

152276

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DE OPTİMUM MALİYETE DAYALI
ATIKSU ARITMA TESİSİ TASARIMI**

DOKTORA TEZİ
Y. Müh Argun Olcayto Erdoğan
(501982409)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Temmuz 2005

Tez Danışmanı :

Prof.Dr. Derin ORHON

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. İzzet ÖZTÜRK (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Cumali KINACI (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Orhan YENİGÜN (B.Ü.)

Prof.Dr. Mehmet KARPUZCU (G.Y.T.E)

ARALIK 2004

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi ve yönetilmesindeki önemli katkısını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Derin ORHON'a, çalışmanın sonuçlanmasında büyük emeği geçen hocam Prof. Dr. Seval SÖZEN'e ve değerli dostum Doç. Dr. Erdem GÖRGÜN, Ersoy BULUTLAR ve Figen ŞİŞMAN'a, bu akademik çalışmaya başlamam için teşvik eden, bitirmem için destek veren aileme, çalışmamı tamamlamamda büyük emeği geçen tüm asistan arkadaşlarıma, finansman hesaplarının yapılması için yardımlarını esirgemeyen Dr. Hakan MAT ve Koray ETİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2004

Argun Olcayto ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
SEMBOL LİSTESİ	XI
ÖZET	XII
SUMMARY	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN DURUMU	5
3. TÜRKİYE'DE ARITMA STRATEJİLERİNİN BELİRLENMESİ VE UYGULANABİLİR PROSESLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	23
3.1. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi	23
3.2. Türkiye'de Uygulanabilir Atıksu Yönetim Stratejileri	24
3.3. Doğu/Orta Avrupa'da Uygulanabilir Arıtma Seçenekleri	25
3.3.1 Mekanik arıtma seçeneği:	25
3.3.2 Kimyasal arıtma seçeneği:	25
3.3.2.1 Kimyasal madde dozlaması ile takviye edilmiş mekanik arıtma	26
3.3.2.2 Kimyasal madde dozlaması yapılmış çöktürme sistemleri	26
3.3.3 Biyolojik arıtma seçeneği	27
3.3.3.1 Askıda gelişen biyolojik sistemler	27
3.3.3.2 Biyofilm sistemleri	27
3.3.3.3 Azot giderimi seçeneği	29
3.4. Çamur İşleme ve Uzaklaştırma Seçenekleri	29
3.5. Mevcut Tesislerin Modifiye Edilerek İyileştirilmesi	31
3.5.1 Mekanik arıtma sistemlerinin modifikasyonu	31
3.5.2 Kimyasal çöktürme uygulanan sistemlerin modifikasyonu	31
3.5.3 Biyolojik sistemlerin modifiye edilmesi	32

3.5.4 Arıtma tesislerinin alan ihtiyaçları	32
3.5.5 Arıtma tesislerinde ekonomik faktörler	33
4. TÜRKİYE’DE ATIKSU OLUŞUMU VE KARAKTERİZASYONU	41
4.1. Mevcut Durum	41
4.2. Temel Kavramlar	41
4.2.1 Evsel atıksu oluşumu	42
4.2.1.1 Atıksu debisi	42
4.2.2 Atıksu karakterizasyonu	45
5. EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE PROSES TASARIMI	57
5.1. Türkiye’de Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Tasarımı	57
5.2. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Uygulanan Temel Prosesler	58
5.2.1 Fiziksel arıtma prosesleri (mekanik arıtma)	59
5.2.2 Biyolojik arıtma prosesleri	59
5.2.3 Kimyasal arıtma prosesleri (opsiyonel)	59
5.2.4 Çamur arıtma prosesleri	59
5.3 Proses Ünitelerinin Tasarım Esasları	60
5.3.1 Fiziksel arıtma üniteleri	60
5.3.1.1 Izgaralar	60
5.3.1.2 Kum ve yağ tutucular	64
5.3.1.3 Ön çöktürme tankları	69
5.3.1.4 Biyolojik arıtma (karbon/azot/fosfor giderimi)	81
5.3.1.5 Son çöktürme tankları	95
5.3.1.6 Çamur yoğunlaştırma sistemleri	105
5.3.1.7 Çamur stabilizasyon (çürütme) sistemleri	122
5.3.1.8 Çamur şartlandırma ve susuzlaştırma	147
6. PROSES VE MALİYET HESABINA ESAS TASARIM KRİTERLERİ	167
6.1. Tasarıma Esas Nüfus Değerleri, Atıksu Debisi ve Karakterizasyonu	167
7. PROSES, YATIRIM, İŞLETME, FİNANSMAN, MALİYET İLİŞKİSİ	175
7.1. İlk Yatırım Maliyeti	176
7.1.1 Proses hesapları, elektrik, mekanik ekipmanlar için yapılan kabuller	176
7.1.2 Arıtma tesisi inşaat maliyeti hesap kabulleri	179

7.2. İşletme Maliyetleri	197
7.2.1 İşletme gideri hesapları için dikkate alınan kalemler	198
7.2.2 Personel giderleri hesaplamaları için dikkate alınan pozisyonlar	198
7.2.3 Finansman hesapları için yapılan kabuller	207
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	219
KAYNAKLAR	226
EKLER	230
ÖZGEÇMİŞ	275



KISALTMALAR

AC	Aktif çamur prosesi
AC+K	Aktif çamur, kanal
ADS	Aerobik olarak stabilize edilmiş çamur
ANDS	Havasız olarak çürütülmüş çamur
AN.Stab	Havasız stabilizasyon
A/O	Anoksik/Oksik prosesi
A ² /O	Anaerobik/Anoksik/Oksik prosesi
ASAT	Antalya büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
ASKİ	Ankara büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
ATV-DVWK A-131	Tek kademeli aktif çamur sistemlerinin tasarımı için standart
BFG	Biyolojik fosfor giderimi
BNR	Ön denitrifikasyon ile biyolojik azot giderimi prosesi
BUSKİ	Bursa büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
DF	Damlatmalı filtre
DİE	Devlet istatistik enstitüsü
DİSKİ	Diyarbakır büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
DK-American Exim	Dış kaynaklı kredi (Amerikan exim bankası)
DK-Dresdner Bank	Dış kaynaklı kredi (Dresdner bankasından ticari kredi)
DK-EIB	Dış kaynaklı kredi (Avrupa yatırım bankası)
DK-İsp-FAD	Dış kaynaklı kredi (İspanyol hükümet kredisi)
DK-World Bank	Dış kaynaklı kredi (Dünya bankası)
DPT	Devlet planlama teşkilatı
ESKİ	Erzurum büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
HT	Isıl olarak işlem görmüş çamur
İB	İller bankası
İSKİ	İstanbul büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
İZSU	İzmir büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
K	Elektrik, mekanik ekipman maliyetinde kar katsayısı
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Alman hükümet kredisi)
KOSKİ	Konya büyükşehir belediyesi su ve kanalizasyon idaresi
OH	Oksidasyon hendeği
ÖK	Öz kaynak
PHB	Polihidroksi bütirik asit
PLC	Programlanabilir mantıksal kontrol sistemi
PO	Pozisyon
PS	Ön çökeltim çamuru
SH	Stabilizasyon havuzu
TF	Damlatmalı filtre çamuru
UAC	Uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesi
UAC-NG	Azot giderimi yapan uzun havalandırılmalı aktif çamur
UAC-NG-K	Azot giderimi yapan uzun havalandırılmalı aktif çamur, kanal
UCT/VIP	University of Capetown prosesi
VFA	Uçucu yağ asidi
WAS	Aktif çamur sisteminde biyolojik fazla çamur
mSS	Metre su sütunu

