

**T.C
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUNCELİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİNİN
YENİDEN BOYUTLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şafak BUL

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Numan YILDIRIM**

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Veysel DEMİR**

TEMMUZ-2014

**T.C
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUNCELİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİNİN
YENİDEN BOYUTLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şafak BUL

(102102103)

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih 21 Nisan 2014
Tezin Savunulduğu Tarih 27 Mayıs 2014**

Tez Danışmanı Doç. Dr. Numan YILDIRIM (T.Ü.)

Diğer Jüri Üyeleri Yrd. Doç. Dr. Selim CEMALGİL (T.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Mehtap TANYOL (T.Ü.)

TEMMUZ-2014

Şafak BUL tarafından hazırlanan ‘TUNCELİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİNİN YENİDEN BOYUTLANDIRILMASI’ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Numan YILDIRIM
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. Bu tez, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Selim CEMALGİL

Üye : Doç. Dr. Numan YILDIRIM

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehtap TANYOL

Tarih : 27 Mayıs 2014

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca beni yönlendirip cesaretlendiren ve yardımlarını esirgemeyen, değerli dostum ve abim Çevre Mühendisi **Derya DİNÇ**'e, fikirlerinden her zaman destek aldığım Doç. Dr. **Numan YILDIRIM** ve Yrd. Doç. Dr. **Veysel DEMİR** danışman hocalarıma, araştırmalarımı yaptığım Tunceli Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi yöneticilerine, teknik çalışanlarına, benim bu günlere gelmemeye vesile olan aileme, tezimin araştırılmasında, yazılmasında ve hazırlanmasında bana her zaman destek olan, anlayışını ve yardımlarını esirgemeyen Elektrik-Elektronik Mühendisi **Yaprak ŞİMŞEK**'e teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| ÖNSÖZ | I |
| İÇİNDEKİLER | II |
| ÖZET | VII |
| SUMMARY | VIII |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | IX |
| TABLolar LİSTESİ | XI |
| SEMBOLLER LİSTESİ | XIII |
| KISALTMALAR | XV |
| 1.GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Proje Bölgesi Tanıtımı | 1 |
| 1.1.1. Tarihi | 1 |
| 1.1.2. Coğrafi Konum | 3 |
| 1.1.3. Ekonomik Yapı | 4 |
| 1.1.4. Tarım Sektörü | 4 |
| 1.1.5 Deprem Durumu | 6 |
| 1.1.6.İklim | 7 |
| 1.1.6.1.Yağış | 7 |
| 2. ATIKSUYUN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ | 8 |
| 2.1. Atıksuyun İnsan ve Çevre Üzerindeki Etkileri | 9 |
| 2.2. Atıksular ve Atıksu Arıtım Teknikleri | 10 |

| | |
|--|-----------|
| 3. EVSEL ATIKSULARIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ | 11 |
| 3.1. Evsel Atıksuların Arıtılması | 11 |
| 3.1.1. Fiziksel Arıtma | 11 |
| 3.1.1.1. Izgaralar | 12 |
| 3.1.1.2. Kum Tutucular | 12 |
| 3.1.1.3. Dengeleme | 13 |
| 3.1.1.4. Ön Çöktürme | 14 |
| 3.1.2. Kimyasal Arıtma | 14 |
| 3.1.2.1. Kimyasal Oksidasyon | 15 |
| 3.1.2.2. Nötralizasyon | 15 |
| 3.1.2.3. Koagülasyon – Flokülasyon | 16 |
| 3.1.2.3.1.a. Koagülasyon Prosesi | 16 |
| 3.1.2.3.1.b. Flokülasyon Prosesi | 16 |
| 3.1.2.4. Kimyasal Çöktürme | 16 |
| 3.1.2.5. Dezenfeksiyon | 17 |
| 3.1.2.6. Adsorbsiyon Yöntemi ve Elektrolitik Temizleme | 17 |
| 3.1.3. Biyolojik Arıtma | 17 |
| 3.1.3.1. Oksijenli (Aerobik) Biyolojik Arıtma | 18 |
| 3.1.3.1.1. Aktif Çamur | 19 |
| 3.1.3.1.1.a. Saf Oksijenli Sistemler | 20 |
| 3.1.3.1.1.b. Uzun Havalandırmalı Sistemler | 20 |
| 3.1.3.1.1.c. Kontak Stabilizasyon | 22 |
| 3.1.3.1.1.d. Oksidasyon Hendekleri | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.3.1.1.e. Kademeli Havalandırma | 24 |
| 3.1.3.1.1.f. Tadil Edilmiş Havalandırma | 25 |
| 3.1.3.1.1.g. Yüksek Hızlı Havalandırma | 25 |
| 3.1.3.1.2. Damlatmalı Filtreler | 26 |
| 3.1.3.1.3. Biyodiskler | 27 |
| 3.1.3.1.4. Mekanik Havalandırmalı Lagünler | 28 |
| 3.1.3.1.5. Stabilizasyon Havuzları | 30 |
| 3.1.3.2. Oksijensiz (Anaerobik) Biyolojik Arıtma | 31 |
| 3.1.3.3 Atıksuların Arazide Arıtımı | 32 |
| 3.1.3.4. Akvatik Arıtma Sistemleri | 33 |
| 3.1.3.5. Arıtma Çamuru İşlenmesi ve Arıtımı | 34 |
| 3.1.3.5.1. Çamur Stabilizasyonu | 36 |
| 3.1.3.5.2. Anaerobik Çürüme | 37 |
| 3.1.3.5.3. Aerobik Çürüme | 38 |
| 3.1.3.5.4. Yoğunlaştırma | 39 |
| 3.1.3.5.5. Çamurun Suyunun Alınması | 39 |
| 3.1.4. İleri Arıtma | 39 |
| 4. TUNCELİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİS VE ÜNİTELERİ | 41 |
| 4.1. Kaba ızgaralar | 43 |
| 4.2. İnce Izgara | 43 |
| 4.3 Venturi Savak | 44 |
| 4.4 Havalandırmalı Kum ve yağ tutucular | 44 |
| 4.5 Fosfor Giderim Havuzu | 45 |
| 4.6 Havalandırma Havuzu | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7 Çökeltme havuzu | 47 |
| 4.8 Çamur Susuzlaştırma Ünitesi | 47 |
| 4.9 Süzüntü Suyu Pompa Ünitesi | 48 |
| 4.10 Çıkış Ünitesi | 48 |
| 5. METARYAL METOT | 50 |
| 5.1. Atıksu Miktarı | 50 |
| 5.1.1 Eysel Kullanım Atıksuyu | 50 |
| 5.1.2. Yeraltı Suyu sızma debisi | 51 |
| 5.1.3. Yağmur suyu sızma debisi | 51 |
| 5.1.4. Sanayi Kaynaklı Atıksu Debisi | 52 |
| 5.2. Projelendirmeye Esas Atıksu Debi Hesabı | 53 |
| 5.3. Atıksu Kalitesi ve Özellikleri | 54 |
| 5.3.1 Organik Kirlilik Miktarı | 54 |
| 6. ATIKSU ARITIM TESİSİNİN BOYUTLANDIRILMASI | 56 |
| 6.1. Dengeleme Havuzu | 56 |
| 6.2. Ön Arıtma Üniteleri | 57 |
| 6.2.1. Dikdörtgen kesitli Yaklaşım Kanalı | 57 |
| 6.2.2 Izgaraların Boyutlandırılması | 58 |
| 6.2.2.1.Kaba Izgara | 58 |
| 6.2.2.2. İnce Izgara | 60 |
| 6.2.2.3. Tutulan Madde Miktarı | 61 |
| 6.2.3 Parshall Savağı | 61 |
| 6.2.4 Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu | 63 |
| 6.3. Fosfor Giderim Havuzu | 65 |
| 6.4. Havalandırma Havuzları | 66 |
| 6.5. Son Çökeltme Havuzları | 70 |
| 6.6. Dezenfeksiyon havuzu | 71 |
| 7. SONUÇ VE TARTIŞMALAR | 73 |

| | |
|--|-----------|
| 7.1. Dengeleme Havuzu | 75 |
| 7.2. Dikdörtgen kesitli Yaklaşım Kanalı | 76 |
| 7.3. Ön Arıtma (Fiziksel Arıtma) Mekanizmaları | 76 |
| 7.3.1. Kaba ızgara | 76 |
| 7.3.2. İnce Izgara | 77 |
| 7.3.3. Debi Ölçümü | 77 |
| 7.3.4. Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu | 78 |
| 7.4. Biyolojik Arıtma Üniteleri | 78 |
| 7.4.1. Fosfor giderim havuzu | 78 |
| 7.4.2. Havalandırma havuzları | 79 |
| 7.4.3. Çökeltme havuzları | 79 |
| 7.4.4. Çamur Susuzlaştırma ve Uzaklaştırma | 80 |
| 7.4.5. Dezenfeksiyon | 80 |
| 8. ÖNERİLER | 83 |
| 9. KAYNAKLAR | 84 |

ÖZET

Tarihin başlangıcından beri suyun kullanılmasındaki başarı, toplumun ekonomik gücünü ve medeniyetin seviyesini belirlemiştir. Nüfusun yoğun olduğu yörelerde, kirletici miktarının daha fazla olması, kirlenmenin öncelikle büyük yerleşim bölgelerinde hissedilmesine yol açmıştır. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde büyümesi; su ve yiyecek sağlama ihtiyaçlarını arttırmaktadır. Ülkemiz büyüme süreci içerisinde olup, hızlı nüfus artışının, endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetlerin yol açtığı çevre sorunları ve tahribatı sınırlı su kaynaklarının kirlenmesine ve erişilebilir suyun stratejik ve ekonomik bir meta haline gelmesine neden olmaktadır. Bundan dolayı, atık su bertaraf çalışmaları hemen hemen tamamıyla büyük yerleşim bölgeleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Literatürde, büyük yerleşim yerleri için arıtma tesislerinin dizayn, yapım ve işletmeleri ile ilgili olarak yeteri kadar çalışmaya rastlanmakta iken, özellikle küçük yerleşim yerleri için bu bilgiler yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, Tunceli ili güncel nüfusuna göre hesaplanan atıksu debisi, aktif halde bulunan Biyolojik Atık su Arıtma Tesisinin tüm ünitelerinin mevcut debiye göre tekrar hesaplanmıştır. Amaç debiye göre doğru projelendirilmeyen biyolojik atık su arıtma tesisi proje hatalarının belirlenip yeniden boyutlandırılarak biyolojik atık su arıtma tesisinin daha verimli çalıştırılması, işletme maliyetlerinin düşürülmesi ve çıkış suyu kalitesini artırılmasıdır.

Anahtar Kelimeler; Atık Su, Arıtılmış Atık Su, Arıtım tesisinin boyutlandırılması

ABSTRACT

Success in using water has determined the economic power of communities and level of civilization since the beginning of history. In areas which are overpopulated, there is a greater likelihood of water contamination. Thus, pollution in large residential areas is an established problem. The rapidly increasing population of the world has raised awareness of the need to provide water and food. Nowadays our country is developing. Therefore, industrial, urban and agricultural activities which cause environmental problems have induced destruction-limited water resources becoming polluted and accessible water which becomes a strategic and an economic meta. For this reason, wastewater disposal works have largely concentrated on large residential areas. In the literature, while there are sufficient studies related to the design, production and operation of treatment plants for large residential areas, strategies have not yet been developed for small settlements.

In this study, units of wastewater discharge, which is calculated on the basis of the current population in Tunceli, was actively recalculated for the Biologic Wastewater Treatment Plant at present capacity. The aim is to recalculate the capacity of the biologic wastewater treatment plant which is not truly conceptualised the project has been identified, redesign the system and so that it operates more productively, decreases operating costs and increased quality of exit water.

Key words: wastewater, treated wastewater, designing treatment plant

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Şekil 1.1. Tunceli'den Bir Görünüm | 1 |
| Şekil 1.2. Tunceli'nin Tarihî Güzellikleri | 2 |
| Şekil 1.3. Türkiye Fay Hattı Haritası | 6 |
| Şekil 1.4. Tunceli Fay Hattı Haritası | 6 |
| Şekil 1.5. Aylık Yağış Değerleri (Meteoroloji Tunceli İl Müdürlüğü) | 7 |
| Şekil 3.1. Aktif Çamur Tankının Genel Akım Şeması | 19 |
| Şekil 3.2. Saf Oksijen Sistemleri Akım Şeması | 20 |
| Şekil 3.3. Uzun Havalandırma Sisteminin Genel Akım Şeması | 21 |
| Şekil 3.4. Kontak Stabilizasyon Sisteminin Genel Akım Seması | 22 |
| Şekil 3.5. Oksidasyon Hendekleri Sisteminin Genel Akım Seması | 24 |
| Şekil 3.6. Kademeli Havalandırma Sisteminin Genel Akım Seması | 25 |
| Şekil 3.7. Yüksek Hızlı Havalandırma Sistemi Genel Akım Seması | 26 |
| Şekil 3.8. Damlatmalı Filtre Sistemi Genel Akım Seması | 27 |
| Şekil 3.9. Biyodisk Sisteminin Genel Akım Seması | 28 |
| Şekil 3.10. Lagün Sisteminin Genel Akım Seması | 29 |
| Şekil 3.11. Stabilizasyon Havuzu Sisteminin Genel Akım Seması | 31 |
| Şekil 3.12. Oksijensiz (Anaerobik) Biyolojik Arıtma Sisteminin Arıtım Aşamaları | 32 |
| Şekil 3.13 Hızlı İnfiltrasyon Sisteminin Genel Akım Seması | 33 |
| Şekil 3.14. Tipik Anaerobik Çürütücüler | 38 |

| | |
|---|----|
| Şekil 4.1. Mevcut Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Projesi | 42 |
| Şekil 4.2. Kaba Izgaralar | 43 |
| Şekil 4.3 İnce Izgaralar | 43 |
| Şekil 4.4 Venturi Savağı | 44 |
| Şekil 4.5. Havalandırılmalı Kum Ve Yağ Tutucuları | 45 |
| Şekil 4.6. Fosfor Giderim Havuzu | 45 |
| Şekil 4.7. Havalandırma Havuzu | 46 |
| Şekil 4.8. Yüzeysel Aeratörler Ve Muz Tipi Karıştırıcılar | 47 |
| Şekil 4.9. Çökeltme Havuzu | 48 |
| Şekil 4.10. Çamur Susuzlaştırma Ünitesi | 48 |
| Şekil 4.11. Süzüntü Suyu Pompa Ünitesi | 48 |
| Şekil 4.12. Çıkış Ünitesi | 49 |
| Şekil 5.1.Tunceli Sanayii Sitesi | 52 |
| Şekil 6.1. Dengeleme Havuzu | 57 |
| Şekil 6.2. Venturi Kanalının Şematik Gösterimi | 61 |
| Şekil 6.3. Parshall Savağı | 63 |
| Şekil 6.4. Kum Ve Yağ Tutucu | 65 |
| Şekil 6.5. Fosfor Giderim Havuzu | 66 |
| Şekil 6.6. Çökeltme Havuzu Üstten Görünümü | 71 |
| Şekil 6.7. Çökeltme Havuzu | 71 |
| Şekil 6.8. Dezenfeksiyon Havuzu Yan Kesiti | 72 |
| Şekil 7.1. Yediden Boyutlandırılan Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Projesi | 82 |

TABLULAR LİSTESİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|------------------------|
| Tablo 1.1. Tarım Alanlarının Kullanım Şekline Göre Dağılımları | 5 |
| Tablo 1.2. Tarla Ürünleri Üretim Miktarları | 5 |
| Tablo 3.1. Arıtma Çamurlarının Özellikleri | 35 |
| Tablo 4.1. Kademelere Göre Tunceli İli Nüfusu | 41 |
| Tablo 4.2. İller Bankası Projelendirmede Esas Alınan Debiler | 41 |
| Tablo 4.3. İller Bankası Atıksu Kalitesi Ve Organik Yükleri Parametre | 41 |
| Tablo 4.4. Arıtılmış Su Kalitesi Parametreleri | 49 |
| Tablo 5.1. Nüfusa Göre Sarf Edilen Su Miktarı | 50 |
| Tablo 5.2. Projelendirme Esas Nüfus Dağılımları | 51 |
| Tablo 5.3. Nüfusa Bağlı N1 Değerleri | 54 |
| Tablo 5.4. Debi Miktarları | 54 |
| Tablo 5.5. Nüfusa Bağlı Olarak Oluşan Kirlilik Yüklerinin | 54 |
| Tablo 6.1. Parshall Kanalı İçin Alınan Kabuller | 61 |
| Tablo 6.2. Havalandırılmalı Kum Ve Yağ Tutucu Boyutları | 64 |
| Tablo 6.3. Maksimum Debide Kum Tutucu Verileri | 65 |
| Tablo 6.4. Aktif Çamur İçin Kinetik Katsayıların Karakteristik Değerleri | 66 |
| Tablo 6.5. Havalandırma Tasarım Kriterleri | 67 |
| Tablo 6.6. Havalandırma Havuzunun Proje Değerleri | 69 |
| Tablo 6.7. Çökeltme Havuzu Boyutlandırılırken Dikkate Alınan Kriterler | 70 |

Tablo 7.1. Proje Kriterleri

73

Tablo 7.2. Tesis Üniteleri

74



SEMBOLLER LİSTESİ

| | |
|-----|---------------------------------------|
| A | : Alan |
| B | : Kanal genişliği |
| C | : Konsantrasyon |
| F/M | : Çamur yükü |
| H | : Savak yükü |
| J | : Hidrolik eğim |
| L | : Uzunluğu |
| N | : Nüfus |
| Y | : Aktif çamur dönüşüm katsayısı |
| R | : Çap(m) |
| So | : Yüzey yükü |
| T | : Sıcaklık |
| Q | : Debi |
| V | : Hacim |
| v | : Hız |
| b | : İki ızgara çubuğu arasındaki boşluk |
| g | : Yerçekimi ivmesi |
| h | : Yükseklik |
| hk | : Yük kaybı |
| kd | : İçsel solunum hızı |

- n : Cidar sürtünme katsayısı
- s : Izgara ubuęu kalınlığı
- t : Süre
- q : Kişi baři günlük su tüketimi
- w : Havuz genişliği
- α : Aı
- β : Şekil faktörü (Izgara ubukları dikdörtgen olduğu için
- θ : Savağın tepe açısı
- η_i : Oksijenin spesifik emilme oranı
- η : Motor ve blower toplam verimi
- δ : Suyun yoęunluęu

KISALTMALAR

| | |
|---------------|--|
| AFAD | Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı |
| BOİ | Biyolojik Oksijen İhtiyacı |
| COİ | Kimyasal Oksijen İhtiyacı |
| CSB | Çevre ve Şehircilik Bakanlığı |
| DİE | Devlet İstatistik Enstitüsü |
| DPT | Devlet Planlama Teşkilatı |
| GTB | Gümrük ve Ticaret Bakanlığı |
| EPA | Çevre Koruma Ajansı |
| KHİM | Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü |
| KSTKDR | Küresel Su Temini ve Kanalizasyon Değerlendirme Raporu |
| SKKY | Su Kirliliği Kalite Kontrol Yönetmeliği |
| AKM | Askıda Katı Madde |
| MLVSS | Askıdaki Uçucu Madde |
| MLSS | Askıdaki Katı Madde |
| TN | Toplam Azot |
| TP | Toplam Fosfat |
| ORP | Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli |
| MEGEP | Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi |

1.GİRİŞ

1.1. Proje Bölgesi Tanıtımı

1.1.1.Tarihi

Tunceli tarihte çeşitli uygarlıkların, devletlerin, hatta imparatorlukların egemenliği altında kalmış ve bundan dolayı farklı inanç, kültür ve yaşam biçimlerine ev sahipliği yapmış bir coğrafyaya sahiptir. Bu coğrafyada paleolitik devirlerden itibaren yerleşim yerleri oluşmaya başlamış ve bu yerler kesintisiz bir şekilde günümüze gelmiştir. Sürekli yerleşim alan bu coğrafya aynı zamanda burada yaşayan insanların maddi ürünlerinin de ortaya çıktığı ve şekillendiği bir yer olmuştur. Farklı uygarlıkları ve bu uygarlıkların maddi kalıntılarını bugün hala görmek mümkündür (Harman, 2013)

Tunceli'nin, Çemişgezek ilçesinin güneyinde yer alan Keban Baraj Gölü altında kalan Pulur Höyüğünde 1968–1970 yılları arasında yapılan arkeolojik araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular, yöreye Kalkolitik Çağda (M.Ö. 5500–3500) yerleşildiğini göstermektedir. Pulur'da bulunan Höyükte yapılan kazılarda kale görünümünde evlere, ocaklara, dibeklere, çeşitli öğütme araçlarına, çeşitli hayvan resimlerine, tunçtan yapılmış iğne ve kazma gibi çeşitli madeni eşyalara rastlanmıştır (URL1).



Şekil 1.1. Tunceli'den bir görünüm

İşuva (Hurri-Mitanni) adıyla anılan bölgede yazılı tarih M.Ö. 2200'lerde Subarrularla başlamaktadır. M.Ö. 2200'lerde bölge, Hurrilerin eline geçmiştir. İşuva adı ilk kez III. Tuthalya döneminde, Hitit kaynaklarında geçmektedir. Anadolu'da büyük bir devlet kuran Hititler M.Ö. 1375–1335 yıllarında Tunceli'ye kadar gelmişlerdir. Mazgirt ilçesinde bulunan kalede yapılan araştırmalarda rastlanan çivi yazılı belgelere göre Hitit Devleti

yıkıldıktan sonra bölgeye, M.Ö. 12. yüzyılda Urartuların egemen olduğunu gösteren bulgulara rastlanmıştır. Muşki adıyla tanımlanan kavmin yerleşim alanı olan yöre, M.Ö. 7. yüzyılda sırasıyla Medlerin ve Perslerin egemenliği altında kalmış ve daha sonra bölge, İskender tarafından fethedilerek Makedonyalıların egemenliği altına girmiştir. Makedonya Devleti yıkıldıktan sonra ise M.Ö. 7 yılında Romalıların Egemenliğine giren yörede kısa bir süre Partlar, etkinlik sağlamışlarsa da M.S. 7. yy'da Romalılar, Partların etkinliğini kırarak bölgeyi Kappadokia Eyaleti'ne bağlamışlardır. Bir süre el değiştirerek Kappadokialar ve Selevkoslar tarafından yönetilen, Roma İmparatorluğunun ikiye ayrılmasından sonra ise Doğu Roma İmparatorluğu sınırları içerisinde kalan yöre, M.S. 7. yy.da "Roma Mezopotamya'sı" adıyla Tehema'da (İl) yer almıştır. Yöre zaman zaman el değiştirerek Bizanslılar ve Sasaniler tarafından yönetilmiştir (URL 2).



Şekil 1.2. Tunceli'nin tarihî güzellikleri

M.S. 639'da Halife Ömer döneminde Anadolu'ya yapılan akınlar sonucunda yöre Arapların eline geçmiş, ancak Araplar ve Bizanslılar arasında uzun süre devam eden mücadeleler sonucunda yöre, M.S. 972 yılında tekrar Bizanslıların hâkimiyeti altına girmiştir (Uysal, 2010).

1071 Malazgirt Savaşından sonra Anadolu'da Türklerin egemenliğinin hızla yayıldığı dönemde bölge 1087 yılında yöre kesin olarak Türklerin egemenliği altına girmiştir. 1228 yılında Anadolu'ya tamamen hâkim olan Anadolu Selçukluları 1243 yılında yapılan "Kösedağ Savaşı"na kadar yöreyi hâkimiyetleri altında bulundurmuşlardır. Ancak bu savaşta Selçuklular yenilince bölge Moğolların denetimi altına girmiştir. Daha sonraları bu yöre önce Mengüceklerin, sonra da uzun süre Akkoyunlu'ların egemenliği altında kalmıştır. Fatih Sultan Mehmet dönemine kadar Akkoyunluların yönetimi altında bulunan

Tunceli, 1473 yılında yapılan "Otlukbeli Savaşı"ndan sonra Osmanlı yönetimi altına girmiştir. Kısa bir süre Safevilerin yönetimi altına giren yöre, 1514 yılında yapılan "Çaldıran Savaşı"ndan sonra tekrar Osmanlı yönetimi altına girmiştir (Uysal, 2010).

Yöre, Osmanlı yönetiminde 1847 yılında, Hozat merkez olmak üzere "Dersim Livası" adıyla sancak yapılarak Erzurum'a bağlanmıştır. 1879 yılında da Farsça 'Gümüş Kapı' anlamına gelen "Dersim" adıyla ayrı bir il olan Tunceli, 1886 yılında Mutasarrıflığa indirilmiş 1892 yılında tekrar sancak yapılarak Mamurat-ül Aziz (Elazığ) iline bağlanmıştır (URL 2).

Bugün Tunceli iline bağlı ilçe olan Hozat, Cumhuriyet öncesinde mutasarrıflık iken Cumhuriyetin ilanı ile "Dersim Vilayeti" haline getirilmiştir. 25 Aralık 1935 tarih ve 2885 sayılı Kanunla geçici merkezi Elazığ ili olmak üzere, Erzincan'ın Pülümür, Elazığ'ın Nazimiye, Hozat, Mazgirt, Pertek, Ovacık ve Çemişgezek ilçeleri bağlanarak Tunceli Vilayeti teşkil edilmiştir. 30 Aralık 1946 tarih ve 4993 sayılı Kanuna göre İl merkezi halen bugünkü merkezi durumunda olan Kalan Kasabası'na nakledilmiştir. Daha önce "Kalan" olan İlin ismi "Tunceli" olarak değiştirilmiş olup, tunç gibi sağlam insanların yaşadığı yöre anlamına gelmektedir (URL 3).

1.1.2. Coğrafi Konum

Tümüyle Fırat Havzası içerisinde kalan İl, doğal sınırlarla kuşatılmış yüksek bir bölgedir. 38° 19' ve 40° 26' doğu boylamlarıyla, 39° 36' ve 38° 46' kuzey enlemleri arasında kalmaktadır. İl alanı 7.774 km²'dir ve Türkiye yüzölçümünün % 1' ini kaplar (URL 4).

İl alanı, kuzeyden ve kuzeydoğudan ülkenin en düzenli sıralarından olan Munzur Dağlarıyla batıdan Karasu Vadisiyle, güneyden Keban Baraj Gölüyle, doğudan da Peri Vadisiyle çevrilidir. Dört yanı aşılması güç doğal engellerle kuşatılmış olan Tunceli İli yönetsel açıdan kuzeyden Erzincan'ın Tercan, Merkez, Kemah, batıdan yine Erzincan'ın İliç ve Kemaliye, güneyden Elazığ'ın Keban, Merkez, Palu, doğudan Elazığ'ın Karakoçan ve Bingöl'ün Kiğı ilçeleriyle komşudur (URL 4).

1.1.3. Ekonomik Yapı

Tunceli, ekonomik faaliyetler açısından Türkiye'nin geri kalmış illerinden biridir. İlde elverişsiz doğal koşullara bağlı olarak tarım alanlarının kısıtlı olması, ilin ekonomik gelişmesini engellemiştir. İl topraklarının büyük bir kesiminde dağların zor geçit veren sıralar halinde uzanması, 1950'lere kadar Tunceli'nin çevre illerle olan ulaşım olanaklarının çok sınırlı kalmasına ve uzun yıllar dışa kapalı ve durağan bir ekonomik yapının hâkim olmasına neden olmuştur. İl ekonomisi tümüyle tarıma dayanmakla birlikte ne bitkisel üretim ne de hayvancılık gelişmiş değildir (URL 1).

Ekonomik ilişkiler yönünden büyük bölümü Elazığ'a bağlı olan ilde halen imalat sanayi sektöründe 10 ve daha çok sayıda işçi çalıştıran 4 adet işyeri vardır. Tunceli kent merkezinin kuzeyinde kurulacak olan Tunceli Organize Sanayi Bölgesi tamamlandığında imalat sanayi yatırımlarının artacağı tahmin edilmektedir (URL 1).

