arasındaki artış %20,21, 30-60 dakika arasındaki artış %6,26, 30-120 dakika arasındaki artış %12,95, 60-120 dakika arasındaki artış %6,69 değerinde bir ortalama artış olduğu gözlemlenmiştir.

Bu değerler göz önüne alındığında maksimum KOİ giderme verimi 120 dakikalık çökelme sonunda %30,51, olarak gerçekleşmekle birlikte 60 dakikalık çökelme sonunda %23,82 değerine ulaşılmaktadır. Burada bir saatlik fazladan çökeltim süresine karşılık %6,69'luk bir KOİ giderim verimi artışı sağlanmaktadır. Yaklaşık olarak %6,69'luk bir giderim için çökelme tankının iki katı büyüklüğünde yapılması gerekmektedir. %6,69'luk bir giderim artışı için iki katı büyüklüğünde çöktürme tankı yapılması söz konusu olamaz. Bunun yanında atıksu için laboratuvar şartlarında bulunan 1 saatlik çökelme süresi gerçekte oluşan türbülans etkisi ile 1,5 saat olarak seçilmelidir.

Orta karaktere yakın ve orta karakterli evsel atıksulara uygulanan çökelme deneyleri verilerine bakıldığında ön çökeltimin evsel atıksulara kesinlikle uygulanması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Kahramanmaraş ili iklim şartları göz önüne alındığında ön çökeltim havuzlarından çıkan bu atıksular doğrudan tek kademeli ikinci derece biyolojik bir arıtım ile kolaylıkla gereken standartlarda arıtılabilir.

Evsel atıksular bir ön çökeltim havuzundan geçirildikten sonra yeraltı su kaynakları da dikkate alınarak enerji ve ön yatırım maliyeti aerobik arıtım sistemlerinden düşük olan arazide arıtma yöntemlerinden bir veya birkaçı ile de arıtılabilir.

5.3.3. Atıksuyun Arıtma Tipini Etkileyen Diğer Faktörler

Atıksuyun arıtılmasını etkileyen diğer faktörler bölgenin topografyası, jeolojisi, atıksuyun tesise iletilmesinde pompaj durumu, deşarj ortamı vs. gibi faktörler sıralanabilir.

Çalışma bölgesinde arıtma tesisi yapılabilecek alanlar kentin arazi yapısı gereği düz bir alana sahip olup ulaşım yönünden de çok müsaittir. Kentin atıksuları ise bölgenin en düşük kotuna sahip olan Sır Barajı gölüne deşarj olmaktadır. Bu bölgeye arıtma tesisi yapılması durumunda atıksuyun arıtma tesisine iletilmesinde pompaj istasyonuna da gerek kalmamaktadır.

Arıtma tesisi seçimi konusunda ise atıksuyun özelliği ve iklim şartları sınırlaması dışında anaerobik bir arıtım veya modifikasyonlarının seçilmesi durumunda arıtma tesisine yerleşim birimlerinin durumu ve özellikle yazları esen garbi rüzgârının etkisi ile yerleşim yerleri arıtma tesisi kokusundan aşırı bir şekilde rahatsız olacağı kesindir. Bunun yanında anaerobik bir arıtma tesisi alanı için çok büyük arazi tahsis edilmesi gerekmektedir. Buradaki arazi fiyatları göz önünde bulundurulduğunda arıtma tesisinin ilk yatırım maliyetini de oldukça artıracaktır. Bu sebeplerden de dolayı aktif çamur sistemlerinin atıksu arıtma tesisi için en uygun sistemler olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca arıtma tesisinde azot ve fosfor giderimi yapılmayacaksa ikinci kademe bir arıtmadan çıkan sular göl ortamında ötrofikasyona sebebiyet vereceğinden çıkış sularının baraj gölü havzasının dışına kolektör veya kapalı kanal sistemleri ile arıtma tesisi çıkış sularının tahliyesi yapılır (SKKY., 31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı R.G.). Bunun dışında ikinci kademe arıtmadan çıkan sular tarımda da kullanılabilir. Böylece pahalı bir yöntem olan üçüncü kademe arıtma ihtiyacı kalmaz.