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Atıksu hizmeti alan nüfusun dağılımı..... 8
Tablo 2.2	Belediyelerin kanalizasyon sistemi ve arıtma tesisi kullanımına göre dağılımı..... 10
Tablo 2.3	Atıksu arıtma tesislerinin mevcut durumu..... 13
Tablo 3.1	Ham atıksuya uygulanacak çeşitli prosesler sonrasında atıksu kompozisyonu..... 28
Tablo 3.2	Doğu/orta Avrupa için ham atıksu karakterizasyonu..... 30
Tablo 3.3	Maliyet analizinde kullanılan birim atıksu yükleri..... 34
Tablo 3.4	Alternatif arıtma prosesleri için kabul edilen verimlilikler..... 35
Tablo 3.5	100.000 kişilik arıtma tesisi maliyet analizi..... 36
Tablo 3.6	100.000 kişilik arıtma tesisi çamur uzaklaştırma sistemi maliyet analizi..... 36
Tablo 3.7	Birim kirletici yük giderim maliyeti US\$/kg kirletici..... 37
Tablo 4.1	Çeşitli ülkelere ait birim atıksu debileri..... 43
Tablo 4.2	Nüfusa bağlı olarak su tüketimlerinin değişimi..... 44
Tablo 4.3	İstanbul için elde edilen birim atıksu değerleri..... 44
Tablo 4.4	Atıksudaki bileşenler..... 45
Tablo 4.5	İller bankası proses genel şartnamesi kirletici yükleri..... 46
Tablo 4.6	Çeşitli ülkelere ait birim kirletici yükler..... 47
Tablo 4.7	Çeşitli ülkelere ait konsantrasyon bazında yapılmış konvansiyonel atıksu karakterizasyonu..... 49
Tablo 4.8	Çeşitli ülkelere ait konvansiyonel parametrelerin ölçümleri ve değerlendirilmesi..... 50
Tablo 4.9	Organik madde bazında atıksu karakterizasyonu..... 51
Tablo 4.10	Nütrient bazında evsel atıksu karakterizasyonu..... 52
Tablo 4.11	Metaller bazında evsel atıksu karakterizasyonu..... 52
Tablo 4.12	Turistik bölgelere ait evsel atıksu karakterizasyonu..... 54
Tablo 4.13	İstanbul için önerilen birim kirletici değerleri..... 55
Tablo 4.14	İstanbul'da ölçülmüş konsantrasyonlarla önerilen değerlerle bakış..... 55
Tablo 4.15	İstanbul'un evsel atıksu karakterizasyonu..... 56
Tablo 5.1	Kum tutucu boyutlandırılmasında kullanılan tipik değerler..... 69
Tablo 5.2	Ön çöktürme havuzlarının tipik tasarım değerleri..... 72
Tablo 5.3	Ön çöktürme havuzları yüzeysel yükleme değerleri..... 73
Tablo 5.4	Ön çöktürme havuzlarında yüzey yükü/derinliğe bağlı bekletme süreleri..... 75

Tablo 5.5	Biyolojik süreçler.....	84
Tablo 5.6	Evsel atıksu arıtımında kullanılan aktif çamur prosesi için tasarım kriterleri.....	86
Tablo 5.7	Arıtma derecesine bağlı olarak önerilen ve son çöktürme tankı tasarımında kullanılacak yoğunlaştırma süreleri.....	99
Tablo 5.8	Yaygın olarak kullanılan çamur işleme prosesleri ve fonksiyonları.....	106
Tablo 5.9	Çeşitli tip çamurların fiziksel özellikleri.....	109
Tablo 5.10	Çeşitli tip çamurların kimyasal özellikleri.....	110
Tablo 5.11	Statik yoğunlaştırıcı tasarım değerleri.....	116
Tablo 5.12	Çözünmüş hava ile yüzdürme sistemiyle çamur yoğunlaştırma sistemlerinin tasarım parametreleri.....	116
Tablo 5.13	Santrifüj çamur yoğunlaştırıcıların tasarım parametreleri.....	117
Tablo 5.14	Çeşitli mekanik yoğunlaştırıcılar için polimer dozajı.....	119
Tablo 5.15	Çamur uzaklaştırma yöntemine göre çamur arıtma sistemleri.....	123
Tablo 5.16	Çamur stabilizasyon sistemlerinin karşılaştırması.....	125
Tablo 5.17	Düşük ve yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücülerin tasarım kriterleri.....	129
Tablo 5.18	Giderilen organik madde başına oluşan biyogaz.....	131
Tablo 5.19	Anaerobik çamur çürütme sisteminden kaynaklanan üst suyunun karakterizasyonu.....	132
Tablo 5.20	Aerobik çamur stabilizasyon tasarım parametreleri.....	136
Tablo 5.21	Çeşitli çamurlar için pH 12 değerine ulaşp minimum 30 dakika bu değerde kalması için gerekli kireç dozajı.....	140
Tablo 5.22	pH'nın sıcaklık ve bekletme süresiyle değişimi.....	145
Tablo 5.23	Çeşitli ısılarda temas süresine bağlı olarak patojenlerdeki azalma	147
Tablo 5.24	Çamur kurutma yataklarının avantaj ve dezavantajları.....	152
Tablo 5.25	Çeşitli tip çamurların susuzlaştırılmasında şartlandırıcı cinsi ve dozajına bağlı filtre pres performans değerleri.....	162
Tablo 5.26	Çeşitli susuzlaştırma ekipmanlarından oluşan filtratın karakterizasyonu.....	165
Tablo 5.27	Çeşitli tipteki çamurların bant preslerle susuzlaştırma uygulama sonuçları.....	166
Tablo 6.1	Optimum maliyete dayalı tasarım için nüfus ve atıksu miktarı....	168
Tablo 6.2	Nüfusa göre tasarım için önerilen atıksu miktarı ve konsantrasyonları.....	170
Tablo 6.3	Türkiye'deki bazı şehir atıksularının karakterizasyonu.....	173
Tablo 6.4	Konvansiyonel parametrelerin ihtimal değerleri.....	173
Tablo 6.5	Konvansiyonel parametrelerin oranları.....	174
Tablo 7.1	Nüfusu 100.000'e kadar olan mevcut kentsel atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri.....	192
Tablo 7.2	Nüfusu 100.000'den büyük mevcut kentsel atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri.....	195
Tablo 7.3	Nüfusa bağlı atıksu toplama sistemi yatırım bedelleri.....	196
Tablo 7.4	Nüfusa bağlı atıksu toplama sistemleri işletme giderleri ile atıksu arıtma tesisi yıllık işletme bedeli karşılaştırması.....	206
Tablo 7.5	Tesislerin ekonomik ömürleri boyunca önerilen minimum maliyetler.....	209