Tunceli'de maden yataklarının zengin olmayışı ve ormanların genelde BOİür ve baltalık meşe ağaçlarından oluşması nedeniyle, ilde madencilik ve ormancılık sektörleri de gelişmemiştir. Tunceli'de faal nüfusun temel geçim kaynağı tarım olmakla birlikte, ilde ekilebilir arazilerin eğimli ve küçük parçalar halinde olması, toprak kalınlığının az ve buna bağlı olarak toprak verimliliğinin düşük olması ve modern girdilerin yaygınlaşmaması nedeniyle tarım daha çok iç tüketime yönelik olmuştur. İl topraklarının % 34'ünü oluşturan çayır ve meralar yılın 4–5 ayı karlarla örtülü olmakla birlikte hayvancılık ildeki en gelişmiş ekonomik etkinliktir. Hayvan varlığının çoğunluğunu kıl keçisi ve koyun olmak üzere küçükbaş hayvanlar oluşturmaktadır (URL 5).

1.1.4. Tarım Sektörü

Tarım sektörü, Tunceli ekonomisinde devlet hizmetleri ve hayvancılık sektörlerinden sonra üçüncü sırada yer almaktadır. 749.770 hektarlık toplam arazinin 114.071 hektarı tarımda kullanılmaktadır. Toplam arazinin % 15,2'sini meydana getiren tarıma elverişli arazi 114.071 hektar olup, kuru ve sulu tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Çayır-Mera arazisi 323.582 hektar ile % 43,2'lik bir oranı ve Orman-Fundalık alanda 258.500 hektar ile % 34,5'lik bir oranı teşkil etmektedir. Tarım alanlarının kullanım şekline göre dağılımları Tablo 1' de verilmiştir (Khim, 1999).

Tablo 1.1. Tarım Alanlarının Kullanım Şekline Göre Dağılımları (Khim, 1999)

| Arazi Kullanım Şekli | Miktar (Ha) | % |
|------------------------|---------------|------|
| Tarıma elverişli arazi | 114.071 | 15,2 |
| Çayır-Mera | 323.582 | 43,2 |
| Orman- Fundalık | 258.500 | 34,5 |
| Diğer araziler | 53.617 | 7,1 |
| Toplam | 749.770 | 100 |

Son yıllarda tarımsal üretimde mekanizasyona gidilmesi, gübreleme ve sulama koşullarının iyileştirilmesi, verimliliğin artışı yanında dekara işçilik maliyetlerini de düşürmüştür. Tarım alanlarından elde edilen tarımsal ürünlerin üretim miktarları Tablo.2'de verilmiştir (Die, 1999).

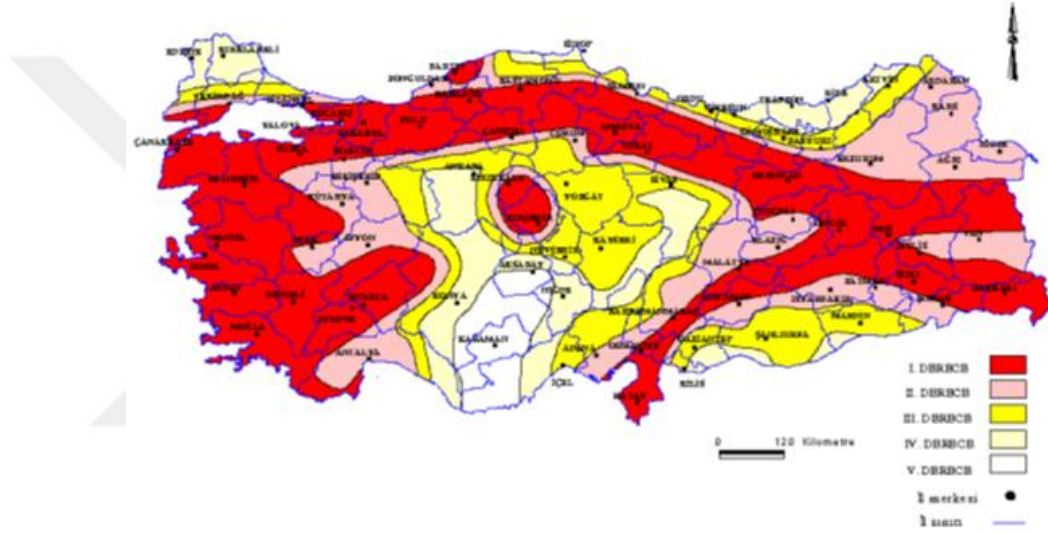
Tablo 1.2. Tarla Ürünleri Üretim Miktarları (Die, 1999)

| Ürünler | Türkiye | | Doğu Anadolu | | Tunceli | |
|----------------------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | Üretim (Bin Ton) | % | Üretim (Bin Ton) | % | Üretim (Bin Ton) | % |
| Tahıllar | 29.231 | 52,3 | 1.710 | 44,1 | 40 | 84,0 |
| Baklagiller | 1.832 | 3,3 | 91 | 2,3 | 3 | 7,1 |
| Endüstriyel bitkiler | 15.603 | 27,9 | 1.721 | 44,3 | 2 | 3,2 |
| Yağlı tohumlar | 2.166 | 3,9 | 10 | 0,3 | - | - |
| Yumru bitkiler | 7.040 | 12,6 | 348 | 9,0 | 3 | 5,7 |
| Toplam | 55.872 | 100,0 | 3.880 | 100,0 | 48 | 100,0 |

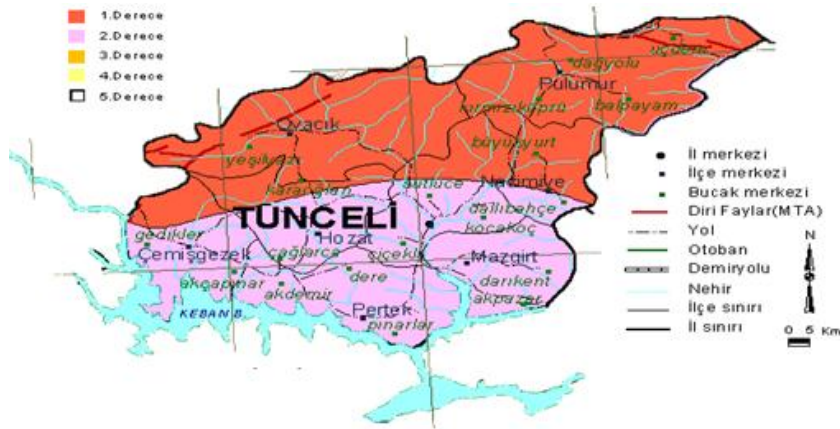
Tarla ürünleri üretimi 48.000 ton civarındadır. Tarla ürünleri içinde ortalama 40.000 ton ile tahıllar önemli bir yer işgal ederken, daha sonra düşük miktarda 3.000 ton civarında baklagiller yer almaktadır (Die, 1999).

1.1.5 Deprem Durumu

Tunceli tektonik olarak 1. ve 2. derecede deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. Tunceli, kırık fay hatları üzerinde bulunduğu için etkin bir deprem kuşağı üzerinde kurulmuştur. Tunceli, Bakanlar Kurulu'nun 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 2. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Nitekim Pülümür depremi 1967'de yöreye büyük zarar vermiştir. En son 27 Ocak 2003 tarihinde merkez üssü Pülümür olan Merkez'e 73 km mesafede olan 6,5 büyüklüğünde bir deprem olmuştur(Afad, 2009)



Şekil 1.3. Türkiye Fay Hattı Haritası (Afad, 2009)



Şekil 1.4. Tunceli Fay Hattı Haritası (Afad, 2009)

1.1.6.İklim

Tunceli, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Türkiye İklim Bölgeleri Haritasına göre Karasal Doğu Anadolu Bölgesi iklim kuşağı içinde kalmaktadır. Yıllık ortalama yağış dağılışında, ülke ortalama değerinin üzerindedir (Mgm, 2014).

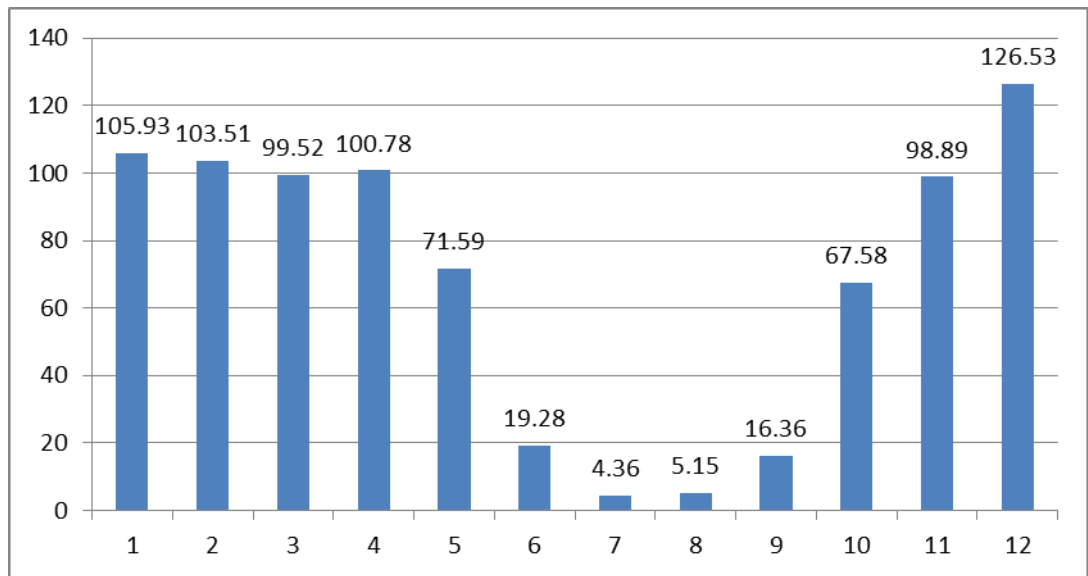
Tunceli ilinde Doğu Anadolu'nun sert iklimi egemendir. Bu nedenle yazlar serin ve kısa, kışlar uzun ve çok soğuk geçer. Bahar mevsimi ise pek belirgin değildir. Gece-gündüz arasında ve aylara göre ısı farkları çok yüksektir (Mgm, 2014).

Kuzeydeki dağlık alanlar ve platolar, yılın sekiz ayı karlar altındadır. Bu kesimlerde vadi yamaçları, doruklara ve vadi tabanlarına göre daha sıcaktır. Vadiler, hava akımları için doğal doruklar oluşturmaktadır. Vadi tabanları, yamaçlara göre daha az güneş almakta ve hızla soğumaktadır. Bu nedenle yerleşim alanları daha çok vadi yamaçlarında yoğunlaşmıştır (Mgm, 2014).

1.1.6.1.Yağış

Tablo 3'de görüldüğü üzere en yüksek yağışlar Ekim – Mayıs ayları arasında, en düşük yağış ise Haziran - Eylül ayları arasında düşmektedir. Yerleşmenin iklim verileri Meteoroloji Tunceli İl Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Şekil 5'de görüldüğü üzere en yüksek yağışlar Ekim – Mayıs ayları arasında, en düşük yağış ise Haziran - Eylül ayları arasında düşmektedir.



Şekil 1.5. Aylık Yağış Değerleri (Meteoroloji Tunceli İl Müdürlüğü)

2. ATIKSUYUN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda gelen sulara atıksu denir (Üçpınar, 2003). Suların çeşitli kullanımlar sonucunda atıksu haline dönüşerek yitirdikleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinin birini veya birkaçına atıksu arıtma denir (Csb., 2004)

Atıksuyun niteliğine göre kullanılacak arıtma prosesleri de farklılık göstermektedir. Atıksu içerisinde bulunan çözülmüş organik maddelerin bakteriyolojik faaliyetler sonucu giderilmesi için biyolojik arıtma tesisi, atıksu içerisinde çözülmüş veya askıda bulunan ve gravitasyonla (yerçekimi etkisi ile) çökelmeyen maddelerin çökelti olarak sudan uzaklaştırılması için kimyasal arıtma tesisi, suyun içerisinde bulunan ve kendiliğinden çökebilen katı maddelerin atıksudan uzaklaştırılması için fiziksel arıtma tesisi tercih edilmelidir. Bu prosesler ayrı ayrı kullanılabilirdiği gibi birbiri ardına gelecek şekilde de kurulabilir. (URL 6)

2.1. Atıksuyun İnsan ve Çevre Üzerindeki Etkileri

Çevreyi insan açısından tanımlamak gerekirse, çevre içinde yaşadığımız ortamdır şeklinde ifade edebiliriz. Dolayısıyla çevre denince akla gelen en önemli unsur insandır. İnsan, yaptığı her türlü faaliyet neticesinde doğanın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirebilmektedir (Brunland, 1991).

Çevre kavramı ilk bakışta ne kadar kolay ve anlaşılabilir görülmekte ise de kavram incelendikçe, ilgi alanı belirlenmeye çalışıldıkça kavramın o denli karmaşık ve sınırlarının çizilmesinin güç olduğu anlaşılmaktadır. Genel bir tanımla çevre, canlı ve cansız varlıkların bir arada buldukları, birbirlerini etkiledikleri ve iletişim içinde yaşadıkları ortamı ifade eder (Demirekin, 2001)

Bir başka ifadeye göre çevre; bir organizmanın var olduğu ortam ve şartları ifade eder. Bu çevre doğal fiziksel unsurların, ayrıca organizmanın etkileştiği insan ürünü şartları içerir. Çevre kavramı neredeyse her bilim dalının, her sektörün hatta her canlının yaşama alanı içerisine girmektedir. Üzerinde yaşadığımız dünyada, imkânları sınırlı ve kaynakların tükenir olduğunu anlayan insanoğlu çevre sözcüğünü gündemin başına yerleştirmiştir. (Iula, 1991).

Esasen dünya denen bu sınırsız ortamda her sorumsuz davranışın ortaya çıkaracağı zararların sonunda davranış sahibine döneceği bilinmelidir. İnsan her yönü ile çevreyi etkileyen unsur olmasına rağmen insanın faaliyetleri sonucu etkilenip kirlenen toprak, su ve hava ortamları günün birinde insanları tehdit edecek ve yaşama imkânı tanımayacaktır (Dales, 1996).

Hızla artan kent nüfusu, kent merkezlerinde yoğunlaşan ekonomik aktiviteler, kentleri ve çevresini önlenemez seviyelerde kirletmektedir. Kentlerin sosyal ve ekonomik kalkınmasında belirleyiciliği bulunan kanalizasyon alt yapısı, sürdürülebilir kalkınmanın vazgeçilmez şartı olan çevrenin korunması prensibine doğrudan hizmet etmektedir (Dpt, 2002)

Ülkemizde kentleşme ile birlikte başlayan alt yapı yatırımları, mevcut kentleşmenin gerisinde kalmıştır. 1998 yılı itibariyle kentsel nüfusun yüzde 78'ine kanalizasyon şebekesi hizmeti ulaştırılmış, yüzde 31'in de ise atıksu arıtma tesislerinde arıtılarak alıcı ortama bırakılmıştır.

Dünya genelinde herhangi bir kanalizasyon sisteminden yararlanma oranı 1990 yılında yüzde 55'den (2,9 milyar kişi) 2000 yılında yüzde 60'a (3,6 milyar insan) yükselmiştir. 2000 yılı itibari ile 2,4 milyar insan kanalizasyon hizmetlerinden yararlanmamaktadır. Bu insanların büyük çoğunluğu Asya ve Afrika'da yaşamaktadır (Gtb.. 2013).

Genel olarak tüm canlı ve cansız varlıkların bir arada ve belli ilişkiler içerisinde buldukları ortam olarak ifade edilen çevre, iyi irdelenecek olursa iki unsurla karşılaşılır. Bu unsurlardan birincisi insanlar ve diğer canlılar, ikincisi ise tabiat diye adlandırılan, canlıların dışında kalan ve canlılara yaşam imkânı sunan ortamlardır. İnsana çevrenin kirlenmesi de denilebilir. Çünkü çevre sorunlarının temeline inildikçe insanların tüketim ihtiyacı ve tükettikçe de üretme hırs ve arzusunun karşımıza çıktığı görülmektedir (Demirekin, 2001).

2.2. Atıksular ve Atıksu Arıtım Teknikleri

Atık su kavramı; bir yerleşim alanının evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya renk, koku, tat özelliklerinin kısmen veya tamamen değişmiş olmasını anlatmaktadır (Azman, 2007). Atık suyun miktarı, atıksuyun olduğu bölgedeki nüfus ve kişi başına düşen su tüketim miktarına bağlıdır. Bu nedenle oluşan atık suların doğru tahmini için güvenilir nüfus sayımı gerekmektedir.

Su kirliliğine neden olan faktörleri tarımsal faaliyetler, endüstriyel faaliyetler ve yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel atıklar olarak 3 temel başlıkta toplamak mümkündür. Her üç faktöre de baktığımız zaman üçünün de nedeni insan olduğunu görürüz. Dolayısıyla ekolojik dengenin bozulmasında etken olan unsurun insan olduğunu söylemek mümkündür.

Çeşitli kullanımlar sonucu oluşan atıksular deşarj edildikleri alıcı ortamın fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir veya birkaçı atıksu arıtımı olarak tanımlanabilir (Yıldırım, 2006). Atıksuyun içerisinde çeşitli formlarda bulunabilen kirlenici madde vardır. Bu kirlenicilerin uzaklaştırılması için atıksu, kirlenicinin şekline bağlı olarak; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri derecede arıtmaya tabi tutulur. Atıksu bu işlemlerden sadece birisine veya birbirini takip eden bir dizi işleme tabi tutulabilir. Atıksu karakteristiğine göre çeşitli arıtma yöntemleri kullanılmakta olup bunlar genel olarak bu dört kısımda incelenmektedir (Yıldırım, 2006).

3. EVSEL ATIKSULARIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Atıksular, insanların farklı maksatlara yönelik olarak kullanıp kirlettikleri sular olup; evsel nitelikli atıksular ise, konutlardan, kurumlardan, ticari ve endüstriyel kuruluşlardan gelen atıksular ile yeraltı, yüzeysel ve yağmur suyu gibi suların bir bileşimi olarak tanımlanabilir (Metcalf ve Eddy, 1991). Evsel atıksular ise; insan vücudu atıklarından, yıkanma, genel temizlik ve mutfak işleri sonucu oluşan atıksulardır (Mara, 1978).

Evlerde çeşitli amaçla kullandığımız atık sular, evsel atık sulardır. Bulaşık makinelerinden, çamaşır makinelerinden, su yumuşatıcılarından, yemek atıklarından, mutfak lavabolarından, tuvaletlerden, çamaşırhanelerden akıtılan sular da, evsel atık suları oluşturmaktadır (Doğan ve Saylak, 2000).

Evsel atıksular askıda, koloidal ve çözünmüş halde organik ve inorganik maddeler içerir. İklimsel şartları, insanların yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar atıksu özelliğini önemli ölçüde etkiler. Şehir kanalizasyon şebekesine endüstriyel atıksuların kabulü, mevcut evsel atıksu özelliklerini büyük oranda değiştirir. Konsantrasyonlar kişi başına günlük su kullanımı değerlerine bağlı olarak da değişir. Her ne kadar suya deşarj edilen atık miktarı toplumların özelliklerine göre farklılıklar gösterse de, bu fark çok yüksek değildir. Dolayısıyla atıksu özellikleri sadece şehirden şehre değil, ele alınan her bir yerleşim birimi için mevsimsel hatta saatlik değişkenlik gösterir (Doğan, 2000).

3.1. Evsel Atıksuların Arıtılması

Atıksuların arıtılmasında atıksuyun kaynağı, karakterizasyon yapısı, içeriği, istenen arıtma verimi gibi özelliklere göre fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma işlemlerinden biri veya bunların tümü kullanılabilir (Yıldırım, 2006).

3.1.1. Fiziksel Arıtma

Atık su içerisindeki kirlenici maddelerin fiziksel işlemlerle atık sudan alınması amacı ile kullanılan proseslerdir. Fiziksel arıtma yöntemlerine örnek;

- Izgaralar
- Kum tutucular
- Dengeleme
- Ön Çöktürme

3.1.1.1. Izgaralar

Atıksu içindeki katı maddelerin pompa vb. tesisata zarar vermemesi için bu maddeleri sudan ayırmak, böylece diğer arıtma ünitelerine gelecek yükü hafifletmek amacı ile kullanılır. Kaba ızgaralar yatay ile 30° - 60° , ince ızgaralar yatay ile 60° - 80° açı yapacak şekilde yerleştirilirler. Çubuk aralığı, kaba ızgaralarda 4 cm'den büyük, ince ızgaralarda 1,5 - 3,0 cm arasında bulunur. Izgaraya yaklaşan kanalda hız 0,5 m/sn den düşük olmamalı, ızgara çubukları arasındaki hız 1,0 m/sn' yi asmamalıdır. Izgaraların korozyona dayanıklı malzemeden yapılması gerekir. Temizleme yöntemlerine göre elle temizlenen veya mekanik olarak temizlenen ızgaralar olarak iki gruba ayrılır. Mekanik ızgaralar, düz veya dairesel tipte yapılabilir. Çalışma sistemleri manuel veya otomatik olarak devreye girip çıkma seklindedir (Tunç vd., 2005).

3.1.1.2. Kum Tutucular

Atıksuda bulunan kum, çakıl gibi kolayca çökebilen maddeler pompaların aşınmasına, kanallar, borular ve çökeltme havuzlarında tıkanmalara neden olacağından, tesis girişinde kum tutucular vasıtasıyla sudan uzaklaştırılırlar. Kum tutucular istenen büyüklükte katı maddeleri tutmalı ve arzu edilmediği halde tabana çökelen daha küçük taneli maddeler ise su ile birlikte sürüklenerek tekrar süspansiyona karışmalıdır (Ünlü vd., 2007). Bu nedenle kum tutucu

- a) Yeterli bir yüzey alanına sahip olmalı
- b) Yeterli bir hızı (0,3 m/sn) daima muhafaza edilmelidir.

Kum tutucu en kesiti bütün uzunluğu boyunca uniform yapılı ve bütün debilerde yatay hız sabit kalmak üzere bu en kesite özel şekil verilir. Bu amaçla kum tutucunun sonunda orantılı akım savağı veya venturi kanalı gibi bir kontrol tertibatı oluşturulmalıdır (Yıldırım, 2006).

Kum tutucular aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- a) Dikdörtgen planlı yatay akışlı kum tutucular.
- b) Dairesel planlı kum tutucular.
- c) Düşey akımlı kum tutucular
- d) Havalandırılmalı kum tutucular.

Küçük tesislerde kum tutucu el arabaları ve küreklerle temizlenir. Hareketli bir köprü taşıma işini kolaylaştırır. Bu takdirde kum tutucunun en az 2 gözden meydana gelmesi gerekir. Kumun kuru halde elde edilmesi için, kum tutucu tabanı drenlerle teçhiz edilebilir.

Büyük tesislerde ise kumlar sürekli olarak tahliye edilirler. Bu taktirde kum tutucuyu işletmeden çıkartmak gerekmez ve yedek göz gerekmez. İşletme sırasında kumlar mekanik olarak veya basınçlı hava ile çalışan pompalar veya çöktürme havuzlarının çamur tahliye tertibatlarına benzeyen sonsuz bant şeklinde mekanizmalarla otomatik olarak tahliye edilirler (Yıldırım, 2006).

3.1.1.3. Dengeleme

Arıtma sistemlerinde dengelemenin amacı atıksu karakteristiklerindeki değişiklikleri minimize ederek arıtım kademelerinde optimum şartları sağlamaktır. Dengeleme ünitesinin boyutu ve tipi atık suyun miktarı ve değişimi ile ilgilidir. Dengeleme tankı, atıksu debisindeki farklılıkları ve üretimden dolayı zaman zaman atılan veya istemeyerek dökülen bazı konsantre atıksu akımlarını biriktirebilecek boyutta dizayn edilir. Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde dengelemenin amaçları şunlardır (Wesley, 1989):

- Biyolojik sisteme şok yüklemeyi önlemek amacıyla organik yük dalgalanmalarını yumuşatmak,
- Yeterli pH kontrolü sağlamak veya nötralizasyon için gerekli kimyasal madde miktarını minimize etmek,
- Üretim olmadığı zamanlarda biyolojik sisteme sürekli atıksu sağlamak,
- Kanalizasyon sistemine daha kontrollü ve çok değişken olmayan su deşarj etmek,
- Biyolojik sisteme yüksek konsantrasyonda toksik maddelerin girişini önlemek.

Dengeleme ünitesinde, konsantrasyonun dengelenmesi ve çökeltmenin önlenmesi amacıyla karıştırma uygulanır. Buna ilaveten karıştırma ve havalandırma ile yükseltgenebilen maddelerin ve BOI_5 'nin kısmi oksidasyonu gerçekleşir. Dengeleme tanklarında karıştırma yöntemleri şunlardır (Öztürk vd., 2011):

- Giriş akımının dağıtımı ve perdeleme
- Türbinlerle karıştırma
- Difüzörle havalandırma
- Mekanik havalandırıcılarla havalandırma

Dengeleme ünitesi tasarımında şu hususlar irdelenir:

- Dengeleme ünitesinin arıtma tesisi içindeki yeri
- Dengelemenin hat üzerinde ya da hat dışında olması
- Gerekli dengeleme havuzu hacmi

3.1.1.4. Ön Çöktürme

Ön çöktürme, hareketsiz şartlarda özel tasarımı yapılmış çöktürme tanklarında çökebilene ve yüzebilen katıların ayrılmasıdır. Ön çöktürme tanklarının üç ana fonksiyonu vardır:

- Çökeltme ile sıvıdan katıların (çamur) ayırma,
- Yüzdürme ile sıvıdan katıların (köpük, yağ, yüzen birikintiler) ayırma,
- Katıların yoğunlaştırma.

Ham atıksudan katıların giderilmesi ile bir miktar askıda katı ve BOI_5 de giderilmiş olur, böylece biyolojik arıtma ünitesinde arıtılacak organik yük azaltılmış olur. Organik yükteki azalma biyolojik arıtma ünitesinde sisteme verilmesi gerekli oksijen miktarının azalmasına, dolayısı ile enerji gereksiniminin ve oluşan fazla aktif çamur miktarının azalmasına neden olur. Ham atık sudaki köpüğün giderilmesi ile de havalandırma tankı ve çöktürme tanklarında köpük oluşumu azalmış olur (Angın vd., 2009)

3.1.2. Kimyasal Arıtma

Fiziksel arıtma işleminden geçmiş olan atık su, karakterine göre kimyasal arıtmaya alınır. Kimyasal arıtma genellikle atık sularının içinde bulunan askıdaki ve çözünmüş maddeler ile ağır metallerinin alınması için, sadece kimyasal arıtmaya ihtiyaç duyan atık sular için ve gerektiği takdirde arıtma tesisi çıkışında suyun berrak istenmesi, deşarj değerlerinin daha düşük olması için biyolojik arıtmayla birlikte kullanılır (Aktaş vd., 2001).

Kimyasal pıhtılaştırma, atıksuda elektrostatik yükleri sebebiyle bir araya gelemeyen kolloid maddelerin, kimyasal madde ilavesiyle bir araya getirilmesi olayıdır. Kimyasal çöktürme ise, atık sularda çözünmüş halde bulunan, toksik etki yapan maddelerin, kimyasal madde ilavesiyle suda çözünmeyen bileşikler haline getirilip çöktürülmesidir. Genel olarak kimyasal arıtmada $FeCl_3$, H_2SO_4 , HCl , $Ca(OH)_2$, $FeSO_4$, alüm gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Aktaş vd., 2001; Kestioğlu, 2001).

Alüminyum sülfat veya diğer alüminyum tuzlarını kullanan tesislerde bunların içine biraz linyit ilave edilirse etkisi artar. 1 m³ kirli su için 200-300 g Al₂(SO₄)₃ ve 1-3 kg linyit gereklidir. Bu maddeler suya çözelti hâlinde katılır. Böyle muamele görmüş su, önce koagülasyon ve flokülasyon bölümlerine ve sonra da çöktürme havuzlarına alınır. Oluşan floklar ve kimyasal çamurların büyük bir kısmı çöktürme yolu ile arıtılır, geri kalan kısmı ise süzülerek temizlenir (Tüpraş, 1985).

Çöktürme bölümünde atık suyun hızı azaltılarak içindeki süspansiyon hâlindeki maddelerin çökmesi sağlanır. Sonra su süzülerek temizlenir. Böylece su, yabancı maddelerinden arınarak BOİ miktarında % 30-40'a kadar azalma ile yeniden kullanılmaya hazır hale gelmiş olur. Suyun dezenfekte edilmesi için son işlem klorlama veya ozonlamadır. Klor, çok kuvvetli oksitleyici bir element olduğundan indirgeyici maddelerle reaksiyona girer (Tüpraş, 1986).