Çalışma bölgesinde baraj gölü ve civarının en düşük kota sahip olmasından dolayı, yapılacak olan arıtma tesisinde tesisin inşaatı için yeraltı su seviyesi zemin etütlerinin de çok iyi hazırlanması gerekmektedir.

5.3.4. Arıtma Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ve Arıtma Tesisi Seçimi

Artan nüfus yoğunluğu ve buna bağlı olarak artan çevre kirliliği ve temiz su kaynaklarının giderek azalması sonucu kullanılmış suların arıtılarak doğaya verilmesi günümüzde bir zorunluluk halini almıştır. Buna bağlı olarak geçmişten günümüze kadar değişik arıtma yöntemleri uygulanmıştır. Arıtımın en önemli yaklaşımı atıksuyun özelliklerini ve kirlilik parametrelerinin ortaya çıkarılması olmuştur. En uygun ve ekonomik arıtma tipi seçiminde aşağıdaki belirtilen kriterler temel teşkil etmektedir. Bunlar:

Atıksuyun özeliği

Alıcı ortam özeliği

İklimsel faktörler

Topografya özellikleri

Jeolojik özellikleridir. (Metcalf & Eddy, 1991)

Bunların yanında atıksu deşarj kriterleri de arıtma yönteminde önemli bir yere sahiptir. Ülkemiz için, evsel atıksuların arıtımı konusunda arıtma tesisinin ilk yatırım maliyeti en önemli unsur olarak bilinmektedir.

Arıtma tipleri ile ilgili yapılan çalışmalarda anaerobik sistemlerin aerobik sistemlere nazaran ilk yatırım maliyeti daha pahalı (büyük miktarda araziye ihtiyaç olduğu için), işletimi zor, daha fazla enerji gerektiren ve aerobik sistemlere nazaran arıtım üzerine sonuç alma da daha uzun bir zaman gerektiren sistemlerdir. Aerobik sistemlerde ise daha az alan gerektirir, şok yüklemelerde sistem sekteye uğramaz ve en önemlisi her iklim şartlarında en rahat kullanılabilir olan bir sistemdir. Bazı arıtma tiplerinin ekonomik yönden mukayesesi aşağıdaki Çizelgede açıklanmıştır.

Çizelge 5.5. Bazı Arıtma Tiplerinin Ekonomik Yönden Mukayesesi
(Batchelor ve ark. 1991)

Arıtma Sistemi	US \$ olarak maliyeti*1000				
	İnşaat	Mekanik	Elektrik	Toplam	Ortalama Yıllık İşletme Maliyeti
Klasik Aktif Çamur	267	55	143	465	30,6
Damlatmalı Filtre	394	86	130	610	30,3
Biyodiskler	175,5	241,5	10,1	400,1	19,8
Stabilizasyon Havuzları	299	66,3	—	305,3	1,38

Yukarıdaki tablodan da görüleceği gibi en uygun arıtma şekli stabilizasyon havuzları olarak görülmektedir. Ancak bu arıtma tipinin seçilebilmesi için öncelikle arıtma tesisi kurulacak yörenin iklim şartlarını ılıman olması gerekmektedir. Aksi halde atıksudaki arıtmayı gerçekleştiren mikroorganizmalar faaliyet göstermeyecek veya istenilen arıtma düzeyi yılın büyük bir zamanı diliminde gerçekleştirilemeyecektir. Bundan dolayı en uygun arıtma tipinin atıksuyun karakteristiği de dikkate alınarak aktif çamur sistemi veya modifikasyonlarının olacağı görülmektedir.