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 5.1 : Kaba ızgarada tutulan katı madde miktarının ızgara çubuk aralığı ile değişimi.....	63
Şekil 5.2 : Yüzey yüklemesine bağlı olarak AKM ve BOI ₅ giderim verimi....	74
Şekil 5.3 : Hidrolik bekletme süresine bağlı olarak AKM ve BOI ₅ giderim verimi.....	76
Şekil 5.4 : Sıcaklığa bağlı olarak yüzey yükü düzeltme faktörü.....	77
Şekil 5.5 : Engellenmiş çökeltmede partiküllerin davranışı.....	96
Şekil 5.6 : Çökeltim havuzlarında bekletme süresi ve SVI değerine bağlı katı madde konsantrasyonu.....	100
Şekil 5.7 : Çamurun çökeltme özelliği ile yüzeysel yükleme arasındaki ilişki..	101
Şekil 5.8 : Statik yoğunlaştırıcılarda konsantrasyon dağılımı.....	111
Şekil 5.9 : Düşük hızlı anaerobik çamur çürütücü kesiti.....	128
Şekil 5.10 : Anaerobik çamur çürütmede sıcaklığın biyogaz üretimine etkisi...	129
Şekil 5.11 : Giderilen UAKM'nin sıcaklıkla, bekletme süresiyle değişimi.....	130
Şekil 5.12 : Aerobik stabilizasyonda reaksiyon hızının sıcaklıkla değişimi.....	134
Şekil 5.13 : UAKM giderimi üzerine sıcaklık-çamur bekletme süresinin etkisi	135
Şekil 5.14 : pH'nın zamana göre azalması.....	139
Şekil 5.15 : İkincil stabilizasyonda kireç dozajının pH üzerindeki zamana bağlı etkisi.....	139
Şekil 5.16 : pH=12 olarak tutulma süresinin pH'nın azalmasına etkisi.....	141
Şekil 5.17 : Depolama sahasında çamurun zamana bağlı pH değişimi.....	141
Şekil 5.18 : Sülfür formasyonlarının pH ile değişimi.....	142
Şekil 5.19 : Filtrasyon prosesinin şematik görünümü.....	155
Şekil 5.20 : Filtre pres işlem sürecinde basınç, çamur ilişkisi.....	159
Şekil 6.1 : Atıksu arıtma tesisi olan beş şehrin atıksu karakterizasyonu.....	171
Şekil 6.2 : Ankara iline ait atıksu karakterizasyonu.....	172
Şekil 7.1 : AC sistemi blok diyagramı.....	176
Şekil 7.2 : UAC sistemi blok diyagramı.....	178
Şekil 7.3 : BNR sistemi blok diyagramı.....	178
Şekil 7.4 : 5.000-75.000 nüfuslu yerleşimlerin inşaat yatırım bedeli.....	180
Şekil 7.5 : 100.000-2.000.000 nüfuslu yerleşimlerin inşaat yatırım bedeli.....	181
Şekil 7.6 : 5.000-75.000 nüfuslu yerleşimlerin elektrik ve ekipman yatırım bedeli.....	181
Şekil 7.7 : 100.000-2.000.000 nüfuslu yerleşimlerin elektrik ve ekipman yatırım bedeli.....	182
Şekil 7.8 : 25.000 kişilik AC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı.	183
Şekil 7.9 : 1.000.000 kişilik AC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı.....	184
Şekil 7.10 : 25.000 kişilik UAC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı.....	185

Şekil 7.11	: 1.000.000 kişilik UAC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı.....	186
Şekil 7.12	: 25.000 kişilik BNR sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı.....	187
Şekil 7.13	: 1.000.000 kişilik BNR sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı.....	187
Şekil 7.14	: 5.000-75.000 nüfuslu yerleşimlerin toplam yatırım bedeli.....	188
Şekil 7.15	: 100.000-2.000.000 nüfuslu yerleşimlerin toplam yatırım bedeli...	188
Şekil 7.16	: Toplam yatırımın nüfusa göre dağılımı 5.000-75.000.....	189
Şekil 7.17	: Toplam yatırımın nüfusa göre dağılımı 100.000-2.000.000.....	189
Şekil 7.18	: Toplam yatırımın günlük arıtılan atıksuya göre dağılımı	190
Şekil 7.19	: Toplam yatırımın günlük arıtılan atıksuya göre dağılımı	190
Şekil 7.20	: 25.000 kişilik AC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı....	199
Şekil 7.21	: 1.000.000 kişilik AC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı.	200
Şekil 7.22	: 25.000 kişilik UAC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı...	200
Şekil 7.23	: 1.000.000 kişilik UAC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı.....	201
Şekil 7.24	: 25.000 kişilik BNR sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı...	201
Şekil 7.25	: 1.000.000 kişilik BNR sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı.....	202
Şekil 7.26	: 5.000-75.000 nüfus için farklı proseslerin yıllık enerji maliyetleri.	202
Şekil 7.27	: 100.000-2.000.000 nüfus için farklı prosesleri yıllık enerji maliyetleri.....	203
Şekil 7.28	: 5.000-75.000 nüfus için farklı proseslerin yıllık kimyasal maliyetleri.....	203
Şekil 7.29	: 100.000-2.000.000 nüfus için farklı prosesleri yıllık kimyasal maliyetleri.....	204
Şekil 7.30	: 5.000-75.000 nüfus için hesaplanan birim atıksu arıtma maliyetleri.....	208
Şekil 7.31	: 100.000-2.000.000 nüfus için hesaplanan birim atıksu arıtma maliyetleri.....	209
Şekil 7.32	: AC sisteminde birim atıksu bedeli içindeki sabit ve değişken giderlerin dağılımı.....	211
Şekil 7.33	: UAC sisteminde birim atıksu bedeli içindeki sabit ve değişken giderlerin dağılımı.....	213
Şekil 7.34	: BNR sisteminde birim atıksu bedeli içindeki sabit ve değişken giderlerin dağılımı.....	215
Şekil 7.35	: Finansmanın geri ödemesinin zaman içindeki dağılımı.....	216
Şekil 7.36	: AC’da birim arıtma maliyeti üzerinde ilk yatırım ve işletmenin etkisi.....	217
Şekil 7.37	: UAC’da birim arıtma maliyeti üzerinde ilk yatırım ve işletmenin etkisi.....	218
Şekil 7.38	: BNR’da birim arıtma maliyeti üzerinde ilk yatırım ve işletmenin etkisi.....	218
Şekil 8.1	: Nüfusa göre inşaat yatırım bedellerinin fonksiyonel dağılımı.....	220
Şekil 8.2	: Nüfusa göre elektrik-mekanik bedellerinin fonksiyonel dağılımı...	221

SEMBOL LİSTESİ

BOI₅	: Biyolojik oksijen ihtiyacı (5 günlük) [M/L ³]
KOI	: Kimyasal oksijen ihtiyacı [M/L ³]
AKM	: Askıda katı madde [M/L ³]
UAKM	: Uçucu askıda katı madde [M/L ³]
TP	: Toplam fosfor [M/L ³]
NH₄-N	: Amonyum azotu [M/L ³]
TOK	: Toplam organik madde [M/L ³]
PO₄-P	: Organik fosfor [M/L ³]
TN	: Toplam azot [M/L ³]
C	: Karbon [M/L ³]
N	: Azot [M/L ³]
P	: Fosfor [M/L ³]
KM	: Kuru madde [M]
ml	: Mililitre [L]
lt	: Litre [L]
m³	: Metreküp [L]
gr	: Gram [M]
kg	: Kilogram [M]
ton	: Ton [M]
µm	: Mikron metre [L]
mm	: Milimetre [L]
cm	: Santimetre [L]
m	: Metre [L]
sn	: Saniye [T]
dk	: Dakika [T]
st	: Saat [T]
Psig	: Basınç [M/L ²]
kPa	: Kilopascal olarak basınç [M/L ²]
kJ	: Kilojoule [ML]
Mj	: Megajoule [ML]

TÜRKİYE’DE OPTİMUM MALİYETE DAYALI ATIKSU ARITMA TESİSİ TASARIMI

ÖZET

Kentlerimizdeki atıksu sorununun ülke sınırları içinde en uygun teknolojiyi kullanarak, en düşük maliyetle çözülebilmesi için, öncelikle ülke genelinde birim atıksu oluşumu ve özelliklerinin tespiti için bir çalışma yapılması gereklidir. Bu çalışmanın sonucunda Türkiye’de yaşayan insanların hayat standartları ve yaşam biçimlerine göre ürettikleri atıksuyun miktarı ve özellikleri belirlenmelidir. Yapılacak tüm atıksu arıtma tesislerinde tasarıma esas olarak bu atıksu özellikleri kullanılmalıdır. Türkiye’de atıksu oluşumu ve atıksu karakterizasyonu için bir standardizasyon yapılmazsa, yapılacak tasarımlar için literatür değerlerinin kullanılması zorunlu olacaktır. Bu değerlere göre yapılan atıksu arıtma tesislerinin de yatırım veya işletme giderleri açısından en uygun çözüm olduğunun söylenebilmesi güçleşmektedir. Bugüne kadar Türkiye’de atıksu oluşumu ve karakterizasyonunun yanında atıksu arıtma tesislerinde nüfusa ve kirliliğe bağlı olarak kullanılan tasarım yönteminin de standardizasyonu yapılmamıştır.