3.1.2.1. Kimyasal Oksidasyon

İstenmeyen zararlı bileşiklerin zararsız bileşiklere dönüştürülmesi veya daha sonraki arıtma işlemleri için uygun yapıya getirilmesidir. Başlıca kullanım alanları; demir ve mangan giderilmesi, dezenfeksiyon, organik bileşiklerin giderilmesi, alg kontrolü, renk, tat ve koku giderilmesi, siyanür, kükürt, amonyak giderilmesi, krom indirgenmesi, korozyon kontrolüdür. Kimyasal oksidasyonda oksijen, ozon, potasyum permanganat, klor kullanılabilir (Zhao ve Zhang 1991).

3.1.2.2. Nötralizasyon

Asidik ve bazik karakterdeki endüstriyel atık suların pH değerinin ayarlanması işlemidir. Atık suyun pH değerinin ayarlanması; atık suyun alıcı ortama deşarj standardının sağlanması, biyolojik arıtma öncesinde (bakteriyel faaliyetler belirli pH değerinde gerçekleştiğinden) uygun pH değerinin sağlanması bakımından gereklidir. Ayrıca kimyasal çöktürme işleminde reaksiyonların gerçekleşeceği uygun pH değerinin sağlanması bakımından da gereklidir (URL 9).

3.1.2.3. Koagulasyon – Flokulasyon

Bu proseslerin amacı, kolloidlerin çöktürülerek sudan uzaklaştırılmasıdır. Suların kimyasal yolla koagulasyonu aşağıda sıralanmış amaçlar için yapılır (Gürtekin, 2011);

- Organik ve inorganik bulanıklığın giderilmesi
- Renk giderilmesi
- Bakteri ve patojen giderilmesi
- Koku ve tat yapıcı maddelerin giderilmesi
- Fosfat giderilmesi
- Biyolojik oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı parametrelerinin giderilmesi
- Askıda katı madde giderilmesi
- Metal giderilmesi

3.1.2.3.a. Koagulasyon Prosesi

Atık su arıtımında, kolloidal maddelerle askı hâlindeki çok küçük taneciklerin çökmesini kolaylaştırmak için suya ilave edilen kimyasal maddelere koagulant (pıhtılaştırıcı) denilmektedir. Koagulasyon prosesi ise koagulantların atık suya ilave edilmesini takiben hızlı bir şekilde atık suya karıştırılmaları ve atık suyun bünyesindeki kolloidal ve askıda katı maddelerle birleşerek flok oluşturmaya hazır hâle getirilmesi için yapılan işlemlerdir (MEGEP, 2008).

3.1.2.3.b. Flokulasyon Prosesi

Flokulasyon prosesi (yumaklaştırma) atık suyun yavaş ve uygun şekilde bir süre karıştırılarak küçük tane ve pıhtıların büyümesi, birbirleriyle birleşmesi, yumaklaşması ve böylece kolayca çökebilecek flokların (yumakların) meydana gelmesi işlemidir (URL 10).

3.1.2.4. Kimyasal Çöktürme

Mekaniksel arıtım sistemlerinde giderilemeyen askıda kalan katı maddelerin kimyasal maddeler yardımıyla atık sudan yumaklaştırılarak çöktürülmesi işlemidir (URL 11)

3.1.2.5. Dezenfeksiyon

Dezenfeksiyon patojen organizmaların yok edilmesi veya etkisiz hâle getirilmesidir. Dezenfeksiyonda kullanılan maddelere dezenfektan denir. Bunlar klor ve klor bileşikleri, brom, iyot, ozon, fenoller, boya maddeleri, sabunlar ve sentetik deterjanlar, hidrojen peroksit, potasyum permanganattır. En yaygın olarak kullanılanı ise klordur (Kılıç, 2009).

3.1.2.6. Adsorbsiyon Yöntemi ve Elektrolitik Temizleme

Mekanik yöntemle temizlenmiş suyun içinde koloidal hâlde olan çökmeyen bir bakiye kalır ki bu, suyun çürümesini devam ettirir. Böyle sular doğrudan doğruya denize veya suyu bol bir nehre akıtılabilir. Böyle bir deniz veya bir nehir yok ise suların kimyasal, elektrolitik veya biyolojik yöntemler ile temizlenmesi gerekir (Kargı, 1995).

Kirli sular, içerdikleri tuzların fazlalığından dolayı elektrik akımını iletirler. Kirli suyun içerisinden elektrik akımı geçirildiğinde bir çöküntü oluşur. Bu çöküntü, kirli sudaki kolloid bünyedeki maddeleri adsorbe ederek sürükler. Yani bu yöntemde elektrik akımı kimyasal maddenin yerini almıştır. Kirli suya daldırılan elektrotlar, levha veya tel örgü şeklindedir. Anot demirden, katot ise kömürden yapılmıştır. Aralarından 1-2 voltluk bir gerilimle akım geçirilir (MEGEP, 2008).

3.1.3. Biyolojik Arıtma

Yüzyılımızın başında geliştirilmeye başlanan biyolojik arıtma, organik kirleticiler içeren evsel ve endüstriyel atık sulara uygulanır. Çevre dostu, güvenilir ve uygun maliyetli olan biyolojik arıtmada, organik madde ve inorganik nütrientlerin giderimi sağlanmaktadır. Mikroorganizmaların atıksuya adaptasyonları ve fenolik maddelerin mikroorganizmaları inhibe etmemesi, biyolojik arıtmada üzerinde önemle durulması gereken konulardır (Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006).

Kullanılmış suda gelişen ve arıtmada önemli olan başlıca organizmalar şunlardır: Bakteriler, mantarlar, algler, protozoalar, rotiferler, kabuklular ve virüsler. Organizmalar, oksijenin kullanımına göre iki ana gruba ayrılır: Birinci grup moleküler oksijenden yararlanan ve oksijen bulunan yerlerde yaşayabilen aerobik organizmalar, diğeri oksijenin bulunmadığı yerlerde yaşayan anaerobik organizmalardır. Buna bağlı olarak arıtma da aerobik ve anaerobik sistemlerde yapılır (Kılıç,2009).

Aerobik sistemlerde son ürünler hemen hemen tamamen oksitlenmiş olurlar ve enerji seviyeleri düşüktür. Biyolojik indirgenmeyi karbon esaslı organik maddelerin oksitlendiği oksidasyon ve amonyağın oksitlendiği nitrifikasyon olayları meydana getirir.

Anaerobik sistemlerde havasız bir yerde bekletilen organik maddeler anaerobik mikroorganizmaların yardımıyla indirgenebilirler. Reaksiyonlar iki basamakta olur. Birinci basamakta kompleks organik maddeler basit organik asitlere hidroliz edilir. İkinci basamakta ise organik asitler metan ve karbondioksit'e çevrilir (İleri, 2000).

Kullanılmış ve yüzeysel suların organik kirliliğinin ölçülmesinde en yaygın şekilde kullanılan parametre biyokimyasal oksijen ihtiyacı BOİ'dir. "Biyokimyasal oksijen ihtiyacı", kullanılmış sulardaki yükseltgenebilen organik maddelerin aerobik koşullarda stabilizasyonu için gereken moleküler oksijen miktarı veya diğer bir deyişle su içindeki mikroorganizmaların canlılığının devam ettirebilmeleri için gerekli oksijen miktarı olarak tanımlanır. Atık su temizlenmesinde ikinci ölçüt kimyasal oksijen ihtiyacı COİ'dir. "Kimyasal oksijen ihtiyacı", su içindeki organik maddelerin tamamen oksitlenmesi için gerekli oksijen miktarıdır. Oksijen, esas olarak sudaki üç grup madde tarafından tüketilir. Bu gruplar; karbonlu maddeler, okside olabilen azot ve oksitlenebilen kimyasal bileşiklerdir (Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006).

3.1.3.1. Oksijenli (Aerobik) Biyolojik Arıtma

Oksijenin bulunduğu ortamda faaliyet gösteren biyolojik arıtma sistemidir. Bütün aerobik arıtma sistemlerinde organik atıklar sentez ve oksidasyon yolu ile yok olurlar. Diğer bir deyimle organik maddelerin bir kısmı yeni hücrelere dönüşürken (sentez) geri kalan kısmı gerekli enerjiyi üretmek amacıyla oksidasyona tabi tutulurlar. Organik maddeler yok olmaya başlayınca biyolojik hücrelerin bir kısmı gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla kendi kendini oksitler ki buna İçsel Solunum denir (İleri, 2000).

Aerobik biyolojik arıtma yöntemleri arıtmayı yapan bakterilerin, aktif çamur ve modifikasyonları sistemlerinde olduğu gibi, askıda bulunduğu ve arıtmayı yapan bakterilerin, damlatmalı filtre ve biyodisklerde olduğu gibi, sabit bir membran oluşturduğu sistemler olmak üzere 2'ye ayrılır (İleri, 2000).

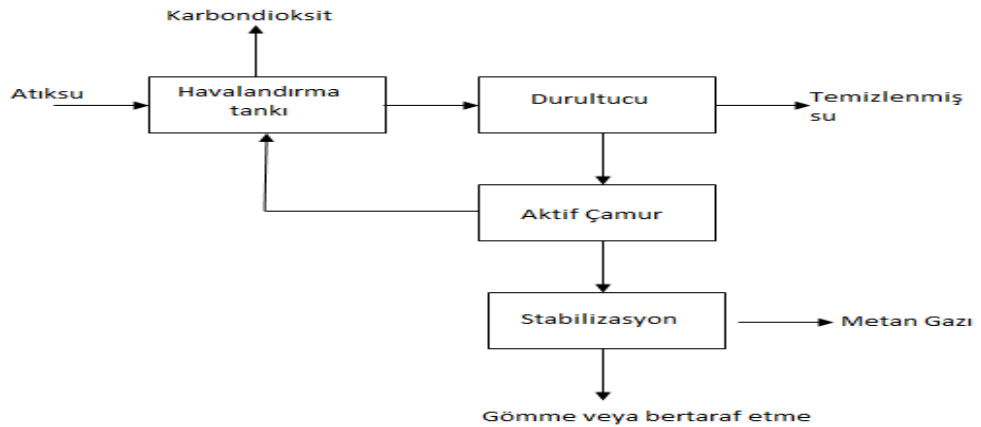
3.1.3.1.1. Aktif Çamur

Aktif çamur, organik ve inorganik maddeler içeren atıksu ile hem canlı hem de ölü mikroorganizmaların karışımı olup biyolojik aktivite gösteren çamur anlamında kullanılır. Aktif çamur süreci, mikroorganizmaların organik maddeyi oksijen kullanarak ayrıştırmaları esasında yararlanılarak geliştirilen bir aerobik biyolojik arıtma sistemidir (Toprak, 1996). Bu proses, sürekli çalışan havalandırmalı bir tank ile tankın çıkışına yerleştirilen bir çökeltim tankından ibarettir. Çökeltim çamuru geri döngüyle tankın girişine verilir ve bir kısmı da sistemden uzaklaştırılır (Kargı, 1995). Reaktördeki aerobik ortam difüzyörlü veya mekanik havalandırıcılarla sağlanır.

Aktif çamur sistemleri daha etkili işletilebilmek için arıtma verimi ve yükleme hızlarına göre şöyle modifiye edilmişlerdir (Filibeli vd., 2002):

- a) Lineer Şekilde Değişen Havalandırma Tatbik Edilen Sistemler
- b) Tadil Edilmiş Havalandırma Uzun Havalandırmalı Sistemler
- c) Kontak Stabilizasyon
- d) Tam Karıştırmalı Sistemler
- e) Piston Akımlı Sistemler
- f) Kademeli Havalandırma
- g) Uzun Havalandırmalı Sistemler
- h) Yüksek Hızlı Havalandırma
- i) Saf Oksijenli Sistemler
- j) Oksidasyon Hendekleri

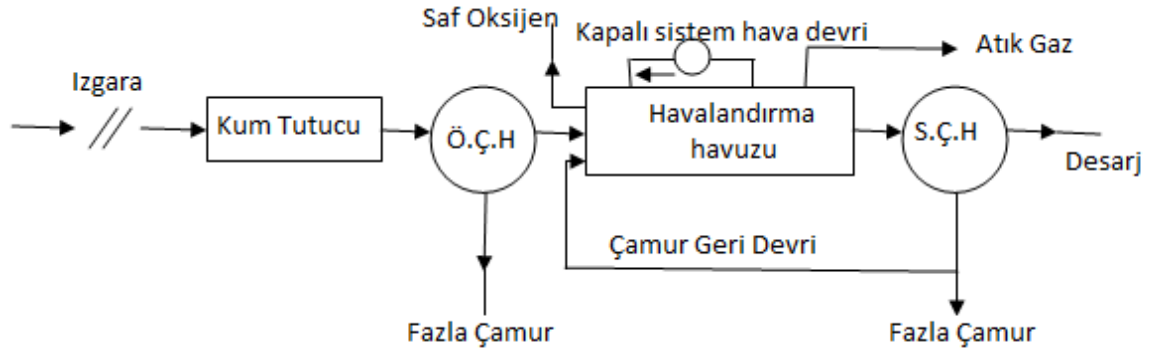
Aktif çamur tankının genel akım şeması Şekil 6'de gösterilmiştir



Şekil 3.1. Aktif çamur tankının genel akım şeması (URL 7).

3.1.3.1.1.a. Saf Oksijenli Sistemler

Yüksek BOİ içeren atık sulardan BOİ giderilmesinde oksijen sınırlamalarını önlemek için oksijenle zenginleştirilmiş hava ya da saf oksijen kullanılır (Kargı, 1995). Saf oksijenli sistemler atıksu özelliklerindeki değişimlere daha iyi adapte olabilir ve çamur üretimi hava ile çalışılan sistemlerden daha azdır (Yıldırım, 1983). Ayrıca sistem çok basamaklı seri reaktörler sistemi halinde işletilerek hidrolik alıkonma süresi düşürülebilir. Bu sistem Union Carbide tarafından geliştirilmiş olup Unox prosesi adıyla bilinir. Bu usul tatbik edilirken, havalandırma havuzlarının üstü örtülür ve havalandırma havuzuna verilen oksijene geri devir yaptırılır. Bakteriyel faaliyet neticesinde, oksijen tüketilip CO₂ açığa çıktığından, gazın bir kısmının dışarı atılması ve içeriye yeni oksijen ilave edilmesi gerekir.



Şekil 3.2. Saf Oksijen Sistemleri Akım Şeması (Yıldız vd., 2000)

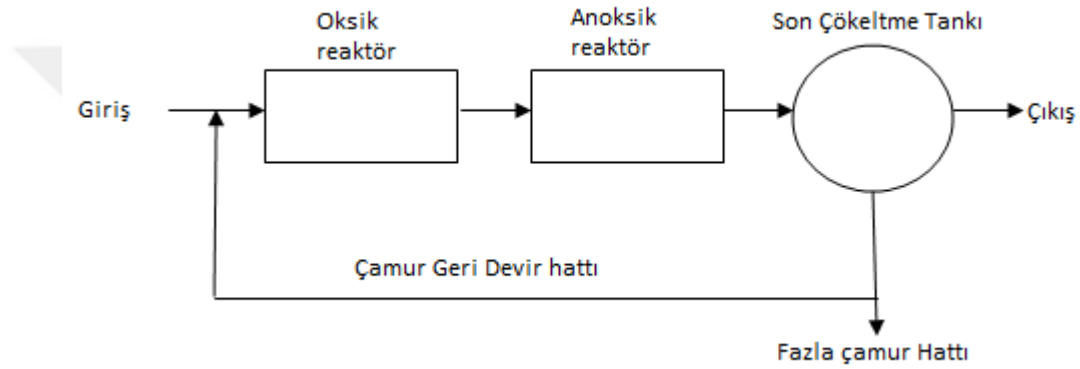
Saf oksijen sistemleri; pilot tesis çalışmalarından elde edilen tecrübeler, tesislerin gayet normal ve verimli olarak çalıştığı anlaşılmıştır. Saf oksijen kullanılması bilhassa (Muslu., 1994) tasfiye tesisleri için arsa imkânlarının sınırlı olması, (Muslu, 1988) tesise gelen organik yükün büyük değişiklikler göstermesi, (Samsunlu, 1991) çok kirli ev veya endüstri atık sularının tasfiye edilmesi hallerinde avantajlı gözükmemektedir.

3.1.3.1.1.b. Uzun Havalandırmalı Sistemler

Uzun havalandırma prosesi, yıllar içerisinde popülerite kazanmış olan bir aktif çamur modifikasyonudur. Uzun havalandırma prosesinde ham atıksu ızgaralardan ve kum tutuculardan sonra doğrudan doğruya havalandırma havuzuna verilir. Buradaki şartlar tamamen aerobik özelliktedir. Atıksuyun havalandırma havuzundaki kalış süresinin uzun olmasından dolayı bu prosese uzun havalandırma prosesi denmektedir (Arceivala, 1998).

Yatırım, işletme ve bakım masrafları düşük olup uzun havalandırma süresi gerektirir. Bu sistemde çamurun çürütülmesi işlemi genel olarak uygulanmaz. (Gemmell ve Herbert, 1985).

Uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemlerinde şu bölümler vardır; Izgara, kum tutucu, havalandırma tankı, çöktürme bölümü ve istenirse dezenfeksiyondur. Normal olarak aktif çamur sistemlerinde askıda katı madde içinde bulunmayan ağır katı taneciklerin süspansiyon içerisinde tutulabilmesi için, havalandırma tanklarında yeterli karışım sağlanmalıdır. Uzun Havalandırma sisteminin genel akım şeması Şekil 8’de gösterilmiştir (URL 7).



Şekil 3.3. Uzun Havalandırma sisteminin genel akım şeması (URL 7).

- Uzun havalandırma sistemlerinin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz;
- İyi işletildiği takdirde %95’e varan bir arıtma verimi kolaylıkla sağlanabilir.
- İşletmeye girme süresi diğer sistemlere oranla oldukça düşüktür.
- İşletilmesi oldukça kolaydır.
- Bekletme süreleri oldukça uzun seçildiği için küçük debi değişimlerinden fazla etkilenmez.

f) Havalandırma havuzu prosesi içsel solunum fazında çalıştırıldığı için fazla çamur miktarı oldukça düşüktür.

g) Sistem özel işletme yapıları gerektirmediğinden projelendirme ve inşası kolaydır.

Uzun havalandırma havuzlarının muhtemel dezavantajlarını da şöyle sıralayabiliriz:

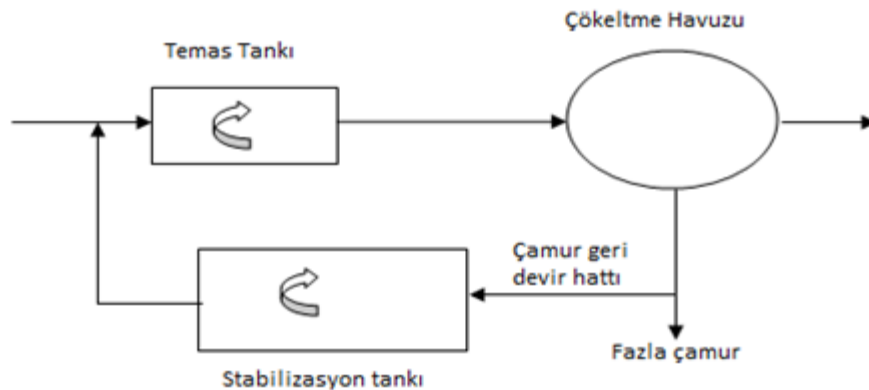
- Sistem havalandırma havuzu hidrolik bekletme süresi uzun olduğu için hacimsel olarak diğer sistemlere oranla büyüktür. Bunun için bu sistemler nüfusu küçük yerleşim yerleri için idealdir.

b) Bu sistemlerde diğerlerine oranla, tesise giren kullanılmış suyun birimi başına çok fazla oksijene ihtiyaç göstermesi ve enerji yönünden işletme maliyetinin yüksek olmasıdır (Yıldız vd., 2000).

3.1.3.1.1.c. Kontak Stabilizasyon

Kontak stabilizasyon metodu, aktif çamurun absorplama özelliklerinden faydalanmak amacıyla geliştirilmiştir. Genellikle daha büyük kapasitedeki paket arıtma tesislerinin bir parçasıdır. Çökeltmiş atıksular geri devir çamuru ile karıştırılıp kontak havuzunda 30-90 dakika süreyle havalandırılır. Bu esnada organik maddeler çamur flokları tarafından absorbe edilir. Son çökeltme havuzunda çamur, tasfiye edilen sudan ayrılır ve geri döndürülerek havalandırma havuzunda havalandırılır. Geri dönen çamurun bir kısmı sabit bir madde konsantrasyonu elde etmek için sistemden dışarı atılır (Metcalf ve Eddy, 1991).

Kontak stabilizasyon işlemi evlerden gelen atıksular için çok uygundur (Muslu, 1994). Kontak stabilizasyon prosesi yalnızca büyük ve uniform debi olması veya debinin dengelenmesinin mümkün olması durumlarında uygulanmalıdır. Genellikle temas haznesinin hacminin, 20 ile 40 dakikalık bir bekletme süresini sağlayacak kapasitede boyutlandırılması gerekir. Giriş debisinde bir dengeleme yapılmadan kullanılan kontak stabilizasyon sistemlerinde, debinin $200 \text{ m}^3/\text{gün}$ ' den daha az olduğu küçük arıtma sistemlerinde deşarj standardının sağlanması ihtimali oldukça düşüktür. Kontak Stabilizasyon sisteminin genel akım seması Şekil 9 de gösterilmiştir (URL 8).



Şekil 3.4. Kontak Stabilizasyon sisteminin genel akım seması (URL 8).

Kontak stabilizasyon sistemlerinin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz (Yıldız vd., 2000);

a) İyi işletildiği zaman %90'a varan bir arıtma verimi elde edebiliriz.

b) Diğer sistemlere göre karmaşık işletme metoduna sahip olduğu için bazen işletme güçlükleri olabilmektedir.

c) Uzun havalandırmalı sistemlere göre daha az hacimlidirler. Buda tesisin ilk yatırım maliyetinin düşük olduğunu göstermektedir.

d) Yapılmış olan işletmelerde evsel atıksuların arıtılmasında çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

e) Bekletme süresi küçük olduğu için, mevcut bir aktif çamur tesisinin kapasitesini, kontak stabilizasyon usulüne çevirmek suretiyle iki katına çıkarmak mümkündür.

Kontak stabilizasyon sistemlerinin muhtemel dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

a) Sisteme verilen atıksu debisinin dengelenmesi için bir dengeleme havuzunun yapılması zorunluluğu vardır.

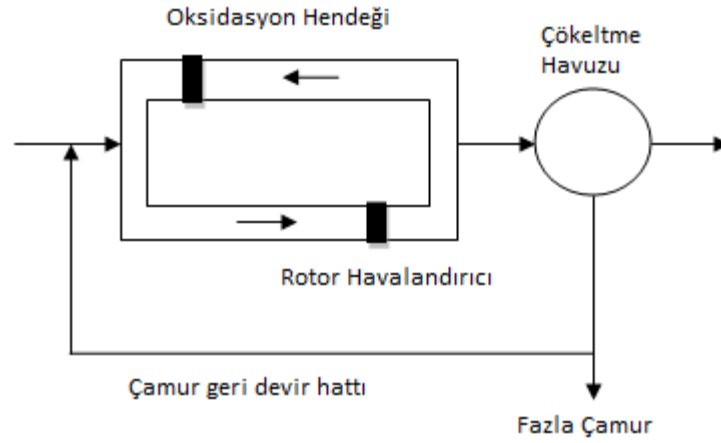
b) Sistemin havalandırılması düzenli yapılmazsa son çöktürme havuzunda bir takım çökeltme problemleri gözlenir.

c) Gerek stabilizasyon ve gerekse temas safhalarında sistemin iyi çalışması için giriş, çıkış, karışım, havalandırma sistemlerinin iyi dizayn edilmesi gerekir.

3.1.3.1.1.d. Oksidasyon Hendekleri

Oksidasyon hendekleri dairesel ya da oval şekilde hendekler olup rotor, yüzey havalandırıcı gibi mekanik yöntemlerle havalandırılırlar. Izgaradan geçirilerek veya çökeltilerek katılarından arındırılmış atıksu hendek içinde hareket ederken havalandırılarak organizmalar tarafından karbon ve azot bileşiklerinden arıtılır. Bu hendekler genellikle yüksek alıkonma süresi gerektirirler. Hendek çıkısına bir çöktürme tankı konularak katılar ayrılır (Kargı, 1995).

Oksidasyon hendeklerinin çalışması; pis su oksidasyon hendeği içine doldurularak suya kısmen batmış durumda dönen bir çark tarafından yatay olarak hareket halinde tutulurken, havadaki oksijeninde uzun bir havalandırma süresince atıksu içerisine difüzyonu ile oluşan aktif çamurun taze pis su ile karışım ve dolaşımı ve çamurun mineralize edilmesi ile arıtma sağlanmaktadır. Bu arada meydana gelen fazla çamur o derece oksitlenmiş olur ki, herhangi bir başka işleme tabi tutulmadan kurutulmaya terk edildiğinde, koku yaymadan suyunu salıverir ve kurutulabilir hale dönüşür. Oksidasyon hendekleri sisteminin genel akım şeması Şekil 10'da gösterilmiştir (Toprak vd., 2000).



Şekil 3.5. Oksidasyon hendekleri sisteminin genel akım seması (Toprak vd., 2000).

Oksidasyon hendeklerinin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz

- Evsel atıksuların arıtılmasında %98 gibi çok yüksek bir arıtma verimi sağlanabilmektedir.
- Arıtma tesisi karmaşık prosese sahip olmadığından işletilmesi kolaydır.
- İşletme maliyeti düşük ilk yatırım maliyeti yüksektir.
- Oksidasyon hendekleri bekletme sürelerinin çok fazla olmasından dolayı kapladıkları alan fazladır.
- Havalandırma süresi iyi ayarlandığı takdirde amonyum giderme verimi %90 gibi yüksek bir değere ulaşabilir.

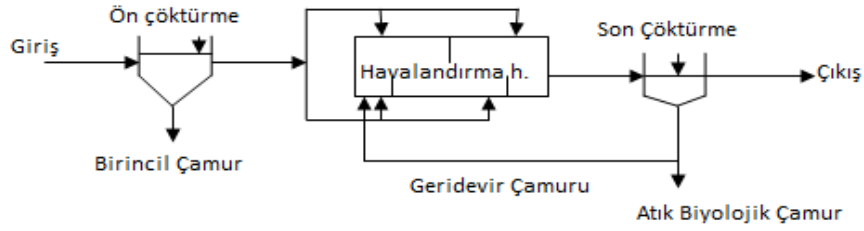
Oksidasyon hendeklerinin dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

- Tesisin inşa masrafları bekletme süresinin uzun olmasından dolayı fazladır. Buna paralel olarak tesis alanı da diğer sistemlere göre fazladır.
- Havalandırma süresi iyi ayarlanmadığı takdirde denitrifikasyon reaksiyonları başlar, bu da sistemdeki azot bileşiklerinin ve amonyumun sistemden nitrat olarak atılmasına sebep olur. Bu da çok sakıncalı bir durumdur (Toprak vd., 2000).

3.1.3.1.1.e. Kademeli Havalandırma

Kademeli havalandırma sisteminin temel teorisi aktif çamur sistemiyle aynı olmasına rağmen oksijen ihtiyacının daha uniform olması ve bu yüzden temin edilen oksijenin daha verimli bir şekilde kullanılmasıyla klasik aktif çamur sisteminden ayrılır. Atıksuyun farklı noktalardan havuza verilmesi nedeniyle yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip bir aktif çamur oluşur ve böylece kısa bekletme süresi içerisinde daha fazla organik maddenin

giderilmesi temin edilir (Metcalf ve Eddy, 1991). Kademeli havalandırma sisteminin genel akım seması Şekil 11’de gösterilmiştir.