Evsel atıksuyun giderim verimleri bakımından incelenmesi sonucunda ön çökeltim ünitesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Burada, atıksudaki mevcut olan askıda katı maddelerin ikinci kademe biyolojik ünitelerde mikroorganizmalar tarafından parçalanması çok zordur. Dolayısıyla katı maddeler, biyolojik arıtma ünitelerinde floklara tutunamaz. Tutunamayan bu floklar biyolojik üniteye çökmek zorunda kalırlar. Oysaki bu fokların son çökeltim havuzlarında çöktürülmesi gerekir. Askıdaki katı maddelerin bu şekilde davranması tesiste işletme sorunları çıkarmaktadır. Bunun engellenmesi için düşük konsantrasyonlarda olsa bile evsel

atıksuların önce ön çökeltimden geçirildikten sonra biyolojik arıtma verilmesi verimli bir arıtma sağlanacaktır. Ön çökeltimden çıkan atıksular direkt olarak, ikinci kademe arıtım ünitesine verilir.

Biyolojik tasfiye yoluyla atıksulardaki koloidal ve çözünmüş organik maddelerin, kolayca çökebilen yapıdaki biyokütle ve gazlara dönüştürülmesi sağlanır. İkinci kademe tasfiye olarak da adlandırılan bu proses, genellikle fiziksel ön arıtma sistemleri ile birlikte uygulanır. Atıksu bünyesindeki kaba maddelerin giderilmesinde en müessir yöntem ön çöktürme olduğu halde, koloidal ve çözünmüş organik maddelerin gideriminde biyolojik sistem en uygun tasfiye metodudur. Günümüzde en yaygın şekilde kullanılan biyolojik tasfiye sistemleri, başlıca:

Aktif Çamur Sistemi

Aerobik lagünler

Stabilizasyon havuzları

Damlatmalı Filtreler

Biyodiskler (Döner Diskler) olarak sıralanabilir.

Alternatif bir arıtım sistemi de, ön çökeltmeyi izleyen arazide arıtım yöntemidir. Bunun için, arazi, işletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması ve sistemden doğacak dezavantajların olmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca bölgenin yeraltı su kaynaklarının da kirlenmemesi gerekir. Bu yüzden tesisin yer seçimi dikkatli olarak ele alınmalıdır.

Aktif çamur prosesi; aerobik biyolojik arıtma metodları arasında geniş uygulama alanları bulmaktadır. Aktif çamur, atıksu içerisinde havalandırma, bunu izleyen katı-sıvı ayrımı, arıtılmış suyun uzaklaştırılması, çamur fazlasının sistemden uzaklaştırılarak geri kalanının havalandırma ünitesine verilmesi safhalarını kapsamaktadır.

Birinci derece arıtma, ızgaralama, kum tutma ve çökeltme işlemlerinden oluşmaktadır. Evsel atıksularda birinci derece arıtma ile atıksudaki BOİ'nin %30-35'i giderilir. Çökeltmeden sonraki arıtmaya ikinci derece arıtma denir. İkinci derece arıtma, biyolojik havalandırma işleminin geçtiği safhadır. Bu işlem sırasında

çözünmüş organik madde çökelebilen hale dönüştürülür ve son çökeltme tankında çamur olarak tutulur. Daha önceden havalandırılmış olan bu çamura “aktif çamur” denir. Aktif çamurun bir bölümü baş taraftaki havalandırma tankına geri döndürülür. Geride kalan kısım ise fazlalık olarak sistemden dışarı alınır. Dışarıya alınan fazla çamur ve birinci derece arıtma esnasında ilk çökeltme havuzunda biriken çamur önce karıştırılır, sonra yoğunlaştırılır ve en sonunda da daha ileri stabilizasyon sağlamak amacıyla çamur çürütücülere gönderilir. Aktif çamur prosesi ile %90 ‘in üzerinde bir oranda BOİ giderimi sağlanır. Bu oran birçok durumda beklenen standartları karşılar

Eğer daha fazla arıtım isteniyorsa ileri derece arıtma yapılmalıdır. Üçüncü derece arıtma esnasında uygulanacak birim işlemler, bu arıtmadan ne beklendiği ile ilgilidir. Diğer bir deyişle, arıtılacak suyun ne maksatla kullanılacağı, arıtmanın içeriğini de belirler. Eğer arıtılan su herhangi bir maksatla yeniden kullanıma sunulacaksa, üçüncü derece arıtma gerekli olmaktadır. Sistemin başarılı sonuçlar vermesi, bu esasların sağlanması ile mümkün olmaktadır.