Bu sebeple Türkiye’de atıksu arıtma tesisi olmayan yaklaşık 3.000 belediyenin değişken nüfus değerleri dikkate alındığında her bir nüfus değeri için optimum maliyete dayalı arıtma yönteminin belirlenmesi ve uygulanması kısıtlı finansman kaynaklarının uygun biçimde kullanılmasını sağlar.

Bu çalışmada nüfusu 5.000 ile 2.000.000 arasında değişen yerleşim birimleri için optimum maliyete dayalı atıksu arıtma tesisi prosesinin belirlenmesi ve tasarımı için bir standart yöntem önerilecektir. Bu yöntemin belirlenmesinde mevcut kanun ve yönetmelikler, nüfusa bağlı birim atıksu oluşumu ve atıksu karakterizasyonu, tüm nüfus aralıklarında hesaplara temel alınarak, mevcut arıtma proseslerinin uygun olanları denenmiş ve elde edilen yatırım maliyetleri ve ana işletme giderleri değerlendirilerek her nüfus aralığı için en uygun arıtma teknolojisi önerilmiştir.

Uygulanacak olan arıtma proseslerinde günümüzde geçerli olan deşarj standartlarının aradığı parametreler dikkate alınmış ve deşarj standartlarının revize edilmesi veya Avrupa topluluğuna entegrasyonun gerçekleşmesi gibi durumlarda getirilecek ilave parametrelerinde standartları sağlaması için tesislerin kolayca modifiye edilebilir olmasına dikkat edilmiştir.

Çalışmanın sonucunda gerek yatırım gerekse işletme maliyetlerinin temel unsurlarını, 5.000 ile 2.000.000 kişilik yerleşim birimleri için, seçilen proseslerin maliyetlerini içeren grafikler yorumlanarak hesaplamaların değerlendirilmesi yapılmış, uzun süredir işletilmekte olan beş ayrı atıksu arıtma tesisinden alınan ölçüm sonuçları değerlendirilmiş ve yapılan literatür çalışmasına da dayanarak Türkiye’de atıksu oluşumu ve karakterizasyonu için kullanılabilecek değerler belirlenmiştir.

Böylece belirli bir nüfus aralığı için Türkiye'deki atıksu kompozisyonuna göre önerilmiş olan optimum prosesin uygulanmasıyla birim atıksu arıtımı için yatırım ve işletme maliyetlerinin yanında farklı proseslerin kullanılması durumunda karşılaşılabilecek maliyetlerde belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, mevcut yönetmeliklerin evsel nitelikli atıksu arıtımında sadece KOI, BOI₅, AKM ve pH parametrelerin giderilmesini şart koşmasından dolayı arıtma tesislerinin optimizasyonlarının arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların uzaklaştırılmasına ilişkin yöntemlere bağlı olduğunu göstermiştir.

Böylece işletme maliyetleri içinde büyük bir öneme sahip olan enerji maliyetlerinin azaltılmasını veya oluşacak fazla çamur miktarının azaltılmasını sağlayacak olan alternatif prosesler optimum maliyeti yansıtmaktadır. Bu nedenle anaerobik çamur çürütme sistemlerinin çamur stabilizasyonunda özellikle 100.000 kişiden daha fazla nüfusa sahip olan belediyelerimizde dikkate alınmasında uzun vadede maliyet açısından büyük yarar görülmektedir.



WASTEWATER TREATMENT PLANTS DESIGN IN TURKEY ON OPTIMUM COST BASIS

SUMMARY

It's neccecery to perform a study for the determination of the characteristics and formation of the wastewater in the country in general in order to solve the wastewater problem in our cities with the lowest possible cost by using the most convinient technology available in the country. The result of this study should put forward the properties and quantities of the wastewater characteristics, which have to be determined as people's standarts and living style in Turkey. In principle, this wastewater characteristics have to be utilized in the design of all wastewater treatment plants to be built. If there does not exist a standardization on the formation and characterization of wastewater in our country, it would be necessary to use the data given in the literature in the design. Considering the investment amounts or operational costs, it becomes also difficult to say that wastewater treatment plants built with these data are the most convinient solutions.

Besides the wastewater formation and characterization, there also does not exist any standardization on the design method of the wastewater treatment plants with respect to populations and pollution levels.

Therefore, considering the variable populations of around 3,000 municipalities do not have a wastewater treatment plant in Turkey, the determination of the treatment method for each of the population range based on optimum costs and its application provides most convinient use of the financial resources which are already limited.

In this study, a standard method for the design and the determination of a wastewater treatment plant process, based on optimum costs for the settlements with populations ranging between 5,000 up to 2,000,000 people, will be proposed.

In the determination of this method the most convinient of all the available treatment processes have been studied according to the analyses carried in all population ranges in the consideration of the laws and regulations currently in force, unit wastewater formation with respect to population and wastewater characterization. and the outcome and investment plus operational costs have been analysed and the most convinient treatment technology has been proposed for each of population range. In the treatment processes to be applied, the parameters required for the current valid discharge standards have been considered and easy modifications in the plants have also been considered to reach to the additional parameters required for the standards with the possibilty to be in force in case that the discharge standards revised or integration to the Eropéan Union is realized.

As a result of the study, the graphics showing the costs of the processes selected for the settlements with populations ranging between 5,000 up to 2,000,000 people and including the investment amounts and principle items of the operational costs have been analyzed. In addition, the results of the analyses taken from wastewater treatment plants under operation rather longly have been analyzed and the data to be used for the wastewater formation and characterization in Turkey have been determined based on the literature as well. In this way, other than the investment amounts and operational costs for one unit wastewater treatment based on the optimum process proposed for a certain population range and for the wastewater composition in Turkey respectively, the costs for different processes have also been calculated. The conclusions made in this study show that the optimization of the wastewater treatment plants depends on the methods on the removal of the sludge produced in the wastewater treatment plants since the current regulations only force the removal of the parameters COD, BOD₅, SS and pH in the municipal wastewater treatment.

Therefore, the alternative processes providing the reduction of the excess sludge amount produced or the reduction of the energy costs considerably important in the operational costs reflect the optimum cost. For this reason, primarily for our municipalities having populations greater than 100,000 people, in the long terms for the cost it seems considerably advantageous that sludge digestion systems have to be.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Günümüzde Türkiye’de yapılmış olan kentsel atıksu arıtma tesislerinin bir bölümü çalışmamakta ve yapılmış olan yatırım atıl kalmaktadır. Bu durumun sebepleri detaylı olarak incelendiğinde, çoğunlukla işletme giderlerinin çok fazla olması (elektrik, personel vb.) veya tesisin proses ve/veya ekipman tasarımının doğru olarak yapılmadığı söylenebilir.