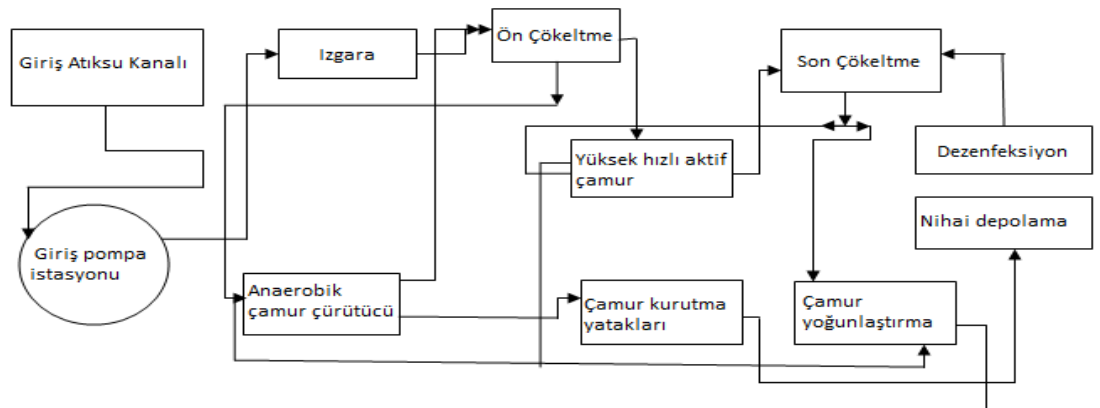
Şekil 3.6. Kademeli havalandırma sisteminin genel akım seması (Yıldız vd., 2000).

3.1.3.1.1.f. Tadil Edilmiş Havalandırma

Tadil edilmiş havalandırma uygulanan sistemlerle klasik ya da lineer değişen havalandırma uygulanan sistemler arasındaki temel fark, tadil edilmiş havalandırma sistemlerinde 1,5-3 saat gibi daha kısa havalandırma süresinin ve daha yüksek bir besi/mikroorganizma oranının kullanılmasıdır. Ayrıca havalandırma havuzundaki askıda katı madde konsantrasyonu da nispeten yüksektir (Boduroğlu, 2008).

3.1.3.1.1.g. Yüksek Hızlı Havalandırma

Yüksek hızlı havalandırma askıda katı madde konsantrasyonu çok yüksek olan ve havalandırılma havuzunun büyük hidrolik yüklere maruz bırakıldığı ve bu sayede de besi maddesi/mikroorganizma oranları da yüksek bir sistemdir. Mikroorganizmalar havuzda uzun süre kalmış olur (Gürel, 2010). Yüksek Hızlı Havalandırma sistemi genel akım seması Şekil 12’de gösterilmiştir



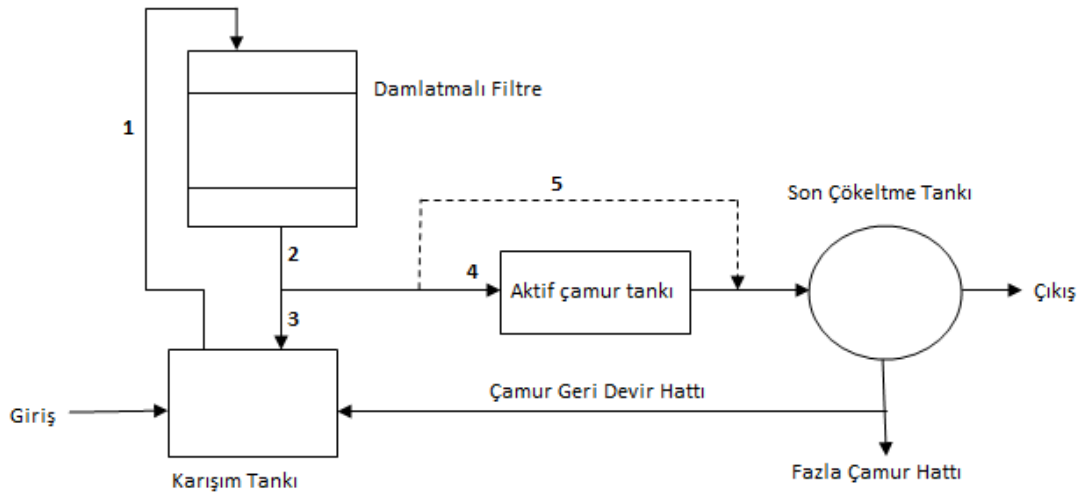
Şekil 3.7. Yüksek Hızlı Havalandırma sistemi genel akım seması (Gürel, 2010).

3.1.3.1.2. Damlatmalı Filtreler

Damlatmalı filtreler, üzerinde mikroorganizmaların biyofilm halinde büyüdüğü katı tanecikler içeren bir dolgu kuleden ibarettirler. Katı tanecikler kum, kırma taş, plastik, sert kömür ve özel dolgu maddelerini içeren tanecikler olup çapları 0,1-10 cm arasında değişir (Kargı, 1995).

Damlatmalı filtreler üzerine ilk arıtmaya tabi tutulmuş atıksu belirli bir debi ile verilir. Bu işlem genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça hareket eden delikli bir borudan oluşan bir düzenekle sağlanır. Atıksuyun içerisinde bulunan ve organik maddeleri parçalayan bakteriler tasların üzerinde ince bir tabaka oluştururlar. Bu bakteriyel tabaka yakınından geçmekte olan organik kirleticileri adsorplayıp metabolizmaları ve üremeleri için kullanarak karbondioksit ve suya dönüştürmektedir. Damlatmalı filtreden çıkan atıksu son çökeltme tankına verilir (İleri, 2000). Damlatmalı filtreler, uygulanan organik ve hidrolik yüke bağlı olarak düşük hızlı ve yüksek hızlı olmak üzere sınıflandırılırlar. Eğer damlatmalı filtreler ön arıtma amacıyla kullanılıyorsa bunlara kaba filtreler de denir (Arceivala, 1998).

Damlatmalı filtreler işletmesi kolay, verimleri yüksek sistemlerdir. Eğimli arazilere kurulu, atıksu pompajı gerektirmeyen yerleşimler için oldukça uygundur (Mert, 2011). Damlatmalı filtre sistemi genel akım seması Şekil 13'de gösterilmiştir.



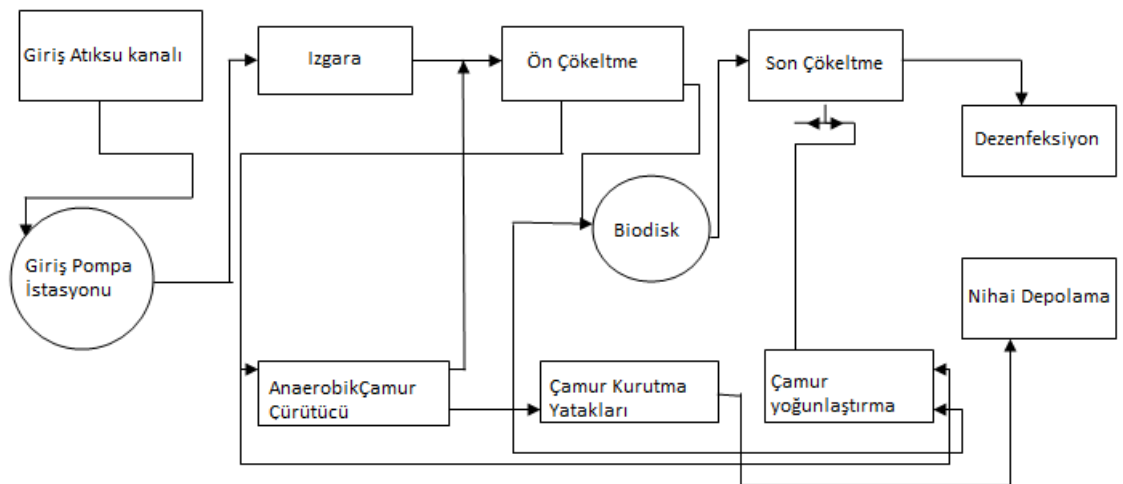
Şekil 3.8. Damlatmalı filtre sistemi genel akım seması (Mert, 2011).

3.1.3.1.3. Biyodiskler

Biyodiskler, genel karakteri ile aktif çamuru andırır. Yalnız havalandırma havuzu yerine döner diskler bulunmaktadır. Bu üniteler, plastikten yapılan 2-3 cm çapında 2-3 cm kalınlığında disklerden oluşur. Diskler bir şaft üzerinde birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor yardımıyla döndürülür. Atıksu uzun ve sığ tankların içerisine konur, diskler atıksu içine %40-50 oranında batık şekilde 2-10 devir/dakika hızıyla döndürülür (Mandı vd., 1998). Dönme esnasında disklere tutunmuş biyokütlenin bir kısmı atık içinden geçerken plastik ortamdan ayrılır. Bu durum disklerin arasının tıkanmasını önler. Bu sebepten diskler üzerinde yaklaşık olarak sabit biyofilm bulunur. Levhalardan ayrılan biyokütle, son çöktürme havuzuna gidinceye kadar, levhaların karıştırma etkisi askıda katı madde halinde kalır ve son çöktürme havuzunda sistemden uzaklaştırılır (Yıldız vd., 2000).

Organizmalar disk yüzeyinde biyofilm şeklinde büyürler ve atık sudaki organik bileşikler biyofilm içine difüzlenirken organizmalar tarafından karbondioksite oksitlenirler. 13 derecenin altında verim oldukça düşer ve yeni biyofilm tabakası 10-15 gün arasında oluşur (Metcalf ve Eddy, 1991).

Ön tasfiye ihtiyacı; diğer biyolojik proseslerde olduğu gibi biyolojik disk karakterlerinde de askıda katı madde giderilir. Bu reaktörler ön tasfiye ünitelerinden sonra yerleştirilir. Şayet çökebilen katı maddeler daha evvel, atıktan ayrılmazsa dönen levhaların bulunduğu tankın tabanına çökerek hem tesisin verimini azaltırlar ve hem de disklerin dönmesini zorlaştırırlar (Yıldız vd., 2000). Biyodisk sisteminin genel akım seması şekil 14’de gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Biyodisk sisteminin genel akım seması (Karlsson, 1996).

Biyodisklerin avantajları şunlardır:

- a) Düşük akım ihtiyacı
- b) Az enerji tüketimi
- c) Yok denecek kadar koku ve böcek
- d) Çok az gürültülü olması

Biyodisklerin dezavantajları şunlardır:

- a) Rüzgâr ve yağmur gibi dış etkilere karşı sistemi korumak için sistemin üzeri örtülmelidir. Bu da ek yatırımlar gerektireceğinden maliyeti artar.
- b) Fazla alan kaplar (Karlsson, 1996).

3.1.3.1.4. Mekanik Havalandırmalı Lagünler

Mekanik havalandırmalı lagünler, 2,5-4 m derinliğinde toprağın kazılması ile inşa edilen ve mekanik yüzey havalandırıcılar ile havalandırılan havuzlardır. Ham atıksu ızgaradan geçirildikten sonra mekanik havalandırıcının bir tarafından verilir ve belli bir havalandırma süresinin ardından diğer taraftan alınır. Stabilizasyon havuzları ile karşılaştırıldıklarında derinliklerinin fazla ve alıkoyma sürelerinin daha kısa olması bakımlarından %10-20 daha küçüktürler (Toprak, 1996).

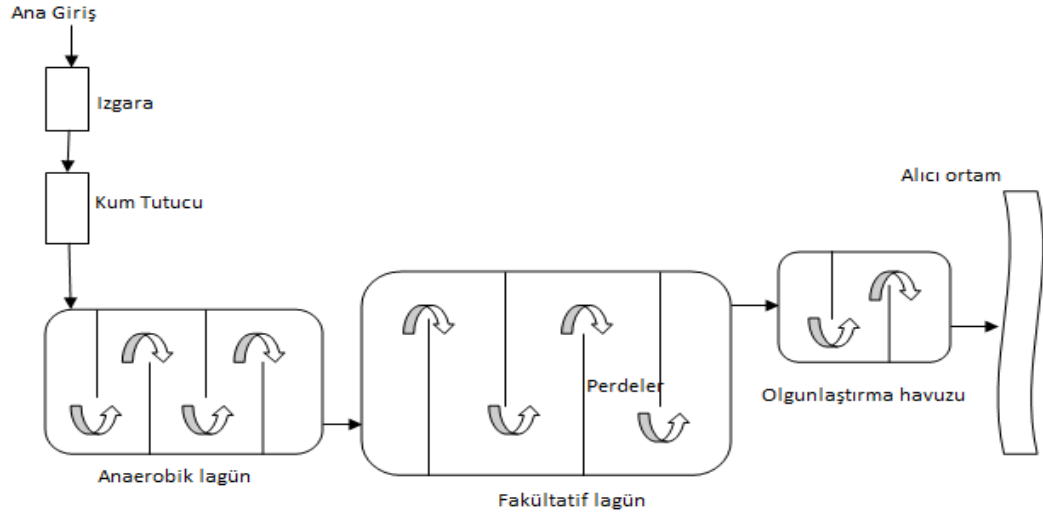
Havalandırılmalı lagünler katı maddelerin durumuna bağlı olarak fakültatif, kesintisiz akışlı aerobik ve katıların geri döndürüldüğü lagünler olmak üzere üç tipe ayrılabilirler.

Fakültatif havalandırmalı lagünlerde birim hacme düşen enerji, girdisi istenen oksijen miktarının sıvıya dağılması için yeterli fakat bütün katıları askıda tutmak için yeterli değildir. Bunun sonucunda, lagüne giren askıdaki katı maddelerin bir kısmı ve substrat giderimiyle oluşan katı maddeler tabana çökmeye çalışırlar ve tabanda anaerob bozunma meydana getirirler. Lagünlerdeki aktivite kısmen aerobik, kısmen de anaerobik olduğundan bu tip lagünlere fakültatif lagün denir. Evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında başarıyla kullanılmaktadırlar (Yıldız vd., 2000).

Kesintisiz akışlı aerobik lagünlerde enerji girdisi, istenilen miktardaki oksijeni sıvı içerisine dağıtacak ve bütün katıları askıda tutacak şekilde oluşturulmuştur. Bu lagünlerde katı madde çökmesi olmaz ve katı maddeler havalandırılmış olarak sistemi atıksu ile beraber terk eder (Toprak, 1996).

Katıların geri döndürüldüğü aerobik lagünler, uzun havalandırılmalı tesislere benzerler. Enerji girdisi hem oksijen ihtiyacını karşılayacak hem de tüm katıları askıda

tutacak şekilde olmalıdır. Katı maddelerin atıksu ile beraber dışarı çıkması engellendiği ve geri döndürüldüğünden bu tip lagünlerdeki katı madde konsantrasyonu yüksektir (Arceivala, 1998). Lagün Sisteminin genel akım seması şekil 15 de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Lagün Sisteminin genel akım seması (URL 8).

3.1.3.1.5. Stabilizasyon Havuzları

Stabilizasyon havuzları atıksuların bir noktadan girip arıtılmış suyun bir noktadan alındığı büyük ve sığ havuzlardır. Temel olarak dört ana biyolojik faaliyet oluşmaktadır. Bunlar karbonlu maddelerin bakteriler tarafından oksidasyonu, azotlu maddelerin nitrifikasyonu, dip çamurlarındaki çamurlu maddelerin parçalanması ve alglerin fotosentezidir. Bu sistemlerde algler bakteriler gibi diğer mikroorganizmalarla birlikte simbiyotik olarak yaşarlar (EPA, 1980).

Bu havuzlar evsel atık sularından endüstriyel atık sulara kadar geniş bir aralığa sahip atıksuların arıtılmasında kullanılırken tropik iklim kuşağından kutupsal iklim kuşağına kadar değişen iklim koşulları altında işletilmektedirler (Toprak, 1995).

Atıksuda bulunan organik madde stabilizasyonundan genelde sistemde bulunan bakteriler sorumludurlar. Bu bakteriler anaerobik şartlarda organik asitler, aerobik şartlarda ise CO₂ ve su üretirler. Bu nedenle sistem sürekli olarak aerobik tutulmaya çalışılır. Sistemin aerobik tutulması, sistemdeki alglerle birlikte yüzeysel oksijen transferi sayesinde sağlanır. Algler güneş enerjisini kullanarak fotosentez yoluyla sisteme oksijen verir (Muslu, 1994).

Aerobik şartlarda çökelen organik maddeler önce uçucu yağ asitlerine daha sonra da oluşan bu asitler metan bakterileri tarafından metan ve karbondioksite dönüştürülür.

Stabilizasyon havuzlarının işletim özelliklerinin daha iyi bilinmesi ve biyolojik reaksiyonların tanımlanmasına bağlı olarak bu havuzlar aerobik, anaerobik, fakültatif, olgunlaştırma ve havalandırmalı havuzlar olmak üzere 5'e ayrılır (Muslu, 1994).

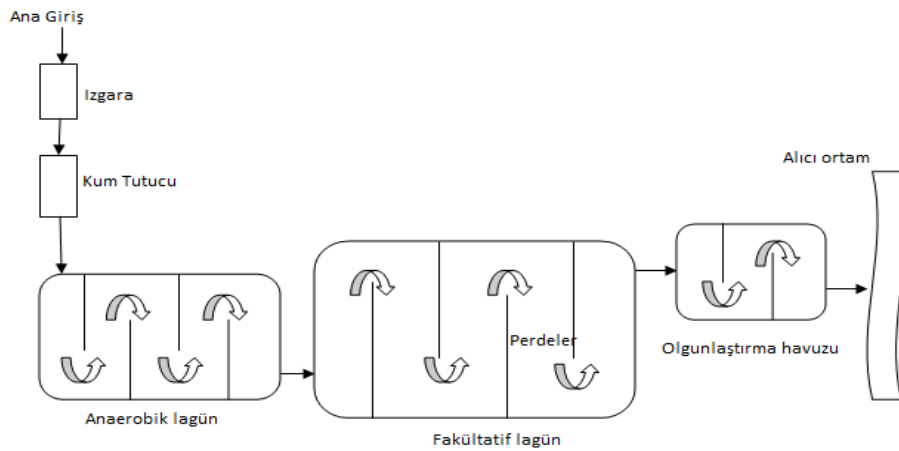
Aerobik havuzlarda derinlik, ışık geçirimini ve fotosentezle alg oluşumunu maksimize etmek için yaklaşık 0,3 m veya daha az olur. Aerobik şartlar havuz derinliğinin tümünde her zaman korunur.

Anaerobik havuzlarda mikroorganizmalar nitrat ve sülfatlardaki oksijeni kullandıklarından çözülmüş oksijene ihtiyaç yoktur. Ürün olarak metan ve karbondioksit üretilir (Arceivala, 1998).

Fakültatif havuzlar en yaygın kullanılan tipi oluşturur. Derinlikleri 1-3 m arasında değişir. Havuzda üst tabaka aerobik alt tabakada ise anaerobik ayrışım oluşur. Alglerle bakteriler arasında ortak bir yaşam vardır. Alglerin ürettikleri oksijen bakterilerin organik maddeyi ayrıştırmaları sırasında kullanılır (Toprak, 1996).

Olgunlaştırma havuzlarının temel işlevleri patojen organizmaların giderilmesi olup virüsler sığ derinliklerde ölmeleri etkin olduklarından derinlikleri 1-2 m arasında değişir (Mara, 1978).

Havalandırmalı stabilizasyon havuzunda oksijen ihtiyacı temel olarak, mekanik olarak yada difüzörle havayı temin etmekle sağlanır. Derinlikleri genel olarak 2-6 m arasında değişir. Stabilizasyon havuzu sisteminin genel akım şeması şekil 16'de gösterilmiştir (EPA, 1980).



Şekil 3.11. Stabilizasyon havuzu sisteminin genel akım şeması (EPA, 1980).

3.1.3.2. Oksijensiz (Anaerobik) Biyolojik Arıtma

Atıksuyun anaerobik şekilde arıtılması organik maddelerin moleküler oksijenin bulunmadığı bir ortamda anaerobik mikroorganizmalar tarafından çözümlenmesiyle gerçekleşir. Bu teknoloji septik tank ve havuzdan başlayıp içerisinde sıcaklık kontrolü ve karışımın uygulandığı yüksek verimli reaktörlere dönüşmüştür (Metcalf ve Eddy, 1991).

Bu biyolojik işlem sırasında organik maddeler öncelikle kendilerini oluşturan yapıtaşları gruplarına enzimatik hidrolize katkıda bulunan mikroorganizmalarla ayrıştırır yani hidrolize olur ve daha sonra hidrolize olan bileşiklerden oluşan moleküller bir grup mikroorganizma vasıtasıyla organik asitlere ve alkole dönüştürülür. Organik asitler bir grup anaerobik mikroorganizma tarafından asetik asit, CO₂, H₂'ye ve bunlar da son olarak metan oluşturan mikroorganizmalar tarafından metana dönüştürülürler (İleri, 2000).

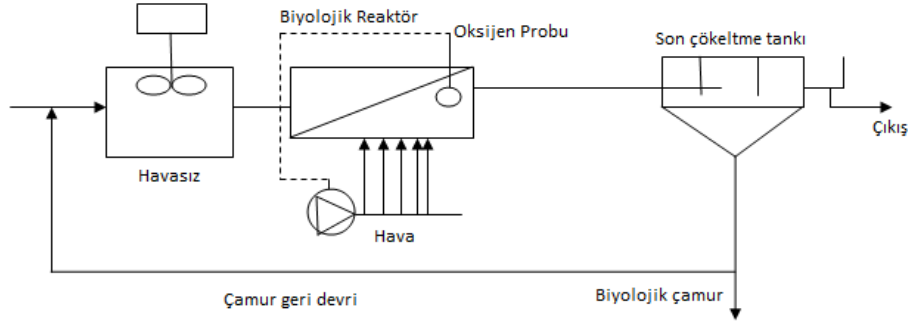
Anaerobik parçalanma prosesinde hidroliz ya da metan oluşumu basamağı hız belirleyici basamaktır. Ayrıca atık maddenin bileşimine bağlı olarak CH₄ ve CO₂ yanında H₂S ve N₂ gazları da oluşur.

Organik atıklar, ısıtılan (35°C – 60°C) bir çürütme tankında anaerobik ayrışma yaratan mikroorganizmalar yardımıyla ayrışmaya bırakılır. Basit karıştırmasız çürütücülerde 30-60 gün bekleme süresi gereklidir. Yüksek hızlı çürütücülerde bekleme süresi daha kısa (10-20 gün) olup, sistem sürekli karıştırılır. Çürütme tankları silindirik veya yumurta kesitli olarak yapılırlar. Gerekliğinde sistemi terk eden katı maddeler geri çevrilir (İleri, 2000).

Aerobik ya da diğer çeşit arıtımların uygulandığı sistemlerde anaerobik arıtma en azından bir ön arıtım olarak uygulanmalıdır. Çünkü anaerobik parçalanma sonucu oluşan bazı aromatik aminler sitotoksik, mutajenik ve kanserojen etkili olabilirler. Aromatik aminler halka yapısının açılması ve hidroksilasyonla aerobik ortamda mineralize olabilmektedir. Böylece boyarmadde içeren atıksuların kombine anaerobik aerobik sistemlerle arıtılması sonucu ilk basamakta etkili bir renk giderimi sağlanmakta ve anaerobik ortamda dirençli olan aromatik aminler aerobik basamakta giderilebilmektedir (O'neill vd., 2000).

Tüm dünyada yaygın olarak uygulanan ve üzerinde çok yoğun araştırmaların yapıldığı bu arıtma teknolojisi, ülkemizde ise sınırlı ölçüde uygulanmakta, yalnız birkaç endüstriyel tesiste anaerobik arıtma prosesi kullanılmaktadır (Demirer, 1996). Günümüzde anaerobik sistemler; meyve suyu, bira, alkol destilasyonu, süt ve peynir, balık ve deniz ürünleri, şeker, kâğıt, ilaç vb. birçok endüstriye ait atıksuların arıtılmasında yoğun olarak

kullanılmaktadır. Havasız (anaerobik) biyolojik arıtma sisteminin genel akım şeması şekil 17’de gösterilmiştir (Öktem, 2005).



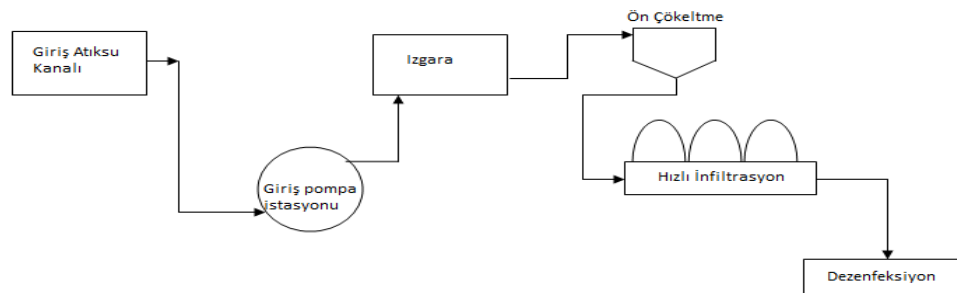
Şekil 3.12. Oksijensiz (Anaerobik) biyolojik arıtma sisteminin arıtım aşamaları (Öktem, 2005).

3.1.3.3 Atıksuların Araziye Arıtımı

Atıksuların arazi üzerinden arıtılmasında bitkiler, zemin yüzeyi ve zemin tabanı kullanılır. Atıksuların araziye verilmesinde; sulama, zemine sızdırma, arazi üzerinde akıtma, su altında bırakma, yüzey altından tatbik olmak üzere farklı yöntemler uygulanır. Bu yöntemlerden özellikle daha çok sulama, arazi üzerinde akıtma ve zemine sızdırma metotları üzerinde durulacaktır (Yıldırım, 2006).

Sulama yönteminde atıksular bitki ihtiyacını karşılamak üzere ön çökeltimden geçmiş sular araziye tatbik edilir. Zemin içine sızan sular fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla temizlenir. Atıksu ya yağmurlama ya da yüzeyden araziye tatbik edilmek suretiyle bitki örtüsüne verilir (Filibeli, 2002)

Hızlı infiltrasyon sistemlerinde ilk çökeltmeden geçmiş atıksular yer altı suyunu beslemek, dolaylı olarak suların tekrar kullanılmasını sağlamak gibi nedenlerle yüksek hızlarla araziye tatbik edilir. Bunun için de sızdırma havuzları ya da yağmurlama metodu kullanılır. Hızlı infiltrasyon sisteminin genel akım şeması şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Hızlı İnfiltrasyon Sisteminin Genel Akım Şeması (Filibeli, 1996)

Arazi üzerinden akıtma yönteminde atıksular ön arıtmadan geçirilerek bir yamaçtan aşağı akıtılır. Eğimli arazi üzerinden aşağı akarken bitki örtüsü üzerinden geçen atıksular hendeklerde toplanır. Zemin nispeten geçirimsiz olup atıksu fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla temizlenmiş olur (Cengiz, 1998).

3.1.3.4. Akuatik Arıtma Sistemleri

Konvansiyonel arıtma sistemlerinin bazılarının yüksek maliyet gerektirmeleri nedeniyle daha etkin, düşük maliyetli ve çevre açısından su kirliliği kontrolüne uygun yöntemler geliştirilmesi yolundaki yaklaşımlardan bir tanesi de akuatik arıtma sistemleridir (Ökmen, 2011)

Atıksu; su ve nutrient kaynağı olarak tarımda, golf sahalarında, yeşil alanların sulanmasında arıtılmıştır. Akuatik arıtma sistemleri genel olarak Doğal sulak alanlar, Yapay sulak alanlar ve su bitkiler havuzları olarak 3'e ayrılır (Arceivala, 1998).

Doğal sulak alanlar, çoğunlukla kara ile denizin veya bir tatlı su kaynağının birleştiği yerlerde bulunurlar. Doğal sulak alanlar, bitki ve hayvan yönünden zengin ekosistemlerin korunmasında önemli rol oynarlar ve çok köklü bitkilerin yanı sıra bu alanlarda fotoplanktonlar da bulunur. Doğal sulak alanlar saz, sandalye sazı ve kamış gibi su üstüne çıkan bitki türleri ile karakterize edilirler. Yüzen ve su altında bulunan türleri de vardır (Reed vd., 1987).

Su bitkileri havuzları içinde özellikle serbestçe yüzen su sümbülleri içeren su sümbülleri havuzları ve de içinde serbestçe yüzen bitki türleri olan su mercimeği havuzları yaygın olarak kullanılır. Bu havuzlarda su bitkilerinin serbestçe yüzen makrofitlerin yaşaması teşvik edilir. Bu bitkilerin havuzlarda yetiştirilmesindeki amaç; ağır metalleri, fenoller, pestisidleri, nütrientleri vs. gidermeleri ve kaliteli arıtılmış su sağlamalarıdır. Ayrıca gaz çıkardıkları için ve besin değerleri yüksek olduğundan yeni bitki gelişmesine de yardımcı olurlar (Arceivala, 1998).