Uzun havalandırma prosesi; yıllar içerisinde popülerite kazanmış çamur modifikasyonudur. Bu prosesin Avrupa’da oksidasyon hendekleri ve Amerika’da paket tesisler şeklinde değişik uygulamaları vardır.

Uzun havalandırma prosesinde ön çökeltme havuzu ve çamur çürütücüler yoktur. Bundan dolayı, uzun havalandırma tesislerinin inşaatı ve işletmesi konvansiyonel aktif çamur tesisleriyle kıyaslandığında çok daha kolaydır.

Uzun havalandırma prosesinde ham atıksu ızgaralardan ve kum tutuculardan sonra doğrudan doğruya havalandırma havuzuna verilir. Buradaki şartlar tamamen aerobik özelliktedir. Bu prosese uzun havalandırma prosesi denilmesinin sebebi, atıksuyun havalandırma havuzunda kaldığı sürenin uzun olmasıdır. Uzun havalandırma her ne kadar enerji tüketimi fazla olan bir prosese olsa da, işletme kolaylıkları yüksek enerji bedelini dengelemektedir. Konvansiyonel aktif çamur sistemine göre bir diğer avantajı da yüksek BOİ giderim kapasitesidir. Uzun havalandırmada %97-98 mertebesinde BOİ giderilebilir. Dolayısıyla, eğer atıksu üçüncü derece arıtmadan sonra tekrar kullanılacaksa, bu proses özellikle arzu edilir.

Damlatmalı filtreler; içerisinde mikroorganizmaların tutunduğu geçirimli dolgu malzemesi bulunan biyolojik tasfiye sistemleridir. Mekanik arıtmadan geçmiş ve içerisindeki çökebilen maddelerden ayrılmış olan atıksular kırma taş, odun veya sentetik malzeme ile teşkil edilen filtre yatağından geçirildiği sırada bu malzeme üzerine tutulan biyofilm atıksu içerisindeki çözünmüş organik maddeleri besin maddesi olarak kullanarak tedricen kalınlığını artırır. Belirli bir kalınlığa ulaşan biyofilm filtreden süzülen suyun yol açtığı hidrolik kesme kuvveti tesiri ile koparak sürüklenir ve son çöktürme havuzunda çöktürülüp biyokütle halinde sistemden uzaklaştırılır.

Damlatmalı filtreler, aktif çamur prosesine göre daha az enerji tükettiklerinden ve daha az sıkıntılı bir işletmeleri olduğundan dolayı özellikle büyük işletmelerde uzun yıllar tercih edilmişlerdir.

Biyodiskler; yatay bir mil üzerine birbirine çok yakın aralıklarla dizilmiş dairesel polystren veya PVC levhalarla (diskler) teşkil edilen modüllerden oluşurlar.

Diskler kısmen suya daldırılmış vaziyette olup, yavaş yavaş döndürülür. Bu diskler üzerinde teşekkül eden biyofilm, dönme esnasında münavebeli olarak atmosfer ve sıvı ile temas eder. Böylece biyolojik ayrılma ve büyüme olayı meydana gelir ve biyofilm giderek kalınlaşır. Belirli bir kalınlığa ulaşan biyofilm, sıvı ile disk yüzeyi arasındaki kayma gerilmelerinin tesiri ile koparak çıkış savağından çökme birimine geçer ve oradan da çöktürülerek uzaklaştırılır. Hidrolik ve organik yük değişimlerine daha kolay uyum sağlayabilirler, toksik tesirlere karşı toleransları daha yüksektir.

Bunlar yapışık büyüme sistemleri olup, küçük işletmeler tarafından paket tesis şeklinde tercih edilmektedirler.