Ülke genelinde atıksu arıtma tesislerindeki durum incelendiğinde, yapılan tasarım hatalarının büyük bir kısmının ortak noktasının tasarıma esas atıksu karakterizasyonunun doğru yapılmamasından veya karakterizasyonun hiç olmadığından kaynaklandığı ifade edilebilir. Bunun anlamı atıksu arıtma tesisi olan şehirlerimizde, kasabalarımızda, uygun biçimde veri toplaması ve derlenmesi yapılmadığı için arıtma tesisi olmayan yerleşim bölgelerinde yapılması planlanan tesislerin tasarımına esas teşkil edecek sağlıklı data üretimi oluşturulmamış ve sonuç olarak, Türkiye’de kişisel kullanıma bağlı olarak meydana gelecek evsel atıksuyun miktarı ve karakteri hakkında düzenli ölçümlerle desteklenmiş, sağlıklı bir atıksu karakterizasyonu bulunmamaktadır.

Planlanan altyapı yatırımlarının bir kısmı, birim atıksu oluşumu ve karakterizasyonu ülkemiz koşullarına uygunluğu kanıtlanmamış olan yabancı ülkelere sağlanan veriler esas alınarak yapılmış ve yapılmaktadır. Bu esasa göre tasarlanan ve inşa edilen atıksu arıtma tesisleri gereğinden daha büyük yatırım veya işletme giderlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Buda, kısıtlı olan finansman imkanlarının optimize edilmeden kullanılması anlamına gelmektedir.

Finansman imkanları çok geniş olmayan yerleşim alanlarında, yabancı kredilerin kullanılması ile yapılan yatırımların geri ödenmesi için kullanılan suyun birim hacmi başına tahsil edilen bedellerin yüksekliği bu yatırımların tasarımlarının ne kadar uygun olduğu konusunda fikir verebilir.

Ayrıca yürürlükte bulunan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği gereği farklı nüfus aralıkları ve kirletici yükleri için aranmakta olan deşarj standartlarına ulaşmak amacıyla tasarlanan atıksu arıtma tesisinin proses seçenekleri mutlaka biyolojik arıtma sistemlerinden birinin uygulanmasını zorunlu kıldığı için kaynak kullanımının optimize edildiği söylenemez.

Havza bazında standartların belirlenmesi ve ivedilikle uygulamaya geçirilmesiyle gerek nüfus gerekse deşarj yapılacak yerin özelliğine göre proses seçiminin ve buna bağlı yatırım ve işletme giderlerinin optimize edilebileceği söylenebilir.

Bu çalışma içinde bahsedilen bu eksikliklerden bazılarının giderilmesine yardımcı olabilmek için, Türkiye’de yapılmış ve uzun süredir işletilmekte olan bazı atıksu arıtma tesislerinden, ülkemizin koşullarını yansıtan birim evsel atıksu oluşumu ve karakterizasyonu için sabit değerlerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

Bu karakterizasyon çalışmasının yanında yürürlükte bulunan yönetmelik şartları dikkate alınarak, nüfusa bağlı olarak optimum yatırım ve işletme maliyetini gözeterek arıtma prosesi seçimi ve bu sistemde kullanılan proseslerinin temel tasarım esasları, maliyetlerine paralel olarak verilmektedir.

Böylelikle gelecekte yapılması planlanan yeni tesislerin hizmet edecekleri nüfusa göre, hangi proseslerin kullanılarak tasarlanması gerektiği, finansman ihtiyacı, bu finansmanın kullanıcılara ne şekilde yansıtılacağı hakkında somut bilgiler 5.000-2.000.0000 kişi arasında değişen nüfuslar için hesaplanmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Türkiye’de eksikliği bulunan birim atıksu oluşumu ve evsel atıksu karakterizasyonu için 5.000 kişilik küçük bir yerleşim ile 2.000.000 kişi veya üzerinde nüfusa sahip metropoliten bir şehir arasındaki, değişik nüfuslu evsel atıksu arıtma tesislerinin tasarımında kullanılabilir bir karakterizasyonun önerilmesinin yanı sıra, bu aralıktaki nüfuslara sahip olan yerleşim birimleri için muhtelif arıtma seçenekleri irdelenerek optimum maliyete dayalı bir proses tasarımı yapılmıştır.

Bu tasarıma bağlı olarak hesaplanmış yatırım ve işletme maliyetleri finansman modellerinde kullanılmış ve kullanıcılardan tahsil edilmesi gerekli su bedeli hakkında öneriler oluşturulmuştur.

Her nüfus aralığı için birbirinden farklı proses çözümlerine gidilerek yürürlükte bulunan mevzuata uygun çıkış suyunun elde edilmesi mümkündür. Ancak bunların bazıları yatırım, bazıları da işletme giderleri bakımından en uygun olan çözümü yansıtmazlar. Bu nedenle yürürlükteki mevzuatı ve gelecekteki muhtemel mevzuat değişikliklerini de göz önüne alarak 5.000-2.000.000 kişi arasındaki 18 farklı nüfus için atıksu arıtma tesislerinin optimize edilmesi amacıyla değişik proses çözümleri maliyetleri ile birlikte grafikler halinde ifade edilmiştir.

Birim evsel atıksu oluşumu ve atıksu karakterizasyonunun tespiti için Türkiye’de yapılmış ve uzun süredir işletilen farklı büyüklükteki atıksu arıtma tesislerinden bazılarının giriş suyu analizleri statiksel anlamda değerlendirilmiş ve literatür değerleri ile karşılaştırılmış ve çalışmada kullanılan 18 farklı nüfusa ait atıksu arıtma tesisi tasarımı için kullanılmıştır.

Burada uygulanan süreçte yürürlükteki deşarj standartlarının, mekanik arıtma veya kimyasal madde dozlanması ile desteklenmiş mekanik arıtma gibi basit ve düşük yatırım maliyeti olan proseslerin kullanılmasına olanak tanımamasından dolayı, biyolojik arıtmanın değişik yöntemleri üzerinde durulmuştur. Asıl hedef BOI₅, KOI gibi atıksu içindeki organik maddeyi temsil eden parametrelerin giderilmesidir. Maliyet çalışmasına esas olarak, planlanan tesisin N giderimi de yapacak biçimde tasarlanması durumu aynı maliyet analizlerine dahil edilmiştir.

Maliyete etkiyen önemli hususlardan biri olan çamur uzaklaştırma sistemi seçimi için ise her nüfus için farklı yöntemler (kimyasal, aerobik veya anaerobik stabilizasyon) incelenmiş ve gerek yatırım gerekse işletme gideri düşük olan seçenek uygulanmıştır. Kimyasal stabilizasyonun uygulanabilir bir çözüm olarak görülmesindeki en büyük etken, kireç ile karıştırılmış olan çamurların katı atık depolama alanlarına kabul edilmesinde mevcut yönetmelikler gereği bir engel bulunmaması ve katı atık depolama sahalarına boşaltımın ücretlendirilmemesinden kaynaklanmıştır.

Bu seçim sırasında elektrik enerjisinin maliyeti dikkate alınarak enerji tüketen tesislerin yerine enerji üreten sistemlerin yatırımlarının optimum olabileceği nüfus değerlerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Seçilen prosesin tasarımı için literatürde verilmiş olan farklı yöntemler incelenmiş (ATV, StoWa, vb.) ve bunların karşılaştırması yapılarak ülke şartlarına uygun olanı seçilmiştir.