3.1.3.5. Arıtma Çamuru İşlenmesi ve Arıtımı

Atıksu arıtımı sonucu sıvı veya yarı katı halde, kokulu; uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak ağırlıkça % 0,25 ile % 12 katı madde içeren atıklar arıtma çamuru olarak nitelendirilir (Filibeli, 2002). Arıtma çamuru içinde ona kokulu karakterini veren maddeler

içermesinin yanı sıra, çoğunlukla organik maddelerin bileşimi halinde bozunma ve kokuşma eğiliminde olup önemli bir kısmı sudur (Filibeli, 1996).

Çıkan çamur hacimce büyük olup, işlenmesi ve bertarafı atıksu arıtma alanında oldukça karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Çamur probleminin karmaşık olmasının başlıca sebepleri,

- Arıtılmamış atıksu içindeki önemli miktarlarda koku veren maddeler,
- Biyolojik arıtmada oluşan ve uzaklaştırılması gereken çamurun, ham atıksu içerisindeki organik maddelerden farklı bir yapıda, bozunma ve kokuşma eğiliminde olması,
- Çamurun sadece küçük bir kısmının katı madde, büyük bir kısmının ise sudan oluşması, bu yüzden büyük hacimler işgal etmesi olarak özetlenebilir.

Arıtma tipine ve amacına göre, arıtma çamurlarının cinsleri farklılık gösterir. Bunlar;

- Çökebilen katı maddelerin oluşturduğu ön çökeltim çamurları,
- Kimyasal arıtma ve koagülasyon sonucu oluşan kimyasal çamurlar,
- Biyolojik arıtma işlemleri sonucu oluşan biyolojik çamur,
- İçme suyu arıtma işlemleri sonucu oluşan inorganik çamurlar, olarak sıralanabilir (Öztürk, 1999).

Atık bünyesinde kirleticileri üç grup altında toplamak mümkündür. Bunlar;

- Çökebilen katı maddeleri,
- Askıda katı maddeler,
- Çözülmüş katı maddeler, olarak ifade edilir.

Çamurun kaynağına bağlı olarak uygulanan arıtma işlemi ve seçilen nihai bertaraf yöntemi de farklılık gösterir. Çamurdaki suyun giderilmesi için yoğunlaştırma, şartlandırma, suyunu alma ve kurutma gibi yöntemler uygulanırken; çamur içindeki organik maddelerin giderilmesi stabilize edilmesi için ise stabilizasyon, kompostlama, termal işlemler ve dezenfeksiyon gibi yöntemler uygulanır. Evsel atıksu arıtımında en çok kullanılan yöntemler ise yoğunlaştırma, çamur çürütme ve çamurun suyunu alma işlemleridir (Yıldırım vd., 2006). Çeşitli atıksu arıtma proseslerinde oluşan çamurun bileşimi Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Arıtma çamurlarının özellikleri (İleri, 2000).

| Çamur tipi | Nem oranı (%ağırlık) | Katı oranı (% ağırlık) | Organik katılar (%kuru ağırlık) | İnorganik katılar (% kuru ağırlık) |
|---|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Ham birincil çamur | 92-95 | 8-5 | 80-60 | 20-40 |
| Düşük hızlı Damlatmalı filtre çamuru | 90-92 | 10-8 | - | - |
| Yüksek hızlı Damlatmalı filtre çamuru | 93-95 | 7-5 | - | - |
| Atık aktif çamur Prosesi | 96-97 | 4-3 | 75-62 | 25-38 |
| Çürümüş çamur | 90-93 | 10-7 | 60-45 | 40-55 |

3.1.3.5.1. Çamur Stabilizasyonu

Atıksu arıtımı sırasında oluşan, çamur veya biyokatı olarak isimlendirilen katı maddelerin çevreye herhangi bir olumsuz etkisi olmaksızın bertaraf edilmeleri gerekir. Günümüzde sıvı hayvan gübresi gibi arıtma çamurlarının da değerli bir ürün olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla ekonomik nedenlerle olduğu kadar ekolojik anlamda da arıtma çamurunun doğal çevrime geri döndürülmesi istenir (Küçükhemek, Bertay, 2005). Ham arıtma çamuru; bakteri, virüs kurt yumurtaları gibi patojenik organizmalar içerdiği gibi, çamura kokulu özelliğini veren organik maddeler de içermektedir. Bu nedenle çamura nihai bertaraf işlemleri öncesinde biyolojik, termal veya kimyasal stabilizasyon uygulanması gerekmektedir. USA ve Avrupa Birliği yönetmelikleri, arıtma çamurlarının nihai bertarafında ve arazide kullanılmasında kirleticiler için verilen sınır değerlerin uygulanmasını öngörmektedir (Ayol vd., 2007). Özellikle araziye serme uygulanmasında çamurun stabilizasyonunun sağlanması ve patojen içeriğinin azaltılması istenmektedir. Çamur stabilizasyonu, organik madde içeriğinin azaltılmasını (aerobik veya anaerobik çürüme) veya organik madde bozunabilirliğinin engellenmesini (kireç stabilizasyonu) sağlayan arıtma kademeleri ile elde edilir. Patojen giderimi ise yüksek sıcaklık veya pH koşullarını sağlayan arıtma kademeleri ile gerçekleştirilir (Huyard, 2000).

Stabilizasyon terimi yaygın olarak kullanılır ve anlaşılır bir terimdir, fakat tanımlanması oldukça güçtür. Stabilizasyon için birçok tanımlamalar olmasına rağmen kısaca, çevreye herhangi bir zarar vermeksizin, herhangi bir kötü koku yaratmaksızın bertaraf edilebilen çamur stabil çamur olarak tanımlanabilir (URL 8).

Çamur stabilitesini ölçümlemek için dikkate alınması gerekli parametreler aşağıda açıklanmaktadır. Arıtma çamurları;

- Patojenleri gidermek,
- İstenmeyen kokuları gidermek,
- Potansiyel bozulmayı azaltmak, inhibe etmek veya durdurmak

amacıyla stabilize edilirler. Bunları sağlayabilme başarısı, çamurun uçucu veya organik kısmı üzerinde stabilizasyon işleminin etkisi ile ilişkilidir. Stabilizasyon işlemleri sırasında bu istenmeyen koşulları gidermek;

- 1) Uçucu kısmın biyolojik indirgenmesi ile,
- 2) Uçucu maddenin kimyasal oksidasyonu ile,
- 3) Mikroorganizma gelişimini engellemek için çamura kimyasal madde ilavesi ile,
- 4) Çamuru dezenfekte etmek veya sterilize etmek için ısı işlem uygulanması ile sağlanır.

Stabilizasyon işlemi tasarlandığında, arıtılacak olan çamur miktarı ve stabilizasyon prosesinin diğer arıtma üniteleri ile uyumu önemlidir. Çamur stabilizasyonu için kullanılan yöntemler;

- Kimyasal yöntemler: kireç stabilizasyonu
- Biyolojik yöntemler: aerobik çürüme, anaerobik çürüme, kompostlama
- Termal yöntemler: ısı işlem

3.1.3.5.2. Anaerobik Çürüme

Anaerobik çürüme, çamur stabilizasyonu için kullanılan moleküler oksijen yokluğunda organik ve inorganik maddelerin parçalanması işlemi olarak tanımlanabilir.

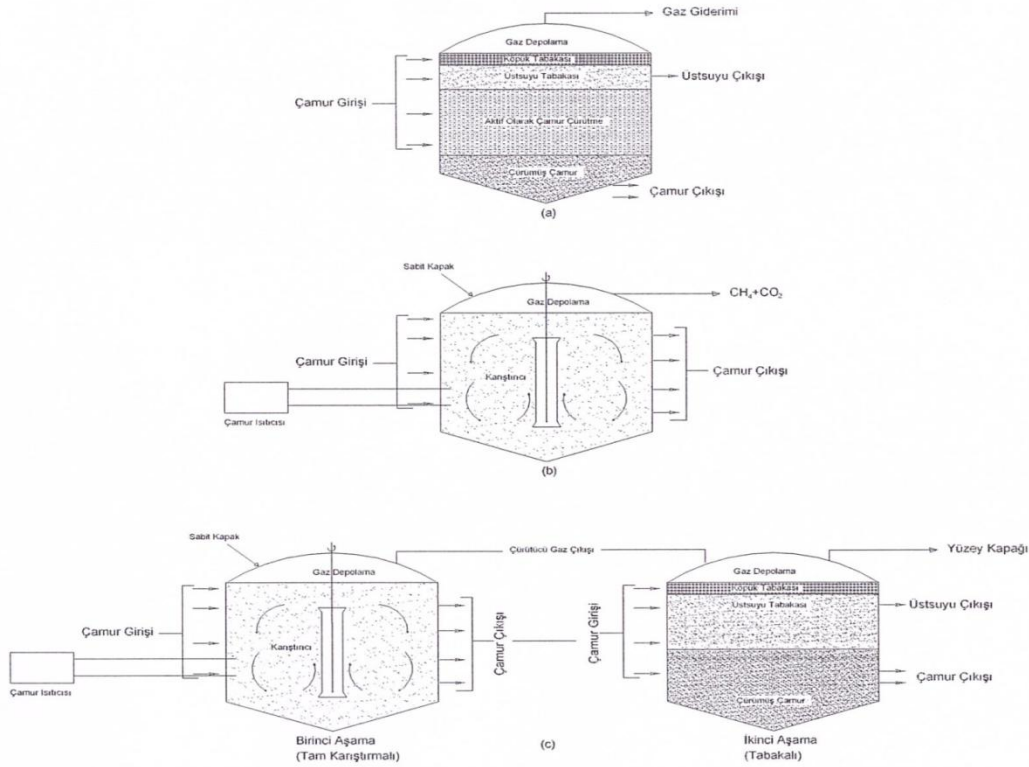
Anaerobik çürütme ile uçucu katı maddelerin %50'si giderilir, koku azaltılır ve önemli oranda patojen giderimi sağlanır ve böylece çürümüş çamur doğrudan araziye verilebilir, kurutma yataklarında suyu alınabilir veya mekanik olarak suyu alındıktan sonra nihai bertarafı yapılır (İleri, 2000).

Anaerobik çürüme işleminde, ön çökeltim çamurları ve biyolojik çamurlardaki organik maddeler, anaerobik koşullar altında biyolojik olarak CH_4 ve CO_2 'e dönüşür. Çürüme işlemi hava girişinin önlendiği kapalı bir reaktörde gerçekleştirilir. Sürekli olarak veya ara ürün olarak oluşan çamur, çeşitli süreler içinde reaktörde alıkonulur. Stabilize olan çamur ise reaktörden sürekli olarak veya kesikli olarak çekilir. Anaerobik çürüme bir seri organizma grubu tarafından yürütülen bir biyolojik bozunma işlemidir (Filibeli, 1996).

Yaygın olarak kullanılan anaerobik çürütücüler:

- Standart hızlı tek kademeli çürütücüler
- Yüksek hızlı tek kademeli çürütücüler
- Yüksek hızlı iki kademeli çürütücüler

Tipik anaerobik çürütücüler Şekil 19'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Tipik Anaerobik Çürütücüler: a) Klasik standart hızlı tek kademeli proses, b) Yüksek hızlı, tam karışım, tek kademeli proses, c) İki kademeli proses (Metcalfe ve Eddy, 1991).

3.1.3.5.3. Aerobik Çürüme

Çeşitli arıtma işlemlerinden gelen organik çamurların biyolojik stabilizasyonu için kullanılan bir prosestir. Havasız çürütmeye alternatif olarak, atık aktif çamur havalı olarak

da çürütülebilir. Atık aktif çamur ayrı bir tank içine alınır ve birkaç gün süre ile havalandırılır. Böylece çamur içindeki uçucu katı maddeler biyolojik olarak stabilize olur. Sonuçta oluşan çamur “havalı çürük çamur” adını alır.

Aerobik çürüme aktif çamur prosesine benzer. Ortamda mevcut besi maddesi miktarı azalırken, mikroorganizmalar hücre bakım reaksiyonları için gerekli olan enerjiyi elde etmek üzere kendi hücrelerini yiyip bitirmeye başlarlar. Hücre dokusu; aerobik ortamda su, karbondioksit ve nitrata oksitlenir (Arceivala, 1998).

Havalı çürütmenin üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Uçucu katı madde (UKM) giderimi havasız çürütme ile elde edilene yakındır.
- Substrattaki BOİ konsantrasyonları oldukça düşüktür.
- Kolayca bertaraf edilebilecek kokusuz, humusa benzer, biyolojik olarak kararlı ürün elde edilir.
- Oluşan çamurun susuzlaştırma karakteristikleri çok iyidir.
- Çamurun gübre değeri yüksektir.
- İşletme problemleri azdır.
- Yatırım maliyetleri düşüktür.

3.1.3.5.4. Yoğunlaştırma

Birincil, fazla aktif çamur, damlatmalı filtre humusu veya karışık çamurların (birincil çamur + aktif çamur) katı içeriği, çamur özelliğine, çamur giderim ve iletim yöntemine ve işletme metoduna bağlıdır. Yoğunlaştırma, çamur karışımındaki sıvıyı gidererek katı içeriğinin artırılması işlemidir. İkincil çöktürme tankından pompalanan %0.8 katı içeren fazla aktif çamur, yoğunlaştırıcıda %4 katı konsantrasyonuna kadar yoğunlaştırılır, yani çamur hacminde 5 kez azalma sağlanır. Yoğunlaştırma genellikle graviteli, flotasyonlu, santrifüjlü ve graviteli bant filtre gibi fiziksel yollarla olur (Metcalf ve Eddy, 1991).

3.1.3.5.5. Çamurun Suyunun Alınması

Su alma işlemi, çamurun su içeriğinin azaltılması için kullanılır ve çamurun suyunu almak için kullanılmaktadır. Stabilizasyon işlemlerinden sonra elde edilen çamurlar, çamur kurutma yataklarında kurutulurlar. Kurutma işleminden sonra da, nihai bertaraf amacıyla düzenli depolama sahalarına gönderilirler veya tarımsal amaçlı gübre olarak toprakta kullanılırlar. Çamurun suyunu almak için basta çamur kurutma yatakları olmak üzere;

çamur tarlaları, çamur lagünleri, vakum filtreler, plakalı ve bantlı pres filtreler, santrifüjler prosesleri de kullanılmaktadır.

Çamur kurutma yataklarının en önemli avantajları maliyetinin düşük olması, işletilmeleri için özel bir itina gerektirmemesi ve elde edilen çamur kekinin katı madde içeriğinin yüksek olmasıdır (Filibeli, 1996).

3.1.4. İleri Arıtma

İleri atıksu arıtma teknolojisi klasikleşmiş ikincil arıtma yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda gerekli olur, ikincil arıtma ile giderilemeyen kirleticiler azot, fosfor yada ağır metaller gibi anorganik maddeler olabildiği gibi, sentetik organik maddeler ya da renk, koku bulanıklık gibi parametreler de olabilir, ileri arıtma alıcı ortamın kirlenmesini önlemeye yönelik alıcı ortam ya da deşarj standartlarının sağlanamaması durumunda standartları sağlama amacıyla ya da atıksuyun yeniden kullanılabilmesi amacıyla uygulanabilmektedir. İleri arıtma ikincil arıtmadan sonra ya da ikincil arıtma yerine kullanılabilir (Türkman, 2007)

Ülkemizde henüz klasikleşmiş ikincil arıtmanın bile yaygınlaşmadığı göz önüne alınırsa, ileri arıtma yöntemlerini uygulamanın gereksiz ya da lüks olduğu düşünülebilir. Ancak bir arıtma tesisi kurulurken belli bir hedef gerçekleştirilecekse ve bu hedef ikincil arıtma ile sağlanamıyorsa, ileri arıtma yöntemlerinin kullanılması zorunlu olacaktır.

İleri ve/veya son arıtma genelde, klasik biyolojik arıtmadan çıkan atıksuyun kalitesini daha fazla iyileştirmek için uygulanan arıtma olup, burada, azot ve fosfor giderme, filtrasyon, adsorpsiyon, dezenfeksiyon, iyon değiştirme, ultrafiltrasyon, ters osmoz ve kimyasal çöktürme metotları verilmektedir (Azman, 2005).

4. TUNCELİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİS VE ÜNİTELERİ

Uzun çayır baraj gölü ve Munzur Irmağı Tunceli su kaynakları açısından önemli bir yere sahiptir. Yetersiz altyapıya sahip, kontrolsüz kentleşmenin etkilerinden baraj gölünü korumak ve gelecekte de bu su kaynağından verimli olarak yararlanabilmek gayesiyle Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi 2013 yılında işletmeye alınmıştır.

Tesiste seçilen proses ve arıtma sistemi fiziksel + biyolojik arıtma sağlanmaktadır. Uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi ile arıtım yapılmaktadır. Azot giderimi hedeflendiğinden havuz tipi oksidasyon hendeği şeklindedir.

İller Bankası A.Ş. tarafından Resmi olarak elde edilen veriler dâhilinde bulunan nüfus yoğunluğuna paralel olarak hesaplanan kirlilik yükleri ile birlikte gerekli hidrolik hesaplamalar ve statik, betonarme hesaplamalar ile aşağıda belirtilen üniteler inşa edilmiştir.

Tablo 4.1. Kademelere göre Tunceli İli Nüfusu

| | 1. Kademe | 2. Kademe |
|--------------|-----------|-----------|
| Nüfus (kişi) | 37,030 | 53,740 |

Tablo 4.2. İller Bankası projelendirmede esas alınan debiler

| Projelendirmeye Esas Debiler | 1. Kademe (2021) | | 2. Kademe (2041) | |
|---------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| | (m ³ /saat) | (lt/sn) | (m ³ /saat) | (lt/sn) |
| Ortalama Debi Qort | 241,54 | 67,1 | 362,04 | 100,57 |
| Proje Debisi Qpro | 373,8 | 103,83 | 579,57 | 160,99 |
| Maksimum Debi Q _{maks} | 445,21 | 123,67 | 697,04 | 193,62 |
| Minimum Debi Q _{min} | 175,11 | 48,36 | 251,54 | 69,87 |

Tablo 4.3. İller bankası atıksu kalitesi ve organik yükleri parametre

| Atıksu Kalitesi ve Organik Yükleri Parametre | 1. Kademe (2021) | | 2. Kademe (2041) | |
|--|------------------|---------|------------------|---------|
| | (kg/gün) | (mg/lt) | (kg/gün) | (mg/lt) |
| BOİ5 | 1,714 | 298 | 2,488 | 288 |
| Toplam Azot | 305 | 53 | 442 | 51 |
| Toplam Fosfor | 114 | 20 | 166 | 19 |
| Askıda Katı Madde | 2,666 | 463 | 1,871 | 448 |

4.1. Kaba ızgaralar:

Izgara ünitesinde 1 adet mekanik halatlı tip kaba ızgara ve by-pass hattında 1 adet manuel kaba ızgara bulunmaktadır. 50 mm den büyük parçalar bu üniteye toplanıp uzaklaştırılır (Şekil 21)



Şekil 4.2. Kaba ızgaralar

4.2. İnce Izgara

Atıksu içerisinde bulunan 10 mm'den büyük katı parçaları ortamdaki uzaklaştırmak amacıyla kullanılır. Izgara genişliği 90 cm'dir ve ince ızgara temizleme şekli mekanik olmakta ve burada tutulan atıklar bant konveyör ile çöp konteynırlarına alınarak uzaklaştırılır (Şekil 22).



Şekil 4.3. İnce ızgaralar

4.3. Venturi Savak

Khafagi-Venturi modeli kullanılmaktadır. Suyu kanal gerisinde yükselterek, su yüksekliğini ölçüm prensibine dayanan ultrasonik seviye ölçüm cihazı ile koordineli bir şekilde çalışarak tesise gelen atıksu debisini ölçer (Şekil 23).



Şekil 4.4. Venturi Savağı

4.4. Havalandırmalı Kum ve yağ tutucular

İnce ızgaralardan geçen atıksu, hava kabarcıklı difüzör borularla donatılmış olan kum tutucu yapısına girmektedir. Hava Blower odasında bulunan 2 asil + 1 yedek blowerlardan sağlanır. Dibe çöken kum, gezer köprüye bağlanmış dip sıyırıcılar sayesinde konik kum toplama haznesinde depolanır. Buradan da dalgıç tip kum pompaları yardımıyla kum ayırma helezonuna girerek suyundan ayrılır ve konteynıra dolarak uzaklaştırılır.

Gezer Köprü üzerindeki yüzey sıyırıcılar ise su yüzeyinde toplanan yağ ve köpüğü konik yağ haznelerine sıyırır. Yağ haznesi içinde bulunan dalgıç tip yağ pompası biriken köpük ve yağı, yağ toplama variline boşaltır (Şekil 24).



Şekil 4.5. Havalandırmalı kum ve yağ tutucuları

4.5 Fosfor Giderim Havuzu

Bir adet Bio-P Giderim Ünitesi bulunmaktadır. Atıksular kum tutucudan geçtikten sonra geri devir çamuruyla karıştırılarak biyolojik fosfor ünitesine yönlendirilir. Havuzlardaki anaerobik şartların devamlılığı esastır. Havuza yerleştirilen redox metreyle oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP) ölçülerek izlenmektedir. 1 adet by-pass hattı bulunmaktadır.

Biyolojik fosfor giderimi 2 kademededen oluşur,

- Elektron alıcısız (anaerobik) ortamda fosfor salınımı
- Elektron alıcısı varlığında (anoksik ve oksik tanklar) salınan fosforun aşırısının depolanması ile

Fosfor salınımının gerçekleşmesi için giriş suyundaki kolay ayrışabilir çözülmüş organik karbonun hücre içinde depolanması gerekmektedir. Elektron alıcısı bulunduğu mikro organizma faaliyetlerinin devamı için depo karbonu kullanılacak ve yeniden ATP üretimi için aşırı fosfor depolanması gerçekleşecektir (Şekil 25).



Şekil 4.6. Fosfor giderim havuzu

4.6 Havalandırma Havuzu

Uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi ile arıtım yapılmaktadır. Havuz geometrisi oksidasyon hendeği olarak tasarlanmıştır. Her bir havalandırma ünitesi havuzları oksik (havalı) ve anoksik (bağlı oksijenli) kısımları bulunan, seri bağlı 4 havuz olarak projelendirilmiştir. Son havalandırma havuzu 2. kademe için inşaa edilecektir. Bu havuzlar gelen debiye göre gerektiğinde birbirinden bağımsız çalışabilmektedir.

Biyolojik arıtma, nitrifikasyon ve denitrifikasyon olarak iki kademe gerçekleştirilmektedir. Nitrifikasyon için gerekli hava miktarı sağlanarak giriş suyundaki amonyum azotu nitrat azotuna çevrilmekte ve oluşan nitrat BOİ giderimi için elektron alıcısı olarak kullanılmaktadır. Her havuzda 2 oksik bölge bulunmakta ve sistem piston akış prensibine göre ilerlemektedir. Bu sayede oksik bölgede oluşan nitratlı su anoksik bölgeye taşınır. Anoksik bölgede nitrat, azot gazına indirgenir. Azot giderimi tamamlanmış olur (Şekil 26).



Şekil 4.7. Havalandırma havuzu

Her tankta AKM'nin çökmesini önlemek, havalandırma yolunu uzatarak havalandırma verimini artırmak ve homojen karışım sağlamak üzere muz tipi karıştırıcılar monte edilmiştir.

Proses ünitesi kanallarının her birine, havalandırma için yüzeysel aeratörler yerleştirilmiştir. Havuzlardaki anoksik-oksik şartları izlemek amacıyla, havuzlarda oksijen metreler bulunmaktadır (Şekil 27).



Şekil 4.8. Yüzeysel aeratörler ve muz tipi karıştırıcılar

4.7. Çökeltme havuzu

Son çöktürme ünitelerindeki dairesel havuzlar dip ve yüzey sıyrıcıları döner yarım köprülerle teçhiz edilmiştir. Bu köprüler işletme süresince sürekli çalışmakta, çöken çamur dip sıyrıcılarıyla ortadaki çamur toplama konisine iletilmektedir. Yüzeyde biriken köpükler de yüzey sıyrıcılarıyla köpük toplama haznelerinde toplanmaktadır. Dip sıyrıcıları bakım kolaylığı açısından parçalara ayrılabilir tiptedir (Şekil 28).



Şekil 4.9. Çökeltme havuzu

4.8. Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

Mekanik yoğunlaştırıcıdan % 4 katı madde oranına sahip şartlandırılmış çamur belt filtre presten geçerek %20 katı madde oranına sahip olarak çıkmaktadır. Çıkan katı çamur bir bant konveyör sayesinde çamur helezonuna taşınır. Helezon sayesinde çamur

yüklemeleri kolay bir şekilde yapılmaktadır. Geri yıkamadan ve mekanik yoğunlaştırıcıdan gelen yüksek kirletici yüklü sular, süzüntü suyu pompa istasyonuna iletilir (Şekil 29).



Şekil 4.10. Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

4.9. Süzüntü Suyu Pompa Ünitesi

Çamur susuzlaştırma ünitesinden gelen yüksek nütrient içeren sular buradan bir pompa vasıtası ile kum ve yağ tutucu çıkışına basılır. Buradan da sisteme geri verilerek arıtımı sağlanmış olur (Şekil 30).



Şekil 4.11. Süzüntü suyu pompa ünitesi

4.10. Çıkış Ünitesi

Çıkış ünitesindeki suyu savak vasıtasıyla yükselterek, su yüksekliğini ölçüm prensibine dayanan ultrasonik seviye ölçüm cihazı ile tesise çıkan arıtılmış suyun debisi ölçer. Ayrıca bir adet otomatik numune alma cihazı ile numune alınmaktadır (Şekil 31).



Şekil 4.12. Çıkış ünitesi

Tablo 4.4. Arıtılmış su kalitesi parametreleri

| Arıtılmış Su Kalitesi Parametreleri | Birim | Max Değer | Çıkış suyu değerleri ortalaması |
|--|--------------|------------------|--|
| BOİ ₅ | mg/lt | 45 | 20 |
| COİ | mg/lt | 120 | 15 |
| Azot | mg/lt | 15 | 3 |
| Fosfor | mg/lt | 2 | 1 |
| AKM | mg/lt | 45 | 15 |
| pH | - | 06 - 09 | 8,2 |

5. METARYAL METOT

5.1. Atıksu Miktarı

Atıksu karakteristikleri debi ve atıksu özellikleri ile ilgilidir. Bu karakteristikler bu bölgede kullanılan su miktarı ile sanayi ve ticaret faaliyetleri ile de bağlıdır. Yağışlı havalarda önemli miktarlarda drenaj ve sızıntı su kanallarına girer. Drenaj ve sızıntı suları, kanal ağının durumuna, çatlak ve arızalı boru kısımlarına, boru bağlantılarına, kaçak yağmur suyu bağlantılarına ve yeraltı su seviyesine bağlıdır.

Su sarfiyatları ile atıksu kanallarında akan su debileri arasında bir ilişki vardır. Çünkü netice olarak kullanılan su, atıksu haline dönüşmektedir.

Tablo 5.1. Günde kişi başına düşen su ihtiyacı (Gedik, 2008)

| Nüfus | Max Su Sarfıyatı (lt / kişi.gün) |
|--------------|-------------------------------------|
| 3000 e kadar | 90 |
| 3001-5000 | 90-100 |
| 5001-10000 | 100-120 |
| 10001-30000 | 120-150 |
| 30001-50000 | 150-180 |
| 50001-100000 | 180-250 |

Tesise gelecek olan atıksu miktarı, kentin ihtiyacı olan içme suyu ihtiyacı hesaplanarak yer altı suyu sızma debisi ve baca kapaklarından gelen yağmur suyu da hesaplanarak belirlenecektir.