Atık stabilizasyon havuzları; atıksu arıtma prosesleri yelpazesinin diğer ucunda bulunan stabilizasyon havuzları (veya alg havuzları), aynı zamanda arıtmanın en basit metodudur. Atıksu 1-2 m derinlikte sığ havuzlara alınarak ısı ve iklim şartlarına göre belirli bir süre bekletilir. Bu bekleme esnasında havuzda alg üretilerek fotosentezle oksijen sağlanması yoluna gidilir.

Atıksuyun oksijen talebini karşılamak için havuzda alg üremesi bu metodun en önemli parçasıdır. Herhangi iki havuzda BOİ ve diğer faktörler eşit olduğunda, yüzey alanı büyük olan havuzda alg üremesi daha fazla olur. Bu nedenle, stabilizasyon havuzu projelendirmelerinde havuzun yüzey alanı çok önemli bir parametredir. Bu metodun kullanılması için çok geniş alanlara ihtiyaç duyulduğundan, metodun kullanımı sadece küçük nüfuslarla veya geniş alan ihtiyacını karşılayabilecek yerleşim birimleriyle sınırlı kalmaktadır.

Mekanik aerobik lagünler; uygulanan metod olarak alg havuzları ve aktif çamur sistemleri arasında yer alır. Oksijen bu sistemde mekanik veya pnömatik havalandırıcılar vasıtasıyla sağlanır. Alg (stabilizasyon) havuzlarıyla kıyaslandığında, havuz derinlikleri bu sistemde daha fazladır (3-5 m) ve bu nedenle daha az alana gereksinim duyulur. Mekanik aerobik lagünlerde enerji ihtiyacı hemen hemen aktif çamur sistemindeki kadardır. Ancak, aktif çamur sistemine göre işletilmeleri çok daha kolaydır.

Anaerobik sistemler; uzun yıllar boyunca yüksek BOİ'li endüstriyel atıksular için kullanılan aşağıdan yukarıya akışlı anaerobik çamur battaniyesi (AAÇB) metodu, son 10 yıldır düşük BOİ 'li atıksularda da başarıyla kullanılmaktadır. AAÇB metodu ön pompaj dışında herhangi bir enerji gerektirmemektedir. Harcanan enerjinin çok düşük olmasından dolayıyla AAÇB sistemi sıcak iklimlerde toplam maliyet açısından herhangi başka bir sistemden çok daha ucuzdur (reaktör sıcaklığının 20 C°'den fazla olması durumunda). Bunun yanında anaerobik yapısı nedeniyle giren ve çıkan atıksularda bazı sınırlamalar vardır. Giren atıksuyun sülfat seviyesi önemlidir. Çıkan su ise anaerobik yapıdadır ve aerobik hale gelmesi için ilave arıtmaya ihtiyaç duyulur.

Arazi sulaması; atıksuyun arazi sulamasında kullanılması, sulamanın amacına ve şartlarına yönelik olarak birinci, ikinci ve üçüncü derece arıtmalardan birini, ikisini veya tümünü gerektirebilir. Aslında atıksudaki besinleri (azot ve fosfor) gidermek için arazi sulaması yapılması çok arzu edilen bir durumdur. Serpmeli, kanaletli ve damlatmalı sulama çeşitleri uygulanabilir ve buna bağlı olarak arıtma seviyesine karar verilir.