Seçilen her yöntemin temel tasarım parametreleri genel esaslarıyla verilerek bu parametrelerin neyi ifade ettiği de ilgili bölümde açıklanmıştır. Böylelikle proses ünitelerinin tasarımı içinde bir standart yöntem oluşturulmasına çalışılmıştır.

Özellikle işletme optimizasyonu açısından biyolojik arıtmadaki oksijen hesabı, havalandırıcı seçimi vb. unsurların genelleştirilmesine çalışılmıştır.

Çamur yoğunlaştırma süreci için geleneksel metotlara alternatif olan ve gelişen teknolojiye paralel olarak maliyetleri azalan mekanik yoğunlaştırıcıların kullanımı incelenmiştir.

Çamur stabilizasyonu geniş olarak ele alınmış ve büyük kapasiteli tesislerde etkin olarak kullanılabilecek elektrik enerjisi üretimi incelenmiştir. Bütün bu çalışmalar yapılırken literatürde verilen tasarım esasları, Türkiye’de uygulanmış sistemler ile karşılaştırılmıştır.

Tasarımı yapılan sistemin maliyetinin bulunması için Türkiye’de resmi ihalelerde geçerli olan Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyatları ile özel sektörde kullanılan uygulama fiyatları karşılaştırılmış ve her kalem için reel koşullara uygun olanı seçilmiştir. Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyatları özellikle sene başında ve sonunda reel uygulamaya göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

Çalışmaya esas 18 farklı nüfus için tasarımı yapılan değişik proses alternatifinin inşaat metrajı çıkarılmış, mekanik ekipman, elektrik ve enstrümantasyon maliyeti bu maliyeti üzerine eklenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafiklerle ifade edilerek yorumları sonuç ve öneriler kısmında verilmiştir.

2. KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN DURUMU

Türkiye’de kanalizasyon tesislerinin yapımı ve denetlenme görevi, 1930 yılında çıkan 1580 sayılı Belediyeler Kanunu ve 1593 Sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu ile belediyelere verilmiştir. DPT’nin 1980 yılında başlatılan “Uluslararası İçme suyu ve Hıfzısıhha On Yılı Çalışmaları” çerçevesinde her yere ve herkese sağlıklı içme suyu ve kanalizasyon sisteminin yapılması benimsenmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004). 1981 tarihli Belediye Gelirleri Kanunu kanalizasyon tesisleri yapımında yapı ve arsa sahiplerinin harcamalara katılma payı ödemeleri hükmünü getirerek, 1985 tarihli İmar Kanunu kanalizasyon tesisini inşaat ruhsatı koşulu sayarak bu görevi yasa düzeyinde pekiştirmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004).

1980’li yıllarda çevre sağlığı ve kirlenmenin önlenmesi ilkeleri anayasal (Anayasa madde-56) hüküm haline gelmiş ve 1983 yılında Çevre Kanunu çıkarılarak güvence altına alınmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004). 1988 tarihli Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğiyle kanalizasyon sistemi ile toplanan atıksuların çevreye zarar vermeyecek şekilde arıtıldıktan ve/veya yeterli düzeyde seyreltildikten sonra alıcı ortama deşarj edilmesi ilkeleri getirilmiştir. Ayrıca, 1992 yılında Rio De Janerio’daki Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansının sonuç bildirisini imzalayarak benimseyen ülkemiz, böylece atıksuların 2025 yılına kadar tamamının arıtılarak bertaraf edilmesini hedef olarak kabul etmiş bulunmaktadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Kanalizasyon konusu, belediyeler adına İller Bankası tarafından 1949 yılından sonra ele alınmaya başlamıştır. Ancak, 1956 yılında içme suyu projelendirme ilkelerinde kişi başına öngörülen su miktarının az olduğu ve artırılması gerektiği kararına varılmış; yeni bir içme suyu proje yönetmeliği hazırlanmıştır.

Bu önemli değişiklik, hazırlanmış kanalizasyon projelerini kullanılmaz duruma getirmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004). 1957 yılında içme suyu proje ilkelerinde yapılan değişikliklere uygun yeni bir kanalizasyon yönetmeliği yapılmıştır. Ancak, kanalizasyon yapımı için gerekli su kullanım miktarına ulaşamaması, yapım çalışmalarının ertelemesine neden olmuştur (www.yerelnet.org.tr 2004). Ülke genelinde kanalizasyon yapımı çalışmaları 1969 yılında başlamış, 1972 yılında İller Bankası'nda toplanan yatırım sayısı 23'e yükselmiştir. Kanalizasyon projeleri ayrıntı sistem esasına göre ve beldenin gelecek 35 yıllık gelişmesi göz önüne alınarak yaptırılmaya başlanmıştır. İller Bankası kanalıyla, ülke genelinde, 1970-80 yılları arasında 11 tesis, 1980-90 yılları arasındaki 60 tesis ve 1998 yılı sonuna kadar da 82 tesis olmak üzere toplam 153 kanalizasyon sistemi hizmete açılmıştır. Ayrıca 33 belediyede tam arıtma, 29 belediyede de derin deniz deşarjı tesisi işletilmeye başlamıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

2003 yılında kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen 2164 belediyeden kanalizasyon şebekesi ile 3201 milyon m³ atıksuyun alıcı ortamlara deşarj edildiği tespit edilmiş bulunmaktadır (DİE 2003 yılı Belediye atıksu istatistikleri).

DİE tarafından yapılan çevre istatistikleri kapsamında yıllık olarak uygulanan Belediye Kanalizasyon İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre, 2001 yılı içerisinde belediye teşkilatı olan yerleşim yerlerinde nüfusun %75.3'üne kanalizasyon şebekesi ile hizmet götürülmüştür (DİE 2001 çevre envanteri). Kanalizasyon şebekelerinden toplam 2.73 milyar metreküp atıksu deşarj edilmiş, bu atıksuyun yalnızca %44.27'si arıtılarak deşarj edilmiştir. Belediye teşkilatı olan yerleşim birimlerinde kanalizasyon şebekelerine ait deşarj edilen atıksu ve arıtım durumunun detayı Tablo 2.1 verilmiştir.

Bu tarihten sonra 1992 yılında Rio De Janerio'daki Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında konulmuş olan hedefe varmak için kentlerde yapılmış olan arıtma tesisi ve/veya deniz deşarjı tesislerinin sayısı artmış olup, 2001 yılı itibarıyla mevcut durumun özeti Tablo 2.2 de verilmiştir. (DİE 2001 çevre envanteri).

Günümüze kadar yapılmış olan yeni tesislerin sayısını, kapasitesini ve diğer özelliklerini DİE tarafından 2001 yılında açıklanan ve arıtma tesislerinin en güncel durumunu gösteren çevre envanteri kapsamında görmek mümkündür. Bu envanterden derlenen bilgiler Tablo 2.3. de verilmiştir.