5.1.1. Evsel Kullanım Atıksuyu

Kentin içme suyu ihtiyacı belirlenerek bu suyun %80'inin atıksu olarak kanalizasyona verileceği kabul edilecektir. Tablo 9'da belirtildiği gibi, kentin içme suyu ihtiyacı 180 Lt/kişi.gün kabul edilmiştir. Buna göre içme suyu tüketimi aşağıdaki gibidir. Projelendirmeye esas nüfuslar Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Projelendirme esas nüfus dağılımları

| Yer | Veriler |
|-----------------------------|--------------------|
| Tunceli merkez ¹ | 31 469 kişi |
| Üniversite ² | 4 059 kişi |
| Askeriye ³ | 15 000 kişi |
| Toplam | 50 528 kişi |

1: TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Veri Tabanı Veri Tabanı

2: Tunceli Üniversitesi Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı

3: İller Bankası Tunceli Merkez Kanalizasyon Merkez Kesin Projesi Açıklama Raporu S.48

$$Q_{\text{ihtiyaç}} = 50\,528 \text{ kişi} \times 0,180 \text{ m}^3/\text{kişi.gün} = 9095,04 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Kanalizasyon hattına kullanılan suyun %80'lik kısmı ulaşacağı kabul edilirse evsel atıksu miktarı,

$$Q_{\text{evsel}} = 9095,04 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,80 = 7276,03 \text{ m}^3/\text{gün}$$

5.1.2. Yeraltı Suyu sızma debisi

Proje debisinde sızma debisi olarak İller Bankası Elazığ Bölge Müdürlüğüne 18-19.04.2005 tarihinde yapılan etüt çalışmaları neticesinde hazırlanan "Tunceli (merkez) Belediyesi Kanalizasyon Arıtma Tesisi ve Kanalizasyon Şebekesi Projesi Ön Etüt Raporu" nun yeraltı suyu sızma debisi hesabı kısmında verilen 15 l/s dikkate alınacaktır.

$$Q_{\text{yeraltısuyu}} = 15 \text{ l/s} = 1296 \text{ m}^3/\text{gün}$$

5.1.3. Yağmur suyu sızma debisi

Maksimum debi hesaplanmasında evsel atıksu debisinin %10'luk kısmı kadarının baca kapaklarından ve binaların kaçak olarak bağlanmış yağmur suyu borularından giren debi dikkate alınacaktır. Buna göre;

$$Q_{\text{yağmur}} = 7276,03 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,1 = 727,603 \text{ m}^3/\text{gün}$$

5.1.4. Sanayi Kaynaklı Atıksu Debisi

Sanayi bölgelerinden gelen atıksu debisinin bulunması, sanayi bölgelerinde hektar başına debi alınması ile hesaplanır. Hektar başına 0,5-1 lt/s.ha'lari arasında bir değer seçilir (Mert,2011). Buna göre;

$$Q_{\text{sanayi}} = 0,5 \text{ lt/s.ha} \times 2 \text{ ha} = 1 \text{ lt/s} = 86,4 \text{ m}^3/\text{gün}$$



Şekil 5.1. Tunceli Sanayii Sitesi

5.2. Projelendirmeye Esas Atıksu Debi Hesabı

İller Bankası Şartnamesi dikkate alınarak, tesis ünitesinin boyutlandırılmasında kullanılacak debiler aşağıdaki eşitliklerden hesaplanacaktır.

$$Q_{\text{toplam}}, Q_{\text{top}} = Q_{\text{evsel}} + Q_{\text{yeraltısuyu}} + Q_{\text{sanayi}}$$

$$\text{Ortalama Debi, } Q_{\text{ort}} = (Q_{\text{evsel}} / 24) + (Q_{\text{yeraltısuyu}} / 24) + (Q_{\text{sanayi}} / 8)$$

$$\text{Proje Debisi, } Q_{\text{pro}} = (Q_{\text{evsel}} / n_1) + (Q_{\text{yeraltısuyu}} / 24) + (Q_{\text{sanayi}} / 8)$$

Tablo 5.3. Nüfusa bağlı n_1 değerleri

| Nüfus | <1000 | 1000-10000 | 10001-100000 | 100001-1000000 | >1000000 |
|-------|-------|------------|--------------|----------------|----------|
| n_1 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18-20 |

$$\text{Maksimum debi, } Q_{\text{max}} = (Q_{\text{evsel}} / 12) + (Q_{\text{yağ}}/24) + (Q_{\text{yer}}/24) + (Q_{\text{end}}/8)$$

$$\text{Minimum debi, } Q_{\text{min}} = (Q_{\text{ev}}/37) + (Q_{\text{yer}}/24)$$

$$Q_{\text{top}} = 7276,03 + 1296 + 86,4$$

$$= 8658,43 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{ort}} = (7276,03 / 24) + (1296 / 24) + (86,4 / 8)$$

$$= 367,97 \text{ m}^3/\text{h} = 102,21 \text{ lt/s}$$

$$Q_{\text{pro}} = (7276,03 / 14) + (1296 / 24) + (86,4 / 8)$$

$$= 584,5 \text{ m}^3/\text{h} = 162,37 \text{ lt/s}$$

$$Q_{\text{max}} = (7276,03 / 12) + (727,603 / 24) + (1296 / 24) + (86,4 / 8)$$

$$= 701,45 \text{ m}^3/\text{h} = 194,84 \text{ lt/s}$$

$$Q_{\text{min}} = (7276,03 / 37) + (1296 / 24)$$

$$= 250,65 \text{ m}^3/\text{h} = 69,62 \text{ lt/s}$$

Tablo 5.4. Debi Miktarlar

| Projelendirmeye Esas Debiler | Hesaplanan | |
|---------------------------------|--------------------|--------|
| | m ³ / h | lt / s |
| Ortalama debi Q _{ort} | 367,97 | 102,21 |
| Proje debisi Q _{pro} | 584,5 | 162,37 |
| Maksimum debi Q _{max} | 701,45 | 194,84 |
| Minimum debi Q _{min} | 250,65 | 69,62 |

5.3. Atıksu Kalitesi ve Özellikleri

Proses hesaplarında arıtılacak atıksuyun kalitesinin belirlenmesi zorunludur. Bu amaçla gerekli nüfusa bağlı olarak oluşan kirlilik yüklerinin ‘Çevre ve Orman Bakanlığının 20 Mart 2010 Cumartesi Günü 27527 Sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’ konulu yayımdan yola çıkılarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.5. Nüfusa bağlı olarak oluşan kirlilik yüklerinin

| Nüfus aralığı | COİ (g/kişi-gün) | BOİ (g/kişi-gün) | AKM (g/kişi-gün) | TN (g/kişi-gün) | TP (g/kişi-gün) |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 2000- 10000 | 55 | 40 | 35 | 5 | 0.9 |
| 10000-50000 | 75 | 45 | 45 | 6 | 1.0 |
| 50000-100000 | 90 | 50 | 50 | 7 | 1.1 |

5.3.1 Organik Kirlilik Miktarı

BOİ₅ Miktarı;

$$BOİ_{5(\text{evsel})} = 50\,528 \text{ kişi} \times 50 \text{ g / kişi. gün} = 2526,4 \text{ kg/ gün}$$

BOİ₅ konsantrasyonu

$$(2526,4 \text{ kg / gün}) / (8658,43 \text{ m}^3/\text{gün}) = 0,291 \text{ kg/ m}^3 = 291 \text{ mg/lt}$$

COİ Miktarı;

$$COİ = 50528 \text{ kg/ gün} \times 90 \text{ g / kişi.gün} = 4547,52 \text{ kg/ gün}$$

COİ konsantrasyonu

$$(4092,66 \text{ kg / gün}) / (8658,43 \text{ m}^3/\text{gün}) = 0,473 \text{ kg/ m}^3 = 473 \text{ mg/lt}$$

Azot Miktarı;

$$TKN_{\text{eşdeğer}} = 50528 \text{ kişi} \times 0,007 \text{ kg/kişi.gün} = 353,7 \text{ kg/gün}$$

Azot konsantrasyonu

$$(353,7 \text{ kg/gün}) / (8658,43 \text{ m}^3/\text{gün}) = 0,041 \text{ kg/m}^3 = 41 \text{ mg/lt}$$

Fosfor miktarı;

$$P = 50528 \times 0,0011 \text{ kg/kişi.gün} = 55,58 \text{ kg/gün}$$

Fosfor konsantrasyonu

$$(55,58 \text{ kg/gün}) / (8658,43 \text{ m}^3/\text{gün}) = 0,0064 \text{ kg/m}^3 = 6,4 \text{ mg/lt}$$

Askıda katı madde miktarı;

AKM yükü evsel kullanımlar için 50 gr/kişi.gün olarak kabul edilerek hesaplanacaktır.

$$AKM = 50528 \text{ kişi} \times 0,05 \text{ kg/kişi.gün} = 2526,4 \text{ kg/ gün}$$

AKM konsantrasyonu

$$(2526,4 \text{ kg/gün}) / (8658,43 \text{ m}^3/\text{gün}) = 0,292 \text{ g/m}^3 = 292 \text{ mg/lt}$$

6. ATIKSU ARITIM TESİSİNİN BOYUTLANDIRILMASI

6.1. Dengeleme Havuzu

Arıtma tesislerinde dengelemenin amacı, atıksu karakteristiklerindeki değişiklikleri minimize ederek, arıtma kademelerinde optimum şartları sağlamaktır. Dengeleme ünitesinin boyutu ve tipi, atıksuyun miktarı ve değişimi ile ilgilidir. Dengeleme tankı, atıksu debisindeki farklılıkları ve üretimden dolayı zaman zaman atılan veya istemeyerek dökülen bazı konsantrasyon atıksu akımlarını biriktirebilecek boyutta tasarlanmalıdır. Dengeleme ünitesinde, konsantrasyonun dengelenmesi ve çökelmenin önlenmesi amacıyla karıştırma uygulanır. Buna ilaveten karıştırma ve havalandırma ile yükseltgenebilen maddelerin ve BOİ'nin kısmi oksidasyonu da gerçekleşmektedir. Dengeleme havuzlarında atıksu bileşiminin homojen hale getirilmesi ve katı maddelerin çökmesinin engellenmesi için karıştırma işlemi uygulanabilir. Dengeleme tanklarında karıştırma, giriş akımının dağıtımı ve perdeleme, türbinlerle karıştırma, difüzörle havalandırma ve mekanik havalandırıcılarla havalandırma gibi tekniklerle yapılmaktadır. Atıksu debisi gözönüne alındığında, dengeleme havuzlarının hacimlerine günlük maksimum ve minimum atıksu debilerini dengeleyecek şekilde karar verilir. Bunun dışında dengeleme havuzları özellikle ardışık kesikli reaktör (AKR) gibi kesikli çalışan sistemlerin uygun işletilmesinde de kullanılabilir.

Dengeleme Havuzu Tasarımı

Dengeleme havuzu 2 saatlik süre için tasarlanmıştır.

$$Q=701,45\text{m}^3/\text{h}$$

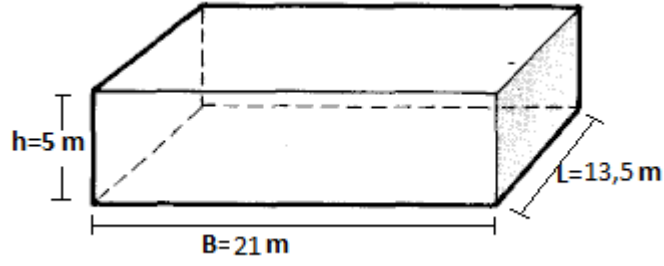
$$\text{Hacim: } V=Q \times t = 701,45 \times 2 = 1402,9 \text{ m}^3$$

$$h=5 \text{ m kabul edilmiştir. Alan: } A=V/h=1402,9 / 5= 280,58 \text{ m}^2$$

Boyutların belirlenmesinde $B = 1.5 \times L$ kabul edilmiştir.

$$A = B \times L = 1.5 \times L^2 \Rightarrow 280,58 = 1,5 \times L^2 \Rightarrow L = 13,13 \text{ m} \approx 13,5 \text{ m alındığında}$$

$$B=20,25 \approx 21\text{m}$$

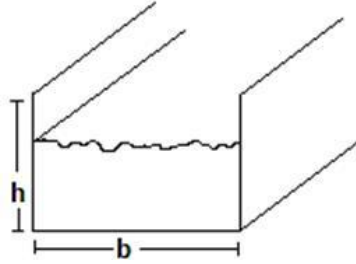


Şekil 6.1. Dengeleme havuzu

6.2. Ön Arıtma Üniteleri

Pompalarla tesise gelen atıksu, ön arıtma ünitelerinden geçirilerek fiziksel mekanizmalarla içerisindeki ayrışabilir parçacıklardan arındırılacaktır. Ön arıtmada atıksudaki kâğıt, paçavra, plastik, metal gibi iri katı maddeler ile kum, yağ, gres gibi maddelerin ayrılması işlemleri uygulanacaktır. Bu maddeler bu aşamada uzaklaştırılmadığı takdirde pompalar ve çamur giderim ekipmanlarına, vanalara ve borulara zarar vererek arıtmada problemlere yol açabilir. Bu amaçla atıksu açık kanal yolu ile ızgara ve yağ tutucu ünitesine alınır. Izgaradan sonraki açık kanalda tesise giren debiyi ölçmek amacı ile Parshall savağı projelendirilecektir.

6.2.1. Dikdörtgen kesitli Yaklaşım Kanalı



$$Q = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot A$$

n: Cidar sürtünme katsayısı. (Beton kanallar için 0,013)

J: Hidrolik eğim (0,001)

R: Islak alanın ıslak çevreye oranı

A: Islak alan

B: kanal genişliği 0,8 m alınmıştır.

$$Q = (1/0,013) \cdot [0,5h/(0,5+2h)]^{2/3} \cdot 0,001^{1/2} \cdot 0,5h$$

Maksimum debide $h_{\text{maks}} = 0,35 \text{ m}$

Minimum debide $h_{\text{min}} = 0,241 \text{ m}$ olarak bulunur.

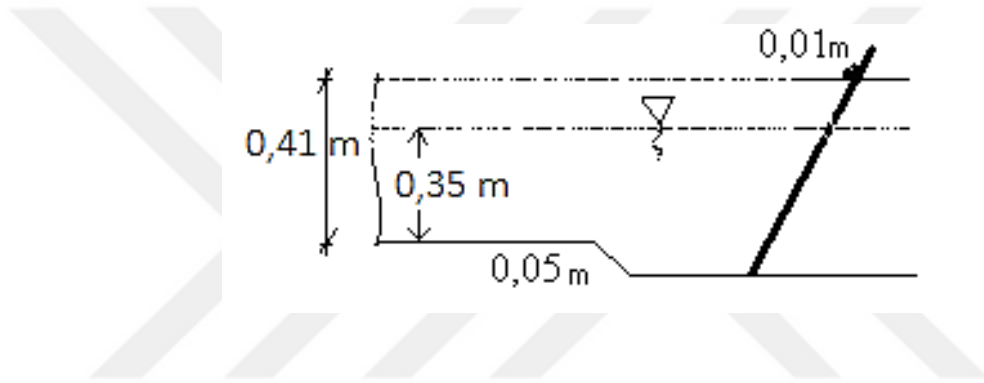
$0,4 \text{ m/sn} < V_{\text{maks}} < 3,06 \text{ m/sn}$ olması gerekir.

$V_{\text{maks}} = Q_{\text{maks}} / A = 0,642 \text{ m/sn}$ uygundur.

$0,5 \leq V_{\text{min}}$ olması gerekir.

$V_{\text{min}} = Q_{\text{min}} / A = 0,5 \text{ m/sn}$ uygundur.

6.2.2. Izgaraların Boyutlandırılması



6.2.2.1. Kaba Izgara

$$Q_{\text{maks}} = 0,194 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$h_{\text{maks}} = 0,35 + 0,01 + 0,05 = 0,41 \text{ m} \text{ (0,05 emniyet payı, 0,01 kabarma payı)}$$

$$h_{\text{min}} = 0,241 + 0,01 + 0,05 = 0,247 \text{ m}$$

$$b = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m} \text{ (İki ızgara çubuğu arasındaki boşluk)}$$

$$s = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m} \text{ (Izgara çubuğu kalınlığı)}$$

$$B = n \cdot s + (n+1) \cdot b$$

$$0,8 = n \cdot 0,01 + (n+1) \cdot 0,05 \rightarrow n = 13 \text{ adet çubuk}$$

Bu durumda $b = 0,047 \text{ m}$ olur.

L: Izgara uzunluğu

$$L = h / \sin 60 = 0,4 / \sin 60 \rightarrow L = 0,47 \text{ m}$$

Emniyet payı için 1,5 katı alınır. $0,47 \times 1,5 = 0,71 \text{ m}$

Çubuklar arası hız kontrolü

B': Izgara çubukları arası toplam boşluk.

$$B' = b \times (n+1) = 0,047 \times 14 = 0,66 \text{ m}$$

$0,4 < V < 1,02 \text{ m/sn}$ olması gerekir.

$$V_{\text{maks}} = Q_{\text{maks}} / (B' \cdot h_{\text{maks}}) = 0,194 / (0,66 \times 0,41)$$

$$V_{\text{maks}} = 0,72 \text{ m/sn} \text{ uygundur.}$$

Yük kaybı (hk)

$$h_k = \beta \times \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \times \frac{V^2}{2g} \times \sin \alpha \text{ (Kirscher formülü.)}$$

V: Izgara önündeki (yaklaşım kanalındaki) hız (m/sn)

α : Izgaranın yatayla yaptığı açı (60°)

β : Şekil faktörü (Izgara çubukları dikdörtgen olduğu için $\beta=2,42$)

g: Yerçekimi ivmesi ($9,81 \text{ sn/m}^2$)

$$h_k = 2,42 \times (0,01/0,05)^{4/3} \times (0,69)^2 / (2 \times 9,81) \sin 60^\circ$$

$$h_k = 0,0059 \text{ m} \approx 0,006$$

Izgara mansabındaki su yüksekliği ve hızı

$$h_{\text{maks}} = 0,35 - 0,006 \rightarrow h_{\text{maks}} = 0,344 \text{ m}$$

$$V_{\text{maks}} = Q_{\text{maks}} / (B \cdot h_{\text{maks}}) = 0,194 / (0,8 \times 0,344)$$

$$V_{\text{maks}} = 0,708 \text{ m/sn}$$

6.2.2.2. İnce Izgara

$$Q_{\text{maks}} = 0,194 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$h_{\text{maks}} = 0,41 \text{ m}$$

$$B = 0,8 \text{ m}, b = 0,01 \text{ m}, s = 0,004 \text{ m}$$

$$B = n \times s + (n+1) \times b$$

$$0,8 = n \times 0,004 + (n+1) \times 0,01 \rightarrow n = 56,4 \approx n = 57 \text{ adet çubuk}$$

Bu durumda $b = 0,00986 \text{ m}$

$$L = h_{\text{maks}} / \sin 60 = 0,41 / \sin 60 \rightarrow L = 0,473 \text{ m}$$

$$\text{Emniyet payı için } 1,5 \text{ katı alınır } L = 0,473 \cdot 1,5 \rightarrow L = 0,71 \text{ m}$$

Çubuklar arası hız kontrolü

$$B' = b \times (n+1) = 0,00986 \times 58 = 0,572 \text{ m}$$

$0,4 < V_{\text{maks}} < 1,2 \text{ m/sn}$ olması gerekir.

$$V_{\text{maks}} = 0,194 / (0,572 \times 0,41)$$

$$V_{\text{maks}} = 0,831 \text{ m/sn}, \text{ uygundur.}$$

Yük kaybı

$$h_k = \beta \times \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \times \frac{V^2}{2g} \times \sin \alpha$$

$$h_k = 2,42 \times (0,005 / 0,01)^{4/3} \times (0,69)^2 / (2 \times 9,81) \times \sin 60^\circ$$

$$h_k = 0,029 \text{ m}$$

Izgara mansabındaki su yüksekliği ve hızı

$$h_{\text{maks}} = 0,35 - 0,029 \rightarrow h_{\text{maks}} = 0,321 \text{ m}$$

$$V_{\text{maks}} = Q_{\text{maks}} / (B \times h_{\text{min}}) = 0,194 / (0,8 \times 0,321)$$

$$V_{\text{maks}} = 0,755 \text{ m/sn}$$

Izgaradaki toplam yük kaybı

$$h_k = h_k(\text{kalın}) + h_k(\text{ince}) = 0,0059 + 0,029 \quad h_k = 0,0349 \text{ m}$$

6.2.2.3. Tutulan Madde Miktarı

Kaba ızgarada 2 – 3 lt / kişi.yıl seçilir, 2,5 lt / kişi.yıl alınmıştır.

$$2,5 \times 50 \times 528 \times 10^{-3} = 126,32 \text{ m}^3/\text{yıl} = 0,346 \text{ m}^3/\text{gün}$$

İnce ızgarada 5-10 lt / kişi.yıl seçilir, 8 lt / kişi.yıl alınmıştır.

$$8 \times 50 \times 528 \times 10^{-3} = 404,22 \text{ m}^3/\text{yıl} = 1,107 \text{ m}^3/\text{gün}$$

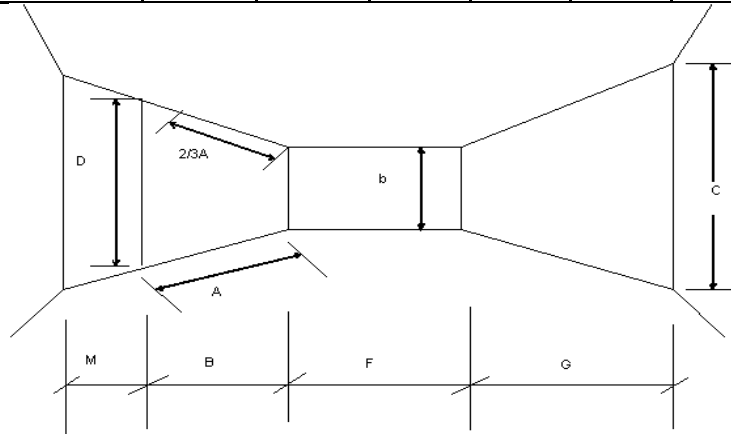
6.2.3. Parshall Savağı

Savak kanalları, açık kanallarda debi ölçümünde kullanılırlar. Genişlikleri birkaç cm ile 15m arasında, daralma kısmında ise su derinliği birkaç cm ile 2m arasında olabilir. Savak kanallarının klasik savaklara kıyasla daha düşük yük kaybı üstünlüğünün yanı sıra, kurulma ve hesaplamaların daha karmaşık olması gibi dezavantajları da vardır.

Parshall kanalı, bu tür savak kanallar arasında en geniş kullanımlı olanıdır. Parshall kanalının en önemli üstünlüğü yük kaybının düşük olması ve kendi kendini temizleme kapasitesidir. Parshall kanalı üç bölümden oluşur: Daralma bölümü, boğaz ve genişleme bölümü. Serbest akışlı ve batmış olmak üzere iki tipi mevcuttur. Parshall kanalında debi ölçümü, dikdörtgen, trapez ve U kanallarında boğazdan ve beklenen maksimum savak yükünün 3-4 katı uzaklıkta ölçülür.

Tablo 6.1. Parshall kanalı için alınan kabuller (Metcalf and Eddy 1991)

| b (m) | A (m) | 2/3A (m) | B (m) | C (m) | D(m) | F (m) | G(m) | K (m) | N (cm) |
|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| 0,152 | 0,62 | 0,413 | 0,61 | 0,397 | 0,397 | 0,305 | 0,61 | 7,61 | 11,4 |



Şekil 6.2. Venturi Kanalının Şematik Gösterimi

$$b = 0,152 \text{ m}, \quad Q_{\max} = 0,194 \text{ m}^3/\text{sn}, \quad Q_{\min} = 0,069 \text{ m}^3/\text{sn}$$

B= Venturi yaklaşım kanalı uzunluğu

$$B = 1,5 \times (Q_{\max})^{1/3} \rightarrow B = 1,5 \times (0,194)^{1/3} \rightarrow B = 0,87 \text{ m}$$

Venturi kanalından geçen debi;

$$Q = 2,27 \times b (H_A)^{3/2}, \quad H_A = (d+z) / 1,1$$

d: Kanaldaki su derinliği (m)

z: Kanal taban derinliğinin arttırılma değeri (m)

H_A: Kanalın en derin yerinde (2/3)A uzaktaki su derinliği (m)

z değeri;

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{1,1[Q_{\min}/(2,27.b)]^{2/3} - z}{1,1[Q_{\max}/(2,27.b)]^{2/3} - z} \rightarrow \frac{0,069}{0,194} = \frac{1,1[0,069/(2,27.0,152)]^{2/3} - z}{1,1[0,194/(2,27.0,152)]^{2/3} - z} \rightarrow z = 0,18 \text{ m}$$

$$d = 1,1 \left(\frac{Q_{\max}}{2,27.b} \right)^{2/3} - z \rightarrow d = 1,1 \left(\frac{0,194}{2,27.0,152} \right)^{2/3} - 0,18 \rightarrow d = 0,57 \text{ m}$$

$$\text{Islak kesit alan} = w.d = 0,8 \times 0,57 = 0,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Hız} = V = Q / A \rightarrow V = 0,194 / 0,46 \rightarrow V = 0,42 \text{ m/sn}$$

Yapılan hesapların mansap şartları bakımından kontrolü;

$$Q_{\max} = 2,27 \times b \times (10 \times N)^{2/3} \rightarrow N = 0,114 \text{ m} \rightarrow Q_{\max} = 0,376 \text{ m}^3/\text{sn}$$

0,376 > 0,194 m³/sn olduğundan akım batmış değil. Boyutlar uygun.

Akımın batmış durumda olmaması için;

$$dc + K > dc^1 \quad (K = 0,0761 \text{ m}) \quad dc^1 + M \geq de \text{ olmalıdır.}$$

$$dc = \left[\frac{q^2}{b^2 \cdot g} \right]^{1/3} \quad dc = \left[\frac{0,194^2}{0,152^2 \times 9,81} \right]^{1/3} \quad dc = 0,55 \text{ m}$$

$$dc^1 = \left[\frac{(q/c)^2}{g} \right]^{1/3} \quad dc^1 = \left[\frac{(0,194/0,49)^2}{9,81} \right]^{1/3} \quad dc^1 = 0,233m$$

$dc + K > dc^1 \rightarrow 0,55 + 0,0761 = 0,6261m > 0,233m$ olduğu için uygundur.

$$H_A = (d+z)/1,1 \rightarrow H_A = (0,55 + 0,18) / 1,1 \rightarrow H_A = 0,66 m$$

Venturi çıkış kanalı;

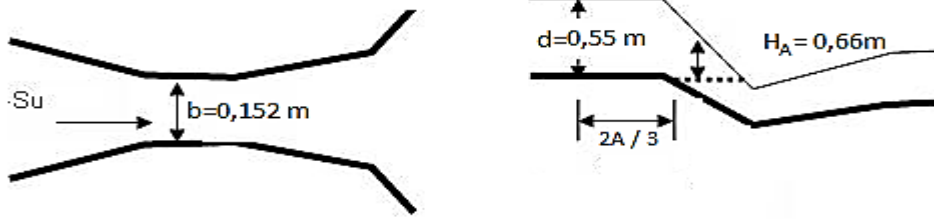
Q_{max} için çıkış kanalı genişliği 0,4 m seçilmiştir

$$Q_{max} = 1 / n \times R^{2/3} \times J^{1/2} \times A$$

$h = 0,45 m$, 'h' ile 'de' eşit olduğundan. $h=de$ alınmıştır.

$$dc^1 + M \geq de \rightarrow 0,233 + M \geq 0,45 \rightarrow M = 0,217 m$$

Venturi çıkışında kanala 0,217 m düşü verilmelidir.



Şekil 6.3. Parshall savağı

6.2.4. Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu

Atıksu arıtım tesisine gelen atıksularda bulunan kum, çakıl ve yağ gibi maddeleri suda ayırmak ve bunların arıtma tesisinin diğer ünitelerine geçmesini önlemek için kum ve yağ tutucu ünitesi projelendirilecektir. Kumun yıkanmasını ve yağların toplanmasını sağlamak bir spiral akım meydana getirmek için havuzun bir kenarı boyunca hava verilecektir. Havuz üzerinde ileri geri hareket eden bir köprü ile tabandan sıyrılan kumlar kum toplama haznesine ve burada bulunan dalgıç pompa ile kumlar kum yıkama helezona gönderilecektir. Aynı sıyrılcı köprü, yüzeyden sıyırdığı yağları da sıyrılcı hazneye toplayacak ve burada bulunan dalgıç pompa ile yağ vb. yüzen maddeler atık yağ toplama konteynırına verilecektir.

Tablo 6.2. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu boyutları (R.G, 2010)

| Veriler | Değer |
|---|----------------------------|
| Pik debide bekleme süresi(dk) | 2-5 |
| Derinlik (m) | 2,0-4,0 |
| Uzunluk (m) | 7,5-20 |
| Genişlik (m) | 2,5-7 |
| Genişlik / Derinlik | 1:1-5:1 |
| Uzunluk / Genişlik | 3:1-5:1 |
| Hava miktarı (m ³ /dk.m) | 0,186-0,465 |
| Kum mik. (m ³ /10 ³ /m ³) | 3,74.10 ⁻⁴ -0,2 |
| H / N / yıl | 5-12 |

Kum tutucu yukarıdaki tablodan yola çıkılarak genişlik/derinlik oranını 1,5:1 ve Uzunluk/genişlik oranı 4:1 alalım.