Su bitkileri sistemleri ve suni sulak alanlar; çeşitli su bitkileri sistemleri arasında su sümbülü havuzları, su mercimeği havuzları ve suni sulak alanlar sayılabilir. Eğer iyi projelendirilir ve işletilirlerse, iyi randıman alınan bir sistemdir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kahramanmaraş ili evsel atıksularının kirletici parametreleri incelenmiş, atıksuyun arıtılması için arıtma tesisi seçimi ve arıtma alternatifleri değerlendirilmiş olup aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Bölgenin mevcut kanalizasyon sisteminin deşarj noktasından belirli zamanlarda alınan atıksu numunelerinin deneysel çalışmalar sonucunda; pH 7,13-8,31 Elektriksel İletkenliği 626-1128 $\mu\text{S/cm}$, Askıdaki Katı Madde (AKM) konsantrasyonu 147-332 mg/l, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) konsantrasyonu 240-511 mg/l, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) 120-388 mg/l, Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) konsantrasyonu 15-22 mg/l, Toplam Fosfor (TP) konsantrasyonu 3,07-5,14 mg/l, Imhoff çökeltme deneyi sonucunda ise 1,5-2,5 ml/l değerleri elde edilmiştir. Ortalama olarak değerlendirildiğinde; pH'ı 7,96 Elektriksel İletkenliği 915,63 $\mu\text{S/cm}$, Askıdaki Katı Madde (AKM) konsantrasyonu 210 mg/l, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) konsantrasyonu 387,25 mg/l, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) 253,38 mg/l, Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) konsantrasyonu 18,50 mg/l, Toplam Fosfor (TP) konsantrasyonu 4,13 mg/l ve Imhoff çökeltme deneyi sonucunda ise 2,06 ml/l'dir. Bu sonuçlara göre atıksuyun orta ve orta karaktere yakın bir karakterde olduğu gözlenmiştir.
2. Çökeltme deneyleri sonucunda zamana bağlı KOİ giderim verimleri; 15 dakikalık çökeltme süresinde elde edilen KOİ giderme verimi %7-17 arasında değişirken, 30 dakikalık çökeltme süresi için %12-23 aralığında, 60 dakikalık çökeltme süresi için %16-31 aralığında, 120 dakikalık çökeltme süresi için ise %28-35 aralığında gerçekleşmektedir. Ortalama olarak ifade edilirse, 15 dakikalık çökeltme süresi için %10,30, 30 dakikalık çökeltme süresi için %17,56, 60 dakikalık çökeltme süresi için %23,82, ve 120 dakikalık çökeltme süresi için %30,51 değerleri bulunmuştur.

3. Bu karakterdeki atıksuya uygulanan çökeltme deneyleri sonucunda elde edilen giderme verimleri değerlendirildiğinde atıksuya ön çökeltimin uygulanması ve bekletme süresinin de laboratuvar ortamında 1,5 saat olması uygun görülmektedir.
4. Evsel atıksuların sıcak iklimlerde araziye verilerek arıtılması, stabilizasyon havuzları ve diğer anaerobik arıtma yöntemleriyle arıtılması oldukça ekonomik olmaktadır. İklim şartları da göz önünde bulundurularak atıksu bu şekilde arıtılabilir.
5. İklim şartları, arazi yapısı, büyüklüğü ve fiyatı elvermediği durumlarda atıksu aktif çamur sistemi ve değişik modifikasyonları kullanılabilir.
6. Aktif çamur sisteminin basit bir modifikasyonu olan uzun havalandırmalı sistemler havalandırma, çökeltme ve çamur çürütme kısımları tek bir yapıda dizayn edilebilmesi ve yatırım, işletme ve bakım masraflarının da düşük olması sebebi ile diğer bir arıtma yöntemidir. Atıksuyun karakteri ve arazi büyüklüğü de göz önünde bulundurularak bu sistemin uygulanması gerekmektedir.
7. Atıksuyun çökeltme deneylerinden alınan sonuçlara göre atıksuyun içindeki çökebilir madde miktarı az olduğundan atıksuyun damlatmalı filtre ve dönen biyolojik reaktörlerde arıtılması durumunda filtre ortamını tıkayacağı kuvvetle muhtemeldir. Bundan dolayı iklim şartları da göz önünde bulundurularak atıksuyun en iyi arıtım şeklinin aktif çamur sistemi olacağı düşünülmektedir.
8. Evsel atıksular ön çökeltim tankından çıktıktan sonra yer altı su kaynakları da göz önüne alınarak arazide arıtım yöntemleri kullanılabilir.

9. Ön çökeltim tankından çıkan atıksular aerobik sistemlerden çok ucuz olan arazide arıtma usullerinden bir veya birkaçı ile arıtılabilir ve bazı durumlarda ön çökeltme de gerek duyulmadan doğal veya yapay olarak oluşturulan sulak alanlara da verilebilir.