İller Bankası yıllık yatırım programları çerçevesinde belediyelerden aldığı yetkiye dayanarak belediyelerin kanalizasyon ve atıksu arıtma tesisi yatırımlarını gerçekleştirmekte ve tamamlanan tesisleri işletilmek üzere belediyelere devretmektedir. Ele alınan işlerin projeleri ihale yoluyla yaptırılmakta, inşaat ihale dokümanları hazırlanmakta, inşaat ihaleleri yapılmakta ve inşaat kontrollüğü de Banka'nın bölge teşkilatı tarafından gerçekleştirilmektedir. İller Bankası'nın belediyeler adına yatırım yapabilmesi gittikçe kötüye giden finansman koşulları sebebiyle programlanandan geride kalmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Bu nedenle, günümüzde Büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idareleri, Turizm Bakanlığı, GAP İdaresi, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ve Toplu Konut İdaresi Başkanlığı gibi çeşitli kuruluşlar da sektörde yatırım yapmaktadırlar. İller Bankası, Büyükşehir Belediye'lerinin yetkili olduğu alanlarda hemen hemen hiçbir etkinliğe sahip değildir. Bu belediyeler altyapı sorunlarını dış kaynaklı kredi ile ve yatırım sürecini doğrudan kendileri yöneterek çözmektedirler. Banka yalnızca Büyükşehir belediyeleri alanından değil, bu statüde olmamakla birlikte nüfusu yüksek olan belediyelerin alanından da çıkmıştır. Bu belediyelerde ön planda toplayıcı ve kolektör hatları yapılmaktadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Dış kredi için Hazine tarafından garanti verilen bölgeler, çevre sağlığı sorunu ağır basan büyük belediyeler, turizm potansiyeli yüksek beldeler ile özellikle sahillerdeki turistik yerleşimler, yok edilmesi halinde tekrar kazanılması mümkün olmayan ve koruma altına alınan hassas ekosistemlerin barındığı özel çevre koruma bölgeleri kanalizasyon atıkları ile kirleten beldeler öncelikli olarak ele alınmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Tablo 2.1 Atıksu hizmeti alan nüfusun dağılımı (DİE 2001 Çevre Envanteri)

Arıtım ve kanalizasyon sistemi durumu	Sayısı / miktarı
Toplam Belediye Sayısı	3215 adet
Belediye nüfusu	53.377.431 kişi
Belediye nüfusunun Türkiye nüfusuna oranı	%78.7
Kanalizasyon şebekesi olan belediye sayısı	1879
Hizmet ettiği nüfus yüzdesi	%75.3
Şebekeden deşarj edilen atıksu miktarı m ³ /gün	7.471 x 10 ³
Atıksu arıtma tesisi kullanılan belediye sayısı	170
Atıksu arıtma tesisi sayısı	112
Hizmet ettiği nüfus yüzdesi	%16,8
Deniz deşarjı yapan belediye sayısı	58
Atıksu arıtma tesisi kapasitesi m ³ /gün	6.452 x 10 ³
Fiziksel arıtma	2.765 x 10 ³
Biyolojik arıtma	2.953 x 10 ³
Gelişmiş arıtma	732 x 10 ³
Arıtılan miktar m ³ /gün	3.307 x 10 ³
Fiziksel arıtma	1.251 x 10 ³
Biyolojik arıtma	1.620 x 10 ³
Gelişmiş arıtma	436 x 10 ³
Kanalizasyon şebekesinin işletilmesinden sorumlu birimler	
Belediye birimi	3069 adet
Bağlı kuruluş	131 adet
Özel sektör	3 adet
Birlik	12 adet

İller Bankası yatırım programında bulunan işler, Banka'nın öz kaynaklarından, Belediyeler Fonu'ndan ve belediye katılımı ile finanse edilmektedir. Bu kaynaklardan 1985 yılına kadar, %90 Belediyeler Fonu ve %10 Banka öz kaynakları olmak üzere yararlanılmıştır. Ancak 1985 yılından sonra durum değişmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Birincisi, Belediyeler Fonu'ndan Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Fonu'na %10; 1992 yılından itibaren Afetler Fonuna %1, 1986 yılından itibaren de %25-%40 arasında değişen oranlarda Hazine'ye pay ayrılmaya başlanmıştır. Böylece Belediyeler Fonu'ndan Banka yatırıma aktarılan miktar ve bu kaynağın toplam yatırım içindeki payı gittikçe azalmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

İkincisi, Belediyeler Fonu aktarımı kesintiye uğratılmıştır. Bu Fon, genel bütçe vergi gelirlerinden ayrılan %3 (1990 yılında %2.3) oranında gelir ile Akaryakıt Tüketim Vergisinden aktarılan paralardan oluşur (www.yerelnet.org.tr 2004).

1985 yılında Fon yönetmeliği değiştirilmiş, belediyelerin geri ödemesiz yararlandıkları bu Fon'dan borçlanma şeklinde yararlanmaları esası getirilmiştir. Ancak bu düzenleme Danıştay tarafından iptal edilmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Fon, 1993 yılından itibaren Genel Bütçe kapsamına alınmış, bütçe yasalarına konulan hükümlerle Fon gelirleri müşterek fon hesabına yatırılmaya ve Belediyeler Fonu hizmetleri için, Akaryakıt Tüketim Kanunu gereğince ayrılan pay da dahil, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı bütçesine ödenek konulmaya başlanmıştır. Bu uygulama gereğince Fon payı her ay (%2 Boğaziçi İmar Müdürlüğü payı ayrıldıktan sonra) İller Bankası tarafından Hazine'nin Merkez Bankasındaki Müşterek Fon Hesabı'na yatırılmaya başlanmıştır. Para İller Bankası'na, bütçeye konulan ödeneklerden, Maliye Bakanlığı Bütçe Uygulama Talimatlarında belirlenen serbest bırakma oranlarında kullanılmaya başlanmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Sonuçta Fon miktarı yıldan yıla artış göstermiş, ne var ki Bütçe Uygulama Talimatları ile ödenek kullanımının sınırlandırılması ve Başbakanlık onayları ile diğer fonlara aktarma yapılması nedeniyle bütçeye konulan ödenekler azalmıştır. Belediyeler Fonu'nun kesintili aktarımı ve yapılan yatırımların günün koşullarına göre geri dönüşünün sağlanmamış olması, kısaca finansman sisteminde beliren dağılma, sektör yatırımlarını önemli ölçüde daraltmıştır(www.yerelnet.org.tr 2004).

Tablo 2.2 Belediyelerin kanalizasyon sistemi ve arıtma tesisi kullanımına göre dağılımı (DİE çevre envanteri 2001)

İller	Toplam belediye sayısı	Belediye nüfusu	Kanalizasyon şebekesi kullanan		Arıtma tesisi kullanan	
			Belediye sayısı	Belediye nüfusu içindeki yüzdesi	Belediye nüfusu içindeki yüzdesi*	
TÜRKİYE	3 215	53 377 431	1 879	75,3	170	16,8
Adana	53	1 567 944	27	83,9	2	4,9
Adıyaman	28	409 832	12	77,1	2	45,2
Afyon	108	644 053	88	79,5	1	19,2
Ağrı	12	265 494	9	46,4	-	-
Amasya	29	248 195	24	86,2	-	-
Ankara	67	3 712 005	55	96,1	12	87,1
Antalya	103	1 413 280	24	30,9	16	27,5
Artvin	12	95 581	9	67,8	-	-
Aydın	54	663 127	18	58,4	5	42,1
Balıkesir	52	691 665	42	87,5	5	14,0
Bilecik	15	141 041	13	89,1	-	-
Bingöl	13	141 510	8	77,4	-	-
Bitlis	15	254 642	6	55,6	-	-
Bolu	13	153 389	13	95,2	2	19,7
Burdur	29	175 616	18	75,2	1	9,9
Bursa	55	1 800 896	50	97,3	9	74,7
Çanakkale	34	276 966	27	78,9	1	0,6
Çankırı	28	182 168	18	76,2	-	-
Çorum	38	362 467	25	87,6	1	44,1
Denizli	100	668 806	57	71,7	-	-
Diyarbakır	32	954 496	22	65,3	-	-
Edirne	26	269 882	17	75,8	-	-
Elazığ	26	432 086	11	78,4	1	60,4
Erzincan	29	247 235	13	62,7	1	43,3
Erzurum	39	613 806	32	92,6	-	-
Eskişehir	32	606 393	16	79,3	3	71,7
Gaziantep	28	1 074 178	23	95,9	3	79,5
Giresun	31	329 820	21	66,2	-	-
Gümüşhane	18	115 729	13	73,4	-	-
Hakkari	8	159 264	2	27,4	-	-
Hatay	76	954 148	16	33,7	1	13,3
Isparta	50	421 763	42	85,1	2	39,2
İçel	70	1 404 078	18	60,8	7	47,9
İstanbul	74	9 838 860	62	83,9	41	80,7
İzmir	89	3 015 330	67	84,8	5	68,3
Kars	10	147 092	4	56,3	-	-
Kastamonu	21	176 609	18	50,9	-	-
Kayseri	65	895 194	30	74,0	-	-
Kırklareli	26	240 129	22	87,2	-	-
Kırşehir	30	196 220	9	53,0	-	-
Kocaeli	45	1 089 256	30	80,5	4	19,1
Konya	206	1 920 108	93	65,6	4	5,0
Kütahya	77	481 539	68	87,0	2	35,1
Malatya	54	686 355	37	80,8	-	-
Manisa	84	919 718	64	83,3	4	33,7