Maksimum debi için;

$$Q_{\max} = 0,194 \text{ m}^3/\text{sn}, \text{ Bekleme süresi} = t = 2 \text{ dk}$$

$$V = Q_{\max} \times t = 0,194 \times 2 \times 60 \rightarrow V = 23,28 \text{ m}^3$$

$$V = h \times 1,5h \times 6h \rightarrow 23,28 = 9h \rightarrow h = 2,6 \text{ m}$$

$$w/h = 1,5/1 \rightarrow w = 3,9 \text{ m}$$

$$L/w = 4/1 \rightarrow L = 15,6 \text{ m}$$

V_y = Yatay akış hızı ($V_y < 0,2 \text{ m/sn}$ olmalı)

$$V_y = Q_{\max} / (h \times w) \rightarrow V_y = 0,194 / (2,6 \times 3,9) \rightarrow V_y = 0,018 \text{ m/sn} \text{ uygundur.}$$

Minimum debi için;

$$V = Q_{\min} \times t = 0,069 \times 2 \times 60 \rightarrow V = 8,28 \text{ m}^3$$

$$V = h \times w \times L \rightarrow 8,28 = h \times 3,9 \times 15,6 \rightarrow h = 0,14 \text{ m}$$

$$V_y = Q_{\min} / (h \times w) = 0,069 / (0,14 \times 3,9)$$

$$V_y = 0,13 \text{ m/sn} \text{ uygundur.}$$

Gerekli Hava Miktarı

$$\text{Gerekli hava sarfıyatı} = 0,3 \text{ m}^3/\text{dk.m}$$

$$Q_{\text{hava}} = L \times \text{hava sarfıyatı} = 15,6 \times 0,3 \times 60 \rightarrow Q_{\text{hava}} = 280,8 \text{ m}^3/\text{sa}$$

250 m³/sa lik blower seçilmiştir.

Genellikle her metre yükseklik için blower basıncı 100mbar seçilmiştir.

$$2,2 \times 100 = 220\text{mbar}$$

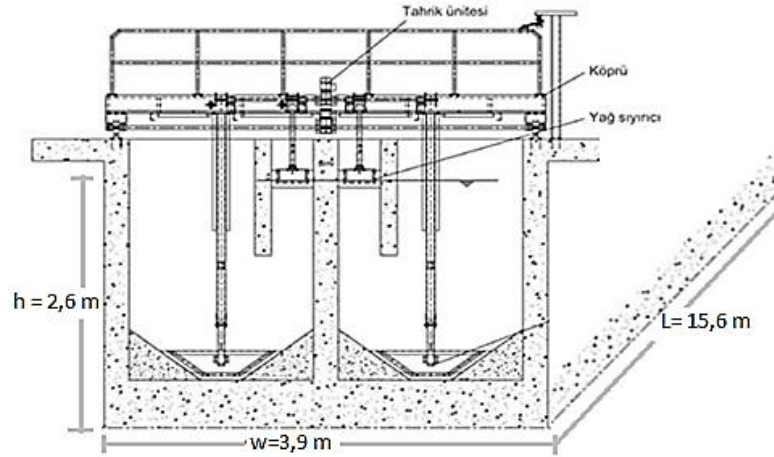
Toplanan Katı Madde Miktarı

Her 1000 m³ suda 0,004 - 0,2 m³ katı madde çöker. 0,1 m³ seçilir

$$\text{Toplam kum} = Q_{\text{max}} \times (0,1/1000) = 16834,8 \times (0,1/1000) = 1,68\text{m}^3\text{TKM/gün}$$

Tablo 6.3. Maksimum debide kum tutucu verileri

| | |
|---|----------------------------|
| Kum tutucu derinliği (m) | 2,6 m |
| Kum tutucu genişliği (m) | 3,9 m |
| Kum tutucu uzunluğu (m) | 15,6 m |
| Yatay akış hızı (m/sn) | 0,018 m/sn |
| Tutulan kum miktarı (m ³ /gün) | 1,68m ³ TKM/gün |
| Verilen hava miktarı (m ³ /sa) | 280,8 m ³ /sa |



Şekil 6.4. Kum ve yağ tutucu

6.3. Fosfor Giderim Havuzu

Metcalf & Eddy (1991) biyolojik fosfor giderimi için anaerobik bölmede bekleme süresini 0,5-2 saat arasında seçilmiştir. Buna göre fosfor giderimi için hidrolik bekleme süresi olarak 1 saat seçilmiştir.

$$V_t = Q_{\text{max}} \times t \rightarrow V_t = 701,45 \times 1 \rightarrow V_t = 701,45 \text{ m}^3$$

Havuzların boyutları, derinlik (h) = 4 m, boy(L) = 10 m, en (w) = 10 m seçilmiştir. Havuz hacmi, $V_h=4 \times 10 \times 10= 400 \text{ m}^3$ bulunur.

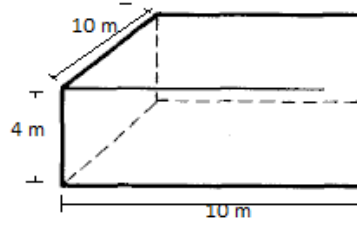
Gerekli olan havuz sayısı

$$N = V_t / V_h \rightarrow n = 701,45 / 400 \rightarrow n = 1,75 \approx 2 \text{ adet havuz gereklidir.}$$

$$V_t = 400 \times 2 = 800 \text{ m}^3$$

Bekleme süreside

$$t = 800 / 701,45 \rightarrow t = 1,15 \text{ saat} = 68,43 \text{ dakikadır.}$$



Şekil 6.5. Fosfor Giderim Havuzu

6.4. Havalandırma Havuzları

Atıksu arıtma tesisi prosesi, uzun havalandırma aktif çamur ünitesi olarak belirlenmiştir. Havuz geometrisi olarak oksidasyon hendeği seçilmiştir. Bu geometri sayesinde havuz içerisinde oluşturulacak oksik ve anoksik bölgelerde nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri gerçekleştirilerek azot giderimi de sağlanacaktır.

Tablo 6.4. Aktif çamur için Kinetik katsayıların karakteristik değerleri

| Katsayı | Temel | Dizi |
|---------|---------------|------------|
| K | d^{-1} | 2-8 |
| k_d | d^{-1} | 0,03- 0,07 |
| K_s | mg/L, BOI_5 | 40-120 |
| | mg/l, COI | 20-80 |
| Y | VSS/ BOI_5 | 0,3-0,7 |
| | VSS/ COI | 0,2-0,5 |

Giriş BOİ₅ yükü 291mg/l

Arıtmadan çıkan katı madde konsantrasyonu 20-50 mg/l arasında değişmektedir. Burada değeri 35 mg /lt alınmıştır. Bunun % 65'i biyolojik olarak parçalanabilir özelliindedir.

Çıkış suyu BOİ₅ konsantrasyonu 30 mg/l alınmıştır.

Tablo 6.5. Havalandırma tasarım kriterleri (EPA, 1977)

| Kriter | Kovansiyonel aktif çamur | Uzun havalandırma aktif çamur |
|--|--------------------------|-------------------------------|
| Tam karışımli askıdaki katı madde konsantrasyonu (MLSS) mg/l | 150- 3000* | 3000-6000 |
| Organik madde/Mikroorganizma oranı (F/M _v), kgBOİ ₅ /kg MLVSS* gün-1 | 0,2-0,4 | 0,05-0,15 |
| Mikroorganizmaların havalandırma tankında geçirdikleri ortalama zaman (çamur yaşı, O _c), gün | 5-15 | 20-30 |
| Havalandırma tankında hidrolik bekleme süresi, saat | 4-8 | 18-36 |

*MLVSS: Tam karışımli sıvıdaki askıdaki uçucu madde

Havalandırma havuzunda AKM konsantrasyonu (MLSS)=3200mg/l kabul edilmiştir.

Havalandırma havuzundaki uçucu AKM miktarının, (MLVSS), havalandırma havuzundaki

Toplam katı madde miktarına oranı (MLVSS/MLSS)=0,8 olarak alınmıştır.

Havalandırma havuzundaki uçucu AKM miktarının , $X=MLVSS=3200.0,8=2560$ mg/l

Geri devir çamurunda MLVSS, $X_r=10000$ mg/l

Çamur yaşı: $\theta=25$ gün (literatüre göre 20 ile 30 gün arasında olmalıdır)

Aktif çamur dönüşüm katsayısı;

$Y=0,4-0,8$ kg.BOİ₅ /kg.MLVSS.gün $Y=0,7$ kg.BOİ₅ /kg.MLVSS.gün alınmıştır.

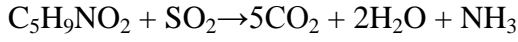
İçsel solunum hızı = $k_d = 0,04 - 0,075$ gün⁻¹ → $k_d = 0,07$ gün⁻¹ alınmıştır.

Geri devir oranı = Literatüre göre uzun havalandırma havuzları 0,75 - 1,5 arasında seçilmelidir. $R = 1$ alınmıştır.

Sıcaklık 22°C

Çıkış suyundaki AKM'nin BOİ₅ değeri = 35 x 0,7 = 24,5 mg/l

Çıkış suyundaki biyolojik olarak çözünebilir katıların nihai BOİ değeri; 1mol hücrenin BOİ değerine dönüşmesi için kullanılan oksijen;



kgO₂/kg.hücre = 160/113 = 1,42 katıdır.

çıkış suyu BOİ değeri BOİ_L = 35 x 0,7 x 1,42 = 34,8 mg/l

BOİ₅ in nihai BOİ değerine oranı 0,68 olarak alınır.

Çıkış suyundaki AKM lerin BOİ₅ değeri = 34,8 x 0,68 = 23,67mg/l

Arıtmadan çıkan BOİ₅ değeri(S)

30 mg/l = S + 23,67 mg/l → S = 6,4 mg/l

Arıtma verimi=E= [(So-S)/So] x 100

a-) Çözünmüş BOİ₅ verimi(E_s) = [(291-6,46)/291] x 100 → E_s = %97,8

b-) Tüm sistem verimi(E_T) = [(291-30)/291] x 100 → E_T = % 89,7

Havalandırma havuzunun toplam hacmi;

$$V_T = \frac{Q.Y(S_o - S)\theta_c}{X(1 + kd.\theta_c)} = \frac{16834,8 \times 0,7 \times (291 - 6,4) \times 25}{2560 \times (1 + 0,07 \times 25)} = 11909,9 \approx 11910 \text{ m}^3$$

Havalandırma sistemlerinde;

Havuz derinliği (h) = 4m, Genişliği (w) = 20m, Uzunluk (L)=43,6m alınmıştır.

Havuz hacmi = V = 4 x 20 x 43,6 = 3488m³

Havuz sayısı = n = V_T / V → n = 11910 / 3488 → n = 3,4 ≈ 4 adet havuz

Toplam havuz hacmi, V_T = 4 x 3488 = 13952 m³

Bekletme süresi = t, t > 2 saat olmalı

$$t = V_T / Q_{\text{maks}}, \quad t = 13952 / 701,45 \rightarrow t = 19,9 \text{ sa} \quad \text{uygun} \quad t = 0,83 \text{ gün}$$

Çamur yükü (F/M oranı) $F/M = 0,05-0,15 \text{ gün}^{-1}$ arasında olmalı.

$$F/M = S_o / (X \times t) = 291 / (2560 \times 0,83) \quad F/M = 0,14 \text{ gün}^{-1} \text{ uygun.}$$

Günlük tesisten atılması gereken net çamur kütlesi;

$$P_x = Y_{\text{obs}} \times Q \times (S_o - S) \times 10^{-3}$$

$$Y_{\text{obs}} = Y / (1 + k_d \times \theta_c) = 0,7 / (1 + 0,07 \times 25) \rightarrow Y_{\text{obs}} = 0,25$$

$$P_x = 0,25 \times 16834,8 \times (291 - 6,4) \times 10^{-3} \quad P_x = 1216,61 \text{ kg/gün.MLVSS}$$

$$1216,61 \times 0,8 = 975,66 \text{ kg/gün.MLVSS}$$

Sistemden atılacak çamur miktarının hesabı;

Atılacak kütle (kg/gün) = MLVSS miktarı – Çıkış suyundaki askıda katılar

$$\text{Atılacak kütle} = 975,66 - 16834,8 \times 30 \times 10^{-3} = 470,6 \text{ kg/gün}$$

Tablo 6.6. Havalandırma havuzunun Proje Değerleri

| | |
|--|-------|
| Havuz adedi | 4 |
| Bir havuzu boyu (m) | 43,6 |
| Bir havuzu eni (m) | 20 |
| Bir havuzun derinliği (m) | 4,5 |
| Bir havuzun hacmi (m ³) | 3488 |
| Toplam havalandırma havuzu hacmi (m ³) | 11910 |

Havuz Boyutlandırılırken derinlik 4 m alınmış, emniyet yüksekliği ile 4m + 0,5 m = 4,5 m olarak inşa edilmektedir.

6.5. Son Çökeltme Havuzları

Daire planlı son çökeltim havuzu tasarlanacaktır.

Havuzaya gelen debi hesaplanırken tesise gelen maksimum debi (Q_{max}) ve geri devir debisi (Q_r) toplanarak son çökeltme havuzuna gelen debi hesaplanır ve havuz bu debiye göre boyutlandırılır.

X_r : Geri devir çamurundaki MLVSS oranı, 10000 mg/lt

$$R = X / (X_r - X) \rightarrow R = 2560 / (10000 - 2560) \rightarrow R = 0,34 = \%34$$

$$Q_r = R \times Q \rightarrow Q_r = 0,34 \times 0,194 \rightarrow Q_r = 0,066 \text{ m}^3 / \text{sn} = 237,45 \text{ m}^3 / \text{sa}$$

$$\text{Havuzaya gelen debi } Q_h = Q + Q_r = 701,45 + 237,45 = 938,9 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Tablo 6.7. Çökeltme havuzu boyutlandırılırken dikkate alınan kriterler

| Kriterler | Değerler | Kabul edilenler |
|-----------------|-----------|-----------------|
| Bekletme süresi | 2-4 sa | 3,5 sa |
| Derinlik | 2.5-5 m | 3 m |
| Çap | 10 – 60 m | 20 m |

Çökeltme havuz tasarımı,

Bekletme süresini $t=3,5$ alınır;

Çap $D=20$ m, Derinlik, $h=3$ seçilmiştir.

$$\text{Toplam Hacim, } V_t = Q_h \times t \rightarrow V = 938,9 \times 3,5 \rightarrow V = 3288,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Havuz Hacmi; } V = 3 \times \pi D^2 / 4 \rightarrow V = 942,48 \text{ m}^3$$

$$\text{Havuz sayısı } = n = V_t / V \rightarrow 3288,6 / 942,48 \quad n = 3,4 \quad n = 4 \text{ adet havuz}$$

$$\text{Toplam havuz hacmi } V_T = 4 \times 942,48 = 3769,92 \text{ m}^3$$

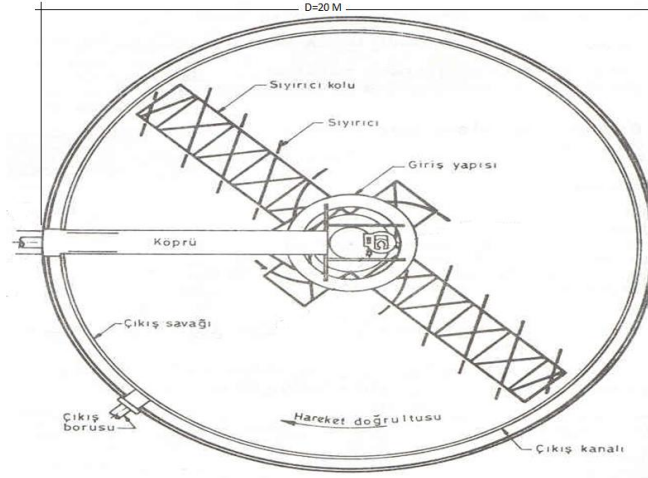
Çıkış Yapısı

$$L_{\text{savak}} = \pi(D-1) = 3,14 \cdot (20-1) = 59,66 \text{ m}$$

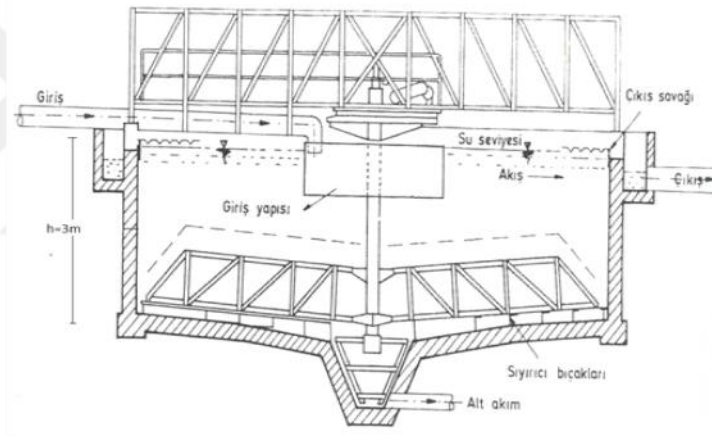
Toplam savak sayısı

Merkezden merkeze 45 cm olan 8 cm yüksekliğinde 90°'lik üçgen savak yapılacaktır.

$$n = L_{\text{savak}} / 0,45 \quad n = 59,66 / 0,45 \quad n = 132,57 = 133 \text{ adet savak}$$



Şekil 6.6. Çökeltme havuzu üstten görünümü



Şekil 6.7. Çökeltme havuzu

6.6. Dezenfeksiyon havuzu

Su kaynaklarının veya atıksu deşarjlarının dezenfeksiyonundan, patojenik organizma sayının azaltılarak bu kaynaklardan ortaya çıkabilecek risklerin minimize edilmesidir. Dezenfeksiyon işlemi ısıtma, ultraviyole, klorlama gibi yöntemlerle gerçekleştirilir. Bu yöntemler arasında klorlama yöntemi içme suyu ve atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok iyi bilinen bir teknolojidir. Bakiye klor kullanılabilir ve ilk yatırımı ucuzdur. Klor gazından daha emniyetli olan kalsiyum ve sodyum hipoklorit kullanılabilir.

20 Mart 2010 tarihli 27527 Sayılı “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği” Resmî Gazetesinin Ek 1 de belirtildiği üzere Klorlamada temas süresi olarak debide 30–120 dakika arasında bekleme süresi seçilmelidir.

$t = 60 \text{ dak} = 3600 \text{ sn}$, $Q_{\text{max}} = 0,194 \text{ m}^3/\text{sa}$

Klorlama havuzunun hacmi

$$V = Q \times t \rightarrow V = 0,194 \times 3600 = 698,4 \text{ m}^3$$

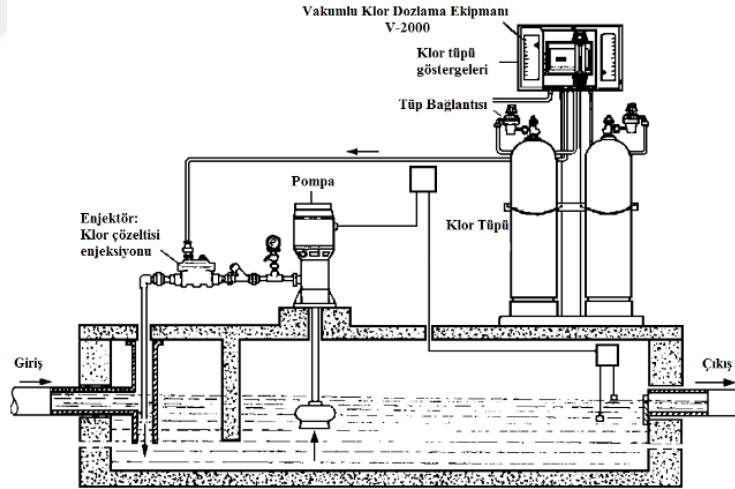
$$H = 5 \text{ m seçilir, } B = 10\text{m, } L = 14 \text{ m, } A = 698,4 / 5 = 139,68 \text{ m}^2$$

Klor gereksinimi;

Seçilen klor gereksinimi = 15 gr/m^3 Seçilen atık klor = 2 gr/m^3

Dozlama 24 saat boyunca yapılacaktır.

Günlük klor dozajı = $17 \text{ gr/m}^3 \times 0,194 \text{ m}^3/\text{sn} \times 86400 \text{ sn/gün} \times 10^{-3} \text{ kg/gr} = 284,95 \text{ kg/gün}$



Şekil 6.8. Dezenfeksiyon havuzu yan kesiti

7. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

2013 yılında faaliyete geçen Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Tunceli ili nüfusuna göre debi hesaplanarak projelendirilmiştir. İller bankası tarafından 2006 yılında yapılan projede, aritmetik nüfus artış yöntemine göre 2016 yılı il nüfusu 32 500, geometrik nüfus artış yöntemine göre 43 516 olarak hesaplandığı görülmüştür. İller bankası tarafından 2006 yılında yapılan nüfus hesaplamalarında, Tunceli ilinde 2009 yılında faaliyete giren üniversitedeki güncel öğrenci sayısı ve ters göç ile gelen halkın nüfusu ön görülmemiştir. Bu hususlar dâhilinde 2014 yılı Tunceli ili nüfusu 50 528 olarak hesaplanmıştır

Nüfus hesaplamalarındaki gözden kaçan detaylar sonucunda doğru hesaplanmayan debiler ile projelendirilen Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisindeki işletme aşamasında yaşanan problemlerde göz önüne alınarak Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisin tekrar boyutlandırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. İlgili makamlardan alınan resmi kayıtlarla güncellenen nüfus ile tesis projelendirilmiş, aktif haldeki tesis ile karşılaştırılarak yapılması gereken tadilat, revizyon ve ilave üniteler çalışmada belirtilmiştir.

Tablo 7.1. Proje kriterleri

| | | Mevcut Tesis | | Proje |
|-----------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 1.Kademe | 2.Kademe | |
| Nüfus | | 37 030 | 53740 | 50 528 |
| Debi | | 445.21 m ³ /h | 697.04 m ³ /h | 701.45 m ³ /h |
| Kirlilik Yükleri | BOİ ₅ | 1714 kg/gün | 2488 kg/gün | 2526.40 kg/gün |
| | T.N | 305 kg/gün | 442 kg/gün | 353.7 kg/gün |
| | T.P | 114 kg/gün | 166 kg/gün | 55.58 kg/gün |
| | AKM | 2666 kg/gün | 3871 kg/gün | 2526.4 kg/gün |
| Kirlilik Konsantrasyonları | BOİ ₅ | 298 mg/L | 288 mg/L | 291 mg/L |
| | T.N | 53 mg/L | 51 mg/L | 41 mg/L |
| | T.P | 20 mg/L | 19 mg/L | 6.4 mg/L |
| | AKM | 463 mg/L | 448mg/L | 292 mg/L |

Tablo 7.2. Tesis Üniteleri

| | | Mevcut Tesis | | Proje |
|-------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | 1.Kademe | 2.Kademe | |
| Dengeleme Havuzu | Boyut | | | 5 X 21 X 13,5 |
| | Kesit | | | Dikdörtgen |
| | Adet | | | 1 |
| Izgara Yaklaşım Kanalı | h_{max} | 0,32 | | 0,35 |
| | h_{min} | 0,12 | | 0,24 |
| | V_{max} | 0,76 | | 0,64 |
| | V_{min} | 0,5 | | 0,5 |
| | Boyut | 0,8 X 0,12 | | 0,8 X 0,35 |
| Kaba Izgara | Çubuk Sayısı | 25 | | 13 |
| | Adet | 1 + 1 | | 1 + 1 |
| İnce Izgara | Çubuk Sayısı | 40 | | 57 |
| | Adet | 1 + 1 | | 1 + 1 |
| Parshall Savağı | h_a | 0,16 | 0,11 | 0,66 |
| | h_b | 0,43 | 0,3 | 0,55 |
| | Yük Kaybı | 0,05 | 0,16 | 0,376 |
| Kum Yağ Tutucu | Boyut | 2 X 2 X 8 | 2 X 2 X 8 | 2,6 X 3,9 X 15,6 |
| | Kesit | Dikdörtgen | Dikdörtgen | Dikdörtgen |
| | Adet | 1 | 2 | 2 |
| Bio Fosfor Havuzu | Boyut | 2,5 X 10 X 10 | 2,5 X 10 X 10 | 4 X 10 X 10 |
| | Kesit | Dikdörtgen | Dikdörtgen | O. Hendeği |
| | Adet | 1 | 2 | 2 |
| | Bekleme Süresi | 30 Dak. | 30 Dak. | 68.43 Dak. |
| Havalandırma Havuzu | Boyut | 4,5 X 20 X 43,6 | 4,5 X 20 X 43,6 | 4,5 X 20 X 43,6 |
| | Kesit | O.Hendeği | O.Hendeği | O. Hendeği |
| | Adet | 3 | 4 | 4 |
| | Bekleme Süresi | 13.66 Saat | | 19.9 Saat |
| Çökeltme Havuzu | Boyut | R= 15 H=2.25 | R= 15 H=2.25 | R= 20 H=3.00 |
| | Kesit | Dairesel | Dairesel | Dairesel |
| | Adet | 3 | 4 | 4 |
| | Bekleme Süresi | 3.08 Saat | | 3.50 Saat |
| Dezenfeksiyon Havuzu | Boyut | | | 10 X 14 X 5 |
| | Kesit | | | Dikdörtgen |
| | Adet | | | 1 |
| | Bekleme Süresi | | | 60 Dak. |

7.1. Dengeleme Havuzu

Arıtma sistemlerinde dengelemenin amacı atıksu karakteristiklerindeki değişiklikleri minimize ederek arıtma kademelerinde optimum şartları sağlamaktır. Dengeleme ünitesinin boyutu ve tipi, atıksuyun miktarı ve değişimi ile ilgilidir. Dengeleme tankı, atıksu debisindeki farklılıkları ve üretimden dolayı zaman zaman atılan veya istemeyerek dökülen bazı konsantrasyon atıksu akımlarını biriktirebilecek boyutta dizayn edilir. Dengeleme ünitesinde, konsantrasyonun dengelenmesi ve çökeltmenin önlenmesi amacıyla karıştırma uygulanır. Atıksu debisi göz önüne alındığında, dengeleme havuzlarının hacimlerine günlük maksimum ve minimum atıksu debilerini dengeleyecek şekilde karar verilir. Bunun dışında dengeleme havuzları özellikle Ardışık Kesikli Reaktör gibi kesikli çalışan sistemlerin uygun işletilmesinde de kullanılabilir.

Dengeleme tankının ön arıtmadan sonra, biyolojik arıtmadan önce bir yerde olması uygundur. Ön arıtmadan hemen sonra dengeleme, çamur ve köpük problemlerini azaltacaktır. İlk çöktürmeden ve biyolojik arıtmadan önce yapılacak dengeleme ünitelerinde, katı maddelerin çökmesini ve konsantrasyon dalgalanmalarını önlemek için yeterli karışım, koku problemine karşı da yeterli havalandırma sağlanmalıdır. Karıştırma, tank içeriğinin karışmasını sağlamak ve tankta katıların çökmesini önleyecek düzeyde olmalıdır. 220 mg/l askıda katı madde içeren orta kuvvette bir evsel atıksu için karıştırma gereksinimi, 0,004 - 0,008 kW/m³ dür. Havalı şartları korumak için de 0,01 – 0,015 m³/m³.dak debide hava verilmelidir. Ön çöktürme sonrası ve kısa kalma süreli (iki saatten daha az) dengelemede havalandırma gerekmez.

Mevcut atıksu arıtma tesisinde dengeleme havuzu bulunmamaktadır. Topografik özelliklerden dolayı arıtma tesisine atık sular cazibe ile değil, terfi istasyonlarında bulunan pompalar vasıtasıyla iletildiklerinden, işletme sırasında ani debi değişikliklerinden dolayı zorluklar yaşanmaktadır. Projelendirilecek bir dengeleme havuzu ile birlikte debi salınımlarını kontrol altına alınarak, atıksu debinin uygun aralıklarla homojen olarak tesise verilmesi sağlanmalıdır. Organik yük salınımlarını ve debinin tesisi sürekli besleyerek dengelenmesi, kirlilik yüklerinin stabil hale gelmesini sağlayarak işletmede yaşanan güçlüklerin önlenmesi adına gereklidir.