KAYNAKLAR

- ADAMS, C. & ECKEFELDER, W.W., 1974. Process Desing Techniques for Industrial Waste Treatment, Enviro Pres, USA.
- APHA, 1971. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 13th edition. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Federation, New York, 1971.
- ARCEVIALA, S.J., 1975. Basit Pis Su Tasfiye Metodları, İller Bankası Yayınları, Ankara.
- ARCEVIALA, S.J., 1981. Wastewater Treatment and Disposal, Engineering and Ecology in Pollution Control.
- BARKLEY, N.P., FARREL, C., and WILLIAMS, T., 1993, Electro-Pure Alternating Current Electrocoagulation, EPA/540/p. 93/504.
- BODE, H. and GRÜNEBAUM, T., 2000. The Cost of Municipal Sewage Tretment-Structure, Origin, Minimization – Methods of Fair Cost Comparision and Allocation Water Science and Techn. Vol. 41, No 9, pp. 289 – 298
- BİWATER INDUSTRIES, 1993. Water Industrial Manuel Water Products and Services.
- BOUWER, H., 1970. Ground Water Recharge Design for Renovating Wastewater, Jour ASCE, Vol.96
- ÇEVRE BAKANLIĞI, Belediyeler için Çevre El Kitabı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ÇEVRE ve ORMAN BAKANLIĞI, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete Sayısı 25.687 Yayım Tarihi 31.12.2004
- DRİP IRRIGATION, 1988. Water and land Management Institue, Aurangabad, India.
- DURUSU, A., 1984. Damlatmalı Filtreler, İller Bankası Yayını, No.43, Ankara.

- EPA, Municipal Wastewater Stabilization Ponds, 1983.
- EROĞLU, V., 2002. Atıksuların Tasfiyesi, Su Vakfı Yayınları.
- ERSÜ, Ç. B. 2000. Sıcak İklimlerde Evsel Atıksuların Arıtılmasında Alternatiflerin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi.Ç.Ü.M.M. F. Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana
- GÖK, O. 2002. Osmaniye İli Evsel Atıksuların Kirlilik Envanteri Çalışması ve Arıtma Tesisi Seçimi. Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü.M.M. F. Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana
- HAANOEL, A.C.V. ve LETTINGA, G., 1994, Anaerobic Sewage Treatment J. Wiley&Sons.
- HENZE, M., HARREMOES, P., JANSEN, J.C., ARVIN, E., 1997. Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes, Second Edition, Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- <http://www.kahramanmaraş-bld.gov.tr>.
- <http://www.die.gov.tr>
- İLERİ, R., 2000. Çevre Biyoteknolojisi, Değişim yayınları.
- KORKUSUZ, E.A., BEKLİOĞLU, M. and DEMİRER, G.N. 2005. Comparison of the treatment performances of blast furnace slag-based and gravel-based vertical flow wetlands operated identically for domestic wastewater treatment in Turkey. Ecological Engineering, Volume 24, Issue 3, Pages 185–198
- KOZIOROWSKI and KUCHARSKI, 1972. Industrial Waste Disposal, Pergamon Pres.
- KARGI, F., 1995. Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- MARA, D.D., 1976. Sewage Treatment in Hot Climates, London: John Wiley.