7.2. Dikdörtgen kesitli Yaklaşım Kanalı

Mevcut biyolojik atıksu arıtma tesisi projelendirilirken ikinci kademeye (2041) göre dizayn edildiğinden, yapılan hesaplamalarda bulunan sonuçlar dikdörtgen kesitli yaklaşım kanalının güncel nüfusa göre hesaplanan debiyi karşılayacak boyutta olduğu görüldü.

7.3. Ön Arıtma (Fiziksel Arıtma) Mekanizmaları

Kirlilik unsurunun fiziksel özelliklerine (maddenin boyutları, viskozitesi ve özgül ağırlığı) bağlı olarak uygulanan arıtma yöntemleridir. Bunlar; ızgaralar ve havalandırılmalı kum ve yağ tutuculardır.

7.3.1. Kaba ızgara

Kaba ızgara tasarlanırken, arıza, bakım-onarım, temizlik gibi işler sırasında tesisin işletmede kalabilmesi için kaba ızgara yedekli inşa edilmelidir. Bu gibi durumlarda geri kalan ızgara kanalının-kanallarının performansı tesis için yeterli olmalıdır. Bu nedenle; debinin çok düşük olması durumunda bu ızgara kanallarının biri veya birkaçı devre dışı bırakılabilir. Kaba ızgarada akım hızı 1,2 m/sn değerini aşmamalı ve 0,9 ila 1 m/sn civarında tutulmalıdır. ızgara kanalı dikdörtgen kesitli olmalıdır.

Mevcut atıksu arıtma sistemde ana terfi merkezinde bulunan ızgara ünitesinde 1 adet mekanik halatlı tip kaba ızgara ve by-pass hattında 1 adet manuel kaba ızgara bulunmaktadır. 50 mm den büyük parçalar bu üniteye toplanıp uzaklaştırılır. Çalışmamızda yapılan hesaplamalarda, kaba ızgara çubuk sayısının 13 adet olması gerektiği hesaplanmıştır. Mevcut biyolojik atıksu arıtma tesisinde de kaba ızgara sayısı hesaplananla aynı olduğu görüldü. Kaba ızgara aralıklarının teknik açıdan her ne kadarda doğru seçilmiş görünüyor olmasına rağmen kanalizasyon hatlarına atılan kaba pisliklerin öngörülenlerden farklı olmasından dolayı kaba ızgarada alınması planlan atıkların ana terfi merkezinden önce ki ara terfi merkezlerinde bulunan sepet ızgara çubuk aralıklarının büyük seçilmesinden dolayı problemler yaşanmaktadır. Ayrıca, arıza, bakım-onarım, temizlik gibi işler sırasında tesisin işletmede kalabilmesi için kaba ızgara yedeğinin de bulunması gerekmektedir.

7.3.2. İnce Izgara

Mekanik ızgaralar ise 60° ile 80° açı ile düzenlenmektedir. İnce ızgaralarda tırmık sıyırma hızı, 0,10 – 0,15 m/sn alınabilir. Tırmığın bir tur yapması (çalışma devresi), ızgara boyuna bağlı olarak 2 ile 5 dakika arasında değişmektedir.

Genel halde, ızgara çubuklar arasındaki ortalama su hızı 0,75 m/sn, maksimum su hızı 1,25 m/sn olmalıdır. Daha büyük hızlar çöpleri sürükleyeceği için tercih edilmemektedir. Yaklaşım kanalındaki hız ise çökelmeye meydan vermeyecek şekilde, maksimum debide, 1 m/sn değerini geçmemesi ve minimum debide 0,3 m/sn değerinden küçük olmaması gerekir. Izgara kanalının minimum genişliği 60 cm olmalıdır.

Hesaplamalarımızda mekanik ince ızgara kalınlığını 10 mm, çubuklar arasındaki boşluk 4 mm olarak alındı. Mevcut tesiste ızgara kalınlığını 10 mm, çubuklar arasındaki boşluk 10 mm olarak alındığından işletmeye gelen atıksu içerisindeki askıda katı maddeler sisteme karışarak sistem içerisinde kirlilik yaratmaktadır. Mevcut tesiste ızgaralar giriş-çıkış su seviyeleri arasındaki fark belirli bir değere (mesela 15 - 25 cm) ulaştığı zaman temizlenmelidir. Ancak seviye farkı bu değere ulaşınca kadar uzun bir süre geçerse bu halde ızgara üzerindeki çöpler kuruyarak otomatik temizleme aletine zorluk çıkarmaya başlar. Bu sebeple, ızgaraların temizleyicileri hem seviye farkına hem de zaman saatine göre devreye girmelidir.

7.3.3. Debi Ölçümü

Atıksu deşarj, toplama ve arıtma sistemlerinin tasarımında temel adım atıksu debisinin bilinmesidir. Bu sistemlerin düzgün çalışabilmesi, yatırım maliyetlerinin minimize edilebilmesi için mevcut debi ve tahmin edilen debi hakkında fiili ölçümlere güvenilir bilginin elde edilmiş olması gerekir.

Atıksu arıtma tesislerinde atıksu debisinin rutin ölçümü, tesisin tasarım ve işletme kontrolünün sağlıklı yapılabilmesi için esastır. Ortalama ve günlük debi değişimlerinin, sisteme ilave edilecek günlük kimyasal madde miktarının, sisteme verilecek hava miktarının belirlenmesi, çamur geri devir oranının tespiti, tesisin büyütülmesi söz konusu olduğunda mevcut debi kayıtlarının oluşturulması gibi faydalar sağlamaktadır.

Atıksu debisinin ölçümünde kullanılan yöntemler, basınçlı borularda veya açık kanallarda ölçüm yapılır. Mevcut tesiste khafagi-venturi kanalı kullanılarak debi ölçümü

yapılmaktadır. Fakat kanal uzunluğu ve daralma boğazının yerinin hatalı seçilmesinden türbülanslı akım oluşmakta ve ultrasonik debi ölçer doğru yere yerleştirilmediğinden dolayı ve özellikle debinin yüksek geldiği anlarda doğru ve sağlıklı ölçüm yapılamamaktadır. Ancak hesaplarımızda da belirttiğimiz gibi Parshall kanalı kullanıldığında yük kaybının düşük olması, kendi kendini temizleme kapasitesi ve türbülans akım oluşturmadığından dolayı daha sağlıklı ve doğru bir ölçüm yapılır.

7.3.4. Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu

Biyolojik atıksu arıtma tesisine gelen atıksularda bulunan kum, çakıl ve yağ gibi maddeleri suda ayırmak ve bunların arıtma tesisinin diğer ünitelerine geçmesini önlemek için kum ve yağ tutucu ünitesi gerekmektedir. Kumun yıkanmasını ve yağların toplanmasını sağlamak bir spiral akım meydana getirmek için havuzun bir kenarı boyunca hava verilecektir. Havuz üzerinde ileri geri hareket eden bir köprü ile tabandan sıyrılan kumlar kum toplama haznesine ve burada bulunan dalgıç pompa ile kumlar kum yıkama helezona gönderilecektir. Aynı sıyırıcı köprü yüzeyden sıyırdığı yağları da sıyırıcı hazneye toplayacak.

Mevcut tesiste uzunluk 8m, genişlik 2 m ve derinlik 2 m olan biri yedek olmak üzere iki adet havalandırmalı kum ve yağ tutucu dizayn edilmiştir. Yedek olarak düşünülen havalandırmalı kum ve yağ tutucu 2041 yılına yani ikinci kademe faaliyete girmesi planlanırken, mevcut debinin yüksek olması nedeni ile havalandırmalı kum ve yağ tutucu faaliyettedir. Ancak güncel debi ile yapılan hesaplamalara göre havalandırmalı kum ve yağ tutucunun her birinin uzunluk 15m, genişlik 3,9 m, derinlik 2,6 m olması gerekmektedir. Yani tesiste çalışan iki havalandırmalı kum ve yağ tutucu hesaplarımızın doğruluğunu desteklemektedir.

7.4. Biyolojik Arıtma Üniteleri

7.4.1. Fosfor giderim havuzu

Mevcut atıksu arıtma tesiste projelendirilirken fosfor giderimi tesiste öngörülen hesaplamalara göre 250 m³ lük iki havuz hesaplanmış ancak 500 m³ lük bir adet havuz inşa edilmiştir. Güncel debiye göre 400 m³ lük iki adet havuz gereksinimi bulunmaktadır. Tesise gelen atıksu karakterizasyonu göre atıksu içerisinde fosfor ve azot yükü düşük olduğundan ve sistemde uzun havalandırma havuzları seçildiğinden fosfor havalandırma

havuzlarında giderilmesi öngörüldüğünde fosfor havuzu yerine dinlendirme havuzu yapılması tesis yatırım maliyeti ve işletme açısından daha avantaj sağlardı.

7.4.2. Havalandırma havuzları

Mevcut tesis de 9856 m³ toplam üç adet havalandırma havuzu faaliyettedir. Güncel nüfus ile hesaplanan mevcut debiye göre ihtiyaç olan toplam 11910 m³ hacim gerektiği hesaplanmış, gerekli havalandırma havuz boyutlarını literatüre uygun hesaplandığında her havalandırma havuzun 3488 m³/havuz hacimde toplam dört adet havalandırma havuz gereksinimi vardır. Mevcut tesis de şu an üç adet havalandırma havuz inşa edilmiş ve gelen debiye göre bir adet havalandırma havuzlara ihtiyaç duyulmakta ve ikinci kademeye göre planlanan dördüncü havalandırma havuzunun inşa edilerek aktif hale getirilmesi gerekmektedir.

Mikroorganizmanın yaşamsal faaliyetlerini devamı ve biyolojik arıtmanın sağlanması için havuza verilmesi gereken oksijeni mevcut tesiste eski bir teknoloji olan ve işletme maliyeti açısından hem teknik hem mali açıdan problem yaratan yüzeysel havalandırıcılar seçilmiştir. Yüzeysel havalandırıcılar yerine mevcut şartlar dikkate alınarak oksijen verimi ve işletme maliyetleri açısından daha ileri bir teknoloji olan jet aeratörler kullanılırsa daha uygun olur. Ancak difüzörlü sistem olan Blowerler kullanılırsa daha fazla verim elde edilir. Fakat faaliyette olan tesis göz önüne alındığında ilk yatırım maliyeti ve zaman açısından uygun olmayacağından tavsiye edilmemektedir

7.4.3. Çökeltme havuzları

Çökeltme havuzlarında, havalandırma havuzlarından su ile birlikte asılı halde gelen aktif çamur, uygun bekletme sürelerinde gravite ile çöktürülerek, arıtılmış sudan ayrılır. Çökeltme tanklarının çevresinde tek taraflı savakla toplanan arıtılmış sular cazibe ile deşarj edilir.

Mevcut atıksu arıtma tesis 177 m² yüzey alanı ve ortalama 2,5 m derinliğine sahip 3 adet çökeltme havuzu faaliyettedir. Yapılan hesaplamalara göre toplam 1256,6 m² yüzey alanı ihtiyaç duyulmaktadır. Çapı 20 m yaklaşık derinliği 3 m olan 4 adet çökeltme havuzu gerekmektedir. Bunun paralelinde tesis işletmesi sırasında yükleme hızı 0,6-0,9 m/h arasında olması gerekirken mevcut tesiste sınır değerlerde gözükmemektedir. Buda çökeltme havuzunun yeterli gelmediğinin göstermektedir.

Ayrıca işletme sırasında yaşanan problemlerden bir tanesi, yüzeysel sıyırıcılar tarafından alınan katı maddelerin tekrar sisteme havalandırmalı kum ve yağ tutucudan sonra dâhil edilmesi hem estetik hem de biyolojik faaliyeti sonucunda sistemde kirlilik yükü oluşturmaktadır. Bunu önlemek adına yüzeysel sıyırıcılar tarafından alınan katıların sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir. Geri devire vermeden ayrı bir toplama haznesinde biriktirilmelidir.

7.4.4. Çamur Susuzlaştırma ve Uzaklaştırma

Mevcut sistemden atılması gereken fazla çamurun susuzlaştırılıp bertaraf edilecek hale getirilmesi için mekanik yoğunlaştırıcı ve Belt Filtre Press ünitesi seçilmiştir. Ayrıca tek bir adet ünitenin olması olası problemlerde çamur alınmasını engelleyeceği için sistemin işletilmesinde sıkıntı yaratacağından birinci öncelik yedeğinin bulunması gerekmektedir. Ayrıca bunun yerine beltpress ünitesinden daha gelişmiş ve işletme açısından daha kolay bir ekipman olan dekantör tercih edilebilirdi. Dekantör ayrıca sürekli çalışabilme özelliği, yüksek debide tek makine ile çalışabilme, insan gücü gerektirmeyen otomatik sistem olması nedeniyle işletme açısından önem taşımaktadır.

Atıkların öncelikle geri kazanılması esastır.

a) Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atık suların (kentsel) arıtılması sonucu ortaya çıkan arıtma çamurlarının stabilize edildikten sonra toprak düzenleyici olarak kullanılabilir. 31.05.2005 tarih 25831 sayılı Resmi Gazetesi Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ile toprakta kullanım koşulları sınırlamalar ve yasaklamalar izne tabidir. Yapılan projede uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi kullanılacağından iyi stabilize olmuş çamur elde edilecektir. Gerekli analizler gerçekleştirildikten sonra izin verilen sınır değerleri karşılaması durumunda izin verilen arazilerde toprak düzenleyici olarak kullanılabilir.

b) Tehlikesiz olduğunun tespit edilmesi durumunda enerji geri kazanımı amacıyla çimento fabrikalarında ek yakıt ve alternatif hammadde olarak kullanılabilir.

7.4.5. Dezenfeksiyon

Klor, gaz veya sıvı klor bileşikleri halinde en çok kullanılan dezenfektanlardan birisidir. Klor, çoğu salgın hastalık mikrobunu etkisiz hale getirmektedir. Klor, normal ısı

ve basınçta sarımsı-yeşil bir gaz olup, havadan 2,5 kat daha ağırdır. Çok keskin bir kokusu vardır ve nem bulunan yerlerde oldukça koroziftir (ATV - M, 1998).

Evsel atıksular biyolojik ve ileri arıtma sistemleriyle arıtıldıktan sonra bile yüksek miktarda patojen (bakteri, virüs, parazit) mikroorganizma içermektedirler. Bu yüzden, arıtılmış atıksular dezenfekte edildikten sonra alıcı ortama deşarj edilmelidir. Atıksuların dezenfekte edildikten sonra deşarj edilebileceği veya kullanılabilceği durumlar şunlardır:

Dinlenme ve yüzme amaçlı olarak kullanılan sular, arıtıldıktan sonra, ürünle temaslı veya temassız, tarımsal sulama yöntemleri öncesinde, arıtıldıktan sonra proses suyu olarak yeniden kullanım durumlarında, içme suyu temininde kullanılan kaynaklara deşarj öncesinde kullanır.



8. ÖNERİLER

1) Özellikle, sonbahar ve kış aylarında oluşan yüksek debinin önlenmesi adına birleşik sistemden vazgeçilip yağmur suyu hatlarının kanalizasyon hatlarından ayrılması gerekmektedir.

2) Dengeleme havuzunun inşaatının yapılıp atıksuyun tesise homojen ve sabit debide gelmesi sağlanmalıdır veya teknik açıdan uygun yerde bulunan biyofosfor havuzunun ön dinlendirme havuzu olarak kullanılması uygundur.

3) Arıtma tesisinin işletilmesi için önemli bir parametre olan debinin kontrolü için debimetrenin teknik açıdan uygun bir yere konularak debinin doğru ölçülmesi gerekmektedir.

4) Yapılan hesaplamalarda da görüldüğü üzere ikinci kademede yapılması planlanan havalandırma havuzunun bir an önce yapılması gerekmektedir.

5) Atıksu arıtma tesisi işletmesi esnasında geri devir oranının doğru bir şekilde ayarlanması ve günlük alınacak fazla çamur miktarının belirlenmesi için ilgili yerlere debimetrelerin konulması gerekmektedir.

6) Çökeltme havuzlarının hesaplanan debide yüzey alanlarının yetersiz olmasından dolayı ilave çökeltme havuzunun yapılması gerekmektedir.

7) Çökeltme havuzunda oluşan yüzeysel kaba pisliklerin ve oluşan köpüklerin sistemden ayrılması gerekmektedir.

8) Belt filtre press ünitesinin yedeğinin yapılması veya dekantör sistemine geçilmesi gerekmektedir.

9) Mevcut tesisin genel yerleşim planına bakıldığında, idari binanın arıtma tesisinin uç noktasında olduğu görülmektedir. Bu durum ziyaretçilerin sağlığı ve tesisin güvenliği açısından problem olabileceğinden, idari binanın tesisin ana giriş kapısına yakın bir noktada konumlandırılması doğru ve gerçekçi bir çözümdür.

10) Tez çalışması sırasında güncel nüfusa göre debi hesaplanırken üniversitenin yeni yerleşkesine taşınması ön görülmemiştir. Bu nedenle Üniversitenin yeni konumundan dolayı oluşan atıksuyunun paket arıtım sistemi kurularak arıtılması ve deşarj suyunun alıcı ortama verilmeden önce mevcut biyolojik atıksu arıtma tesisine verilmesi gerekmektedir.

9. KAYNAKLAR

- Angın, İlker; Yağanoğlu, A. Vahap,** Arıtma Çamurlarının Fiziksel ve Kimyasal Toprak Düzenleyicisi olarak Kullanımı, Ekoloji Dergisi, 2009
- Aktaş, E., Imre, S., Ersoy, L.** Characterization And Lime Treatment Of Olive Oil Mill Wastewater, Water Research, 35(9), 2336-2340. 2001
- Arceivala S. J.,** “Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı”, Çeviri; Vahap Balman,1998
- ATV-A 262E** German Rules and Standards, Principles for the Dimensioning, Construction and Operation of Plant Beds for Communal Wastewater with Capacities up to1000 Total Number of Inhabitants and Population Equivalents, 1998
- Ayol A., Filibeli A., Sır D., Kuzyaka E.,** Arıtma Çamurlarının Biyolojik Dezentegrasyonu: Enzimatik Arıtımın Çamur Minimizasyonu Üzerine Etkilerinin Araştırılması, 2007
- Azman Himmet Erkin,** Evsel Atıksuların Arıtılmasında Arıtma Verimi – Enerji İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 2005
- Boduroğlu H. Berivan,** Evsel Atıksuların Arıtılması Ve Havalandırma Parametrelerinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, 2008
- Brunland, Gro Harlem,** Ortak Geleceğimiz, Dünya Çevre Ve Kalkınma Komisyonu Raporu, Çeviren: Belkıs Çorakçı, 3. Baskı, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yay, Ankara, 1991,
- Cengiz, O.,** Pamuklu Boyama Endüstrisinde Yaygın Olarak Kullanılan Atıksu Arıtma Sistemlerinin Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 1998.
- Dales, J.H.**Çevre Sorunlarının Hukuki Ve Ekonomik Temelleri, Çev: İ.Orhan Türköz S.3 1996
- Demirekin Hüseyin,** Isparta İlinde Çevre Sorunlarına Duyarlılık Analizi Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 2001
- Demirer G. N., Duran M. M., Zitomer D., Speece E. R.,** Anaerobik Biyoteknoloji 1996 Devlet Planlama Teşkilatı 2002

- Dogan, M., Saylak, M.**, Su Kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları No:120, Kayseri, S, 132-143-144-146-147-148-149-150 2000,
- Epa.**, Process Design Manual For Sludge Treatment And Disposal Technology Transfer Cincinnati, Ohio 45268 Epa 635/1-79-011. 1980
- Filibeli, A.**, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi. D.E.Ü. Matbaası, İzmir, 189s. 1996.
- Filibeli A.**, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 255. 2002.
- Gedik N.**, Su Temini ve Çevre Sağlığı Ders Notları 1 Bahçe Şehir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2008.
- Gürel Ali Etem, Ketrez Mustafa**, Havalandırma Sistemlerinde Kanal Çapları ve Basınç Kayıplarının Bilgisayar Destekli Hesaplanması, Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksekokulu, 2010
- Gürtekin Engin**, Koagülasyon/Flokülasyon Prosesiyle Peyniraltı Suyunun Fizikokimyasal Arıtılabilirliği, 2011
- Harman Mürüvet**, Tunceli'de Yer Alan Tarihi Öneme Sahip Dini Yapılar Tunceli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Cilt 1, Sayı 2, Bahar 2013
- Huyard A., B. Ferran, And J.M. Audic.** 2000. The Two Phase Anaerobic Digestion Process: Sludge Stabilization And Pathogens Reduction, Water Science And Technology.
- Iula Emme**, Glossary Of Environmental terms (Çevre Terimleri Sözlüğü), Hazırlayan: Ferzan Bayramoğlu Yıldırım – Mary Berkmen, Iula Environmental Series, İstanbul, 1991,
- İleri, R.**, Çevre Biyoteknolojisi. Değişim Yayınları, Adapazarı, 525s. 2000.
- İzzet Öztürk**, Anaerobik Biyoteknoloji Ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, İlim Araştırma Serisi: 1999
- Kargı, F.**, Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler. D.E.Ü. Matbaası, İzmir, 425s. 1995.
- Karlsson, I.**, Environmental and energy efficiency of different sewage treatment processes. Water Science and Technology, p34, 1996.
- Kestioğlu, K.**, Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Boyutlandırma Kriterleri, Vipaş Aş., Isbn 975-564-114-9 2001

- Kılıç Melike, Kaya Gonca, Kestioğlu Kadir**, Kimyasal, Biyolojik Ve İleri Arıtma Yöntemleri İlezeytin Karasuyununun Arıtımına Yönelik Bir Envanter Çalışması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 14, Sayı 2, 2009
- Küçükhemek M, Berktaş A.**, Uzun Havalandırmalı Aktik Çamur Prosesinde Oluşan Çamurların Stabilizasyonu ve Karakterizasyonu, İzmir 2005
- Mandı, L., Bouhoum, K., Ouazzani, N.**, Application of constructed wetlands for domestic wastewater treatment in an arid climate. Water Science and Technology, 48,1,379-387. 1998.
- Mara, D.**, Sewage Treatment In Hot Climates. Wiley-Interscience Publication, Scotland, 168pp. 1978.
- Mert B. K.** Cvm 404 Arıtma Tesisleri İşletmesi 2011
- Metcalf And Eddy.** Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, And Reuse. Mcgraw-Hill Inc., 3rd. Edition. 1991
- Metcalf and Eddy**, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse , Syf: 704, 1972
- Muslu, Y.**, Atıksuların Arıtılması, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul 1994.
- Muslu, Y.**, Kullanılmış Suların Tasfiyesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul 1988.
- Oneill, , C., Lopez, A., Esteves, S., Hawkes, F.R., Hawkes, D.L., And Wilcox, S.** Azo Dye Degredatin In An Anaerobic Aerobic Treatment System Operating On Simulated 2000.
- Ökmen Gülten, Algur Ömer Faruk**, Denitrifikasyon ve Mikroorganizmalar, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 4 (2):11-15, 2011
- Öktem Y. A.**, Anaerobik Arıtmada Faz Ayrımı: Asidifikasyon Fazı. Iı. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi. 2005.
- Öztürk İzzet, Timur Hacer, Koşkan Ufuk**, Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2011
- Paraskeva, P., Diamadopoulos, E.** (2006) Review Technologies For Olive Mill Wastewater (Omw) Treatment: A Review, Journal Of Chemical Technology And Biotechnology, 81, 1475-1485.
- Reed Jd And Kasali Ob.** 1987. Hazards Tol İve Stock Of Consuming Aflatoxin Contaminated Meal In Africa Icrısat Proceedings Of İnternational Workshop On Aflatoxin Contamination In Ground Nuts 6-9 Oct 1987.

- Samsunlu, A.**, Kullanılmış Suların Arıtılması, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir 1991
- T.C. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı**, 29 Mayıs 2009 tarih ve 5902 sayılı kanunun 17 Haziran 2009'da Resmî Gazete
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**, Evsel Atıksu Arıtımını Esasları Sf: 20, 2005
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Çevre ve Orman Bakanlığından Resmi Gazete 2004
- T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü**, Tunceli İli Tarım Sektörünü Geliştirme Planı 1996
- T.C. Devlet Planlama Teşkilatı**, Türkiye'nin Kentsel Çevre Altyapısı (Atıksu Bertarafı) Yatırım İhtiyacı, Fayda-Maliyet Analizleri Ve Strateji Önerisi 2002
- T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı**, Küresel Su Temini Ve Kanalizasyon Değerlendirme Raporunda (2013)
- T.C. Kalkınma Bakanlığı**, Temel Ekonomik Ve Sosyal Göstergeler, 1999, Tunceli
- T.C. Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü**, Tunceli ili tarımsal üretim ve geliştirme projesi, 1999
- T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü**, Tunceli İli Genel İklim Özellikleri 2014
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı**, Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi Kimya Teknolojisi Su Arıtma Ankara 2008
- T.M.M.O.B.** Endüstriyel Atıksu Arıtımı, 2. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Çevre Mühendisleri Odası, İstanbul, Aralık 1997
- Toprak, H.**, Atıksu Arıtma Çamurlarının Tasarım Esasları. D.E.Ü. Matbaası, İzmir,612s. 1996
- Toprak, H.**, (Genişletilmiş 3.Baskı) : Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları, Cilt-1 ve Cilt-2, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, No.240-241, ISBN : 975-441-148-4 ve 975-441-149-2, İzmir. 2000
- Tunç M. Sara ve Ünlü Ayhan**, Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisinin Koliform Bakteri Giderme Veriminin Araştırılması, S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Faültesi. Dergisi, c.20, s.4, 2005
- Tüpraş** (Türkiye Petrol Rafinerileri Aş), Atık Su Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı I, Aliğa, 1985- 1986.
- Türkman A.**, Endüstri Atıksularının Arıtılmasında İleri Arıtma Teknikleri, Çevre Mühendisliği Bölümü, D.E.Ü 2007
- Üçpınar, S.**, Sıvı Atıklar. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 5: 9-18. 2003

- Ünlü Ayhan Ve Tunç M. Sara**, Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi Çamur İşleme Birimlerinin İşletiminin Değerlendirilmesi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilim Dergisi, 19 (1), 53-60, 2007
- W.Wesley**, Eckenfelder,Jr., Industrial Water Pollution Control, ,Mcgraw-Hill International Editions.1989
- Yıldırım A.Koray**, Eysel Atıksu Arıtma Tesislerinde Debi-Maliyet İlişkileri, Adana, 2006
- Yıldız O. Ve Diğ.**, Paket Arıtma Sistemlerinde Kullanılan Arıtma Prosesleri Ve Yapısal Özellikleri, Harran Üniversitesi, 227,229s. 2000
- Yiğit Uysal** Dersimli Anadolu Türkmenleri Ve Onların Tarihi Süreç İçerisindeki Yeri Proje Çalışması 2010
- Zhao, Q., Zhang, Z.,** Temperature Influence on Performance of Oxidation Ponds. Water Science and Technology, 24,5,85-86. 1991
- Url 1:** www.csb.gov.tr/iller/tunceli/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu 15 Ocak 2014
- Url 2:** www.tuncelikulturturizm.gov.tr/TR,57261/tarihce.html 15 Şubat 2014
- Url 3:** www.tunceli.adalet.gov.tr/tarihce.html 15 Ocak 2014
- Url 4:** www.lutarstravel.com/tr/dogu_anadolu_turlari/tunceli_turu/tunceli 15 Aralık 2013
- Url 5:** www.tunc-vak.org/yonetim/template.asp?articleid=179&zoneid=69 19 Şubat 2014
- Url 6:** www.aagaritma.com/hizmetler/atiksu-nedir-nasil-aritilir 25 Aralık 2013
- Url 7:** www.aagaritma.com/hizmetler/atiksu-nedir-nasil-aritilir 17 Ocak 2014
- Url 8:** www.sizinti.com.tr 27 Aralık 2013
- Url 9:** www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7d16d00201083a2_ek.pdf?dergi 11.02.2014
- Url 10:** www.trakyacevre.com/aritma-dosyasi.pdf 11.02.2014
- Url 11:** www.bilosb.org/index.php?option=com_content&view 12.02.2014