- MARA, D 1978. Sewage Treatment in Hot Climates. Wiley-Interscience Publication. Scotland. 168pp.
- MARA, D.D. and PEARSAN, H.W., 1986. Waste Stabilization Ponds, WHO.
- METCALF, EDDY, 1991. Wastewater Engineering, 3th Ed., Mc Graw-Hill.
- MUSLU, Y., 1985. Su Temini Ve Çevre Sağlığı, Cilt 3, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- MUSLU, Y., 1994. Atıksuların Arıtılması İTÜ Matbaası, İstanbul.
- MUSLU, Y., 1999. Kullanılmış Suların Tasfiyesi, Cilt I, II, III, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- OECD, 1996. Environmental Performance Reviews.
- ÖZTÜRK, İ., TİMUR, H., KOŞKAN, U., 2005 Atıksu Arıtımının Esasları, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- ÖZTÜRK, İ., 1999. Anaerobik Biyoteknoloji ve Atıksu Arıtımındaki Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları.
- PASVEER, A., 1963 Oxidation Ditches, Ind. Jour. Env. Health, Nagpur, India,
- POLPRASERT, C., 1989. Organic Wastes Recycling Wiley, Chichester, UK
- POUND and CRİİTES, 1973. Jour. ASCE Civil Eng.
- RESMİ GAZETE, 1988. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Tebliğler Dergisi, Ankara.
- SAMSUNLU, A., 1987. Kullanılmış Suların Arıtılması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir,
- SANSARCI, H., 1984. Damlatmalı Filtre Tasarımı Üzerine Bazı Öneriler, Ulusal Çevre Sempozyumu Tebliğ Metinleri, Tübitak, Adana.
- SEDORY, P., & STENSTORM, M., Sept.1995 Dynamic Prediction of Wastewater Aeration Basin Temperature, ASCE J., EE Div., Vol. 121 p. 9

- SOYUPAK, S., 1997. Biyolojik Arıtma ve Biyolojik Arıtma Sistemleri, ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- SWANWICK, & BASKERVILLE., 1965. Sludge Dewatering on Drying Beds, Institue of Sewage Purification.
- ŞENGÜL, F. , Endüstriyel Atıksuların Arıtılması, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 1995
- TEBBUTT, T.H.Y., 1970. Principles of Water Quality Control, Pergamon, Oxford.
- TOPACIK, D., 2000. Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İski Genel Müdürlüğü.
- TOPRAK, H., 1996. Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- TOPRAK, H., 1998. Arıtma Tesislerinin Tasarım Ve İşletim Esasları Kursu, 14-16 Ekim.
- TOPRAK, H., 1998. Atıksu Stabilizasyon Havuzlarının ve Mekanik Lagünlerin Tasarım, İnşaat ve İşletme Esasları, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, Ocak, İzmir.
- TOPACIK, D., 1987. Atıksu Arıtma Tesisleri İşletilmesi, İller Bankası Yayını, İstanbul.
- TURİZM VE ÇEVRE ETKİLEŞİMİ, Çevre Bakanlığı 1985. Ankara.
- TÜNAY, Ö., 1996. Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler, İTÜ İnşaat Fakültesi
- TÜRKİYE ÇEVRE ATLASI, T.C. Çevre Bakanlığı, Yayın No:4, 1997, Ankara. Matbaası, İstanbul,

WANG, D., DONG, W., ZHAO, Q., Eco-pond systems for wastewater in China, in
proc. of 3 rd. international Confer. on Appropriate Waste Management
Technologies, NEERI, Nagpur, (Feb. 1995).

YANG J.J. and CHRİS D. Metcalfe, 2005 Fate of synthetic musks in a domestic
wastewater treatment plant and in an agricultural field amended with
biosolids Science of The Total Environment, In Press, Corrected Proof,
Available online

YILMAZ, M., Atıksuların Arıtılması, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
Matbaası, 1996

YÜCEER, A., 1991. Atıksu Çökelme Deneyleri ve Seyhan Nehri Kirlenme Kontrolü
İçin Bazı Önlemler. Ç.Ü.M.M.F. Der., Sayı 2.

YÜCEER, A., 1995. Atıksu Arıtma Tesislerinin Planlanması, Sorunlar ve Çözüm
Önerileri. Ç.Ü.M.M. F. Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana.

ÖZ GEÇMİŞ

1977 yılında Kahramanmaraş'ta doğdum. İlk, orta ve lise tahsilimi Kahramanmaraş'ta tamamladım. 1995 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü kazandım. Ocak/2002 yılında buradan mezun oldum. Aynı yıl Kahramanmaraş Belediyesinde iş hayatıma başladım. Aynı zamanda Eylül/2002 döneminde Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladım. Halen Nisan/2002 tarihinde başladığım Kahramanmaraş Belediyesinde görev yapmaktayım.