Tablo 2.2 Belediyelerin kanalizasyon sistemi ve arıtma tesisi kullanımına göre dağılımı (DİE çevre envanteri 2001) devamı

İller	Toplam belediye sayısı	Belediye nüfusu	Kanalizasyon şebekesi kullanan		Arıtma tesisi kullanan	
			Belediye sayısı	Belediye nüfusu içindeki yüzdesi	Belediye nüfusu içindeki yüzdesi*	
TÜRKİYE	3 215	53 377 431	1 879	75,3	170	16,8
Kahramanmaraş	64	741 617	15	68,9	2	9,2
Mardin	31	501 829	18	46,3	-	-
Muğla	61	445 940	16	39,8	5	11,8
Muş	27	252 721	8	29,7	-	-
Nevşehir	45	236 901	29	71,9	3	11,1
Niğde	52	271 410	16	51,5	2	37,5
Ordu	72	651 672	47	51,0	3	32,9
Rize	21	239 997	15	51,5	-	-
Sakarya	40	517 550	18	74,7	-	-
Samsun	51	739 758	22	79,1	3	14,5
Siirt	13	178 416	13	85,5	-	-
Sinop	11	107 103	11	91,7	-	-
Sivas	46	513 092	36	87,3	-	-
Tekirdağ	33	500 123	20	73,3	1	18,2
Tokat	77	598 165	66	87,4	1	0,4
Trabzon	77	727 320	41	55,0	1	1,9
Tunceli	10	56 932	9	83,5	-	-
Şanlıurfa	26	914 185	12	71,5	1	38,0
Uşak	24	222 924	19	81,5	-	-
Van	20	496 336	2	40,1	2	40,1
Yozgat	65	475 911	37	64,3	-	-
Zonguldak	32	386 379	26	68,8	4	44,4
Aksaray	48	321 840	7	39,2	1	30,3
Bayburt	9	55 196	8	93,9	-	-
Karaman	16	175 258	4	48,3	1	42,1
Kırıkkale	27	339 139	17	85,5	-	-
Batman	12	326 746	7	78,4	-	-
Şırnak	20	257 944	3	39,7	-	-
Bartın	9	62 145	9	82,6	-	-
Ardahan	9	45 875	5	35,9	-	-
Iğdır	8	96 472	1	43,4	1	43,4
Yalova	15	127 451	8	72,9	2	60,9
Karabük	8	162 494	8	97,2	-	-
Kilis	5	76 824	4	79,5	-	-
Osmaniye	16	350 472	2	44,4	-	-
Düzce	11	145 329	7	74,3	2	41,5

* Kanalizasyon şebekesinin hizmet ettiği nüfusa göre hesaplanmıştır.

Sektördeki finansman sıkıntısının yanı sıra en önemli darboğazlardan biri de belediyelerin mevcut yapılanmalarından kaynaklanmaktadır. Yatırımları gerçekleştirmek yalnızca çevrenin korunması anlamına gelmez. Yapılan bu işlerin devamını sağlamak, yani bu tesislerin işletilmesini sağlamak gerekmektedir. Ne var ki bugünkü haliyle Banka tarafından yaptırılan ve işletilmek üzere belediyelere devredilen bu tesisler, gerek teknik eleman yokluğu gerekse de işletme ve bakım masraflarını karşılamadaki zorluklar nedeniyle kısa sürede büyük problemlere maruz kalmakta ve hatta atıl yatırımlara dönüşebilmektedir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Belediye kamu tesisleri işletmelerinin gerekli düzeye çıkarılmaları için birleşerek güçlü duruma gelmeleri, ilk önce üzerinde durulacak girişimler olarak düşünülmelidir. Birçok ülkede belediyeler hizmet birlikleri kurarak işletme düzenlerinde masraflarını azaltmışlar, işletme kalitesini arttırmışlar, çok geniş bakım ve tamir atölyeleri kurmuşlar; böylece işletme malzemesi alım, dağıtım ve depolanmasında ucuzluk, düzen ve hız sağlamışlardır. Türkiye’de de benzer tarzda örgütlenen ve sayısı gün geçtikçe artan belediye birliklerine yatırım programlarında rastlamak mümkündür. Ancak bu birliklerin yeterince verimli olarak çalıştıklarını söylemek için zaman henüz çok erken görülmektedir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Belediyelerin teknik kadrolarını güçlendirdikleri takdirde İller Bankası kuruluş yasasında da gerekli düzenlemeler yapılarak, belediyelerin işletme sorunlarına belirli ölçülerde eğilebilecek ve belediye personeline eğitim olanakları sağlamak amacıyla organize olabilecek bir yeniden yapılanmaya gidilmesi gerekmektedir. Belediye örgütlenmesinde metropoliten alanlar için farklı bir model arayışı, 1984 yılında "Büyükşehir Belediyesi Modeli"nin uygulamaya girmesi ile sonuçlanmıştır.

Büyükşehir modeli, genel örgütlenmenin yanı sıra su ve kanalizasyon hizmetlerinin örgütlenmesini de farklılaştırmış; bu statüyü alan her belediyede bir "Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü" kurulmaya başlanmıştır (İSKİ, ASKİ, BUSKİ, İZSU vb). Ankara, İstanbul ve İzmir kentlerinde başlayan Büyükşehir uygulaması, günümüzde 15 kenti kapsamaktadır. 1997 nüfus sayım sonuçlarına göre Büyükşehir belediyelerinde 21 milyon kişi, ülke nüfusunun %34’ü yaşamaktadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Tablo 2.3 Atıksu arıtma tesislerinin mevcut durumu (DİE çevre envanteri 2001)

TÜRKİYE	Fiziksel Arıtma 1000 m ³ /yıl			Biyolojik Arıtma 1000 m ³ /yıl			Gelişmiş Arıtma 1000 m ³ /yıl		
	Tesis sayısı	Toplam kapasite	Arıtılan miktar	Tesis sayısı	Toplam kapasite	Arıtılan miktar	Tesis sayısı	Toplam kapasite	Arıtılan miktar
Adana	44	1 009 546	456 618	65	1 078 137	591 491	3	267 302	159 150
Adıyaman	2	23.179	12.520	2	4.158	2.828	-	-	-
Afyon	-	-	-	1	21.760	16.425	-	-	-
Ağrı	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amasya	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ankara	-	-	-	4	287.019	182.357	-	-	-
Antalya	1	5.500	5.500	8	74.751	55.325	-	-	-
Artvin	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydın	2	29.959	14.664	3	9.946	4.807	-	-	-
Balıkesir	2	18.751	3.531	3	20.265	5.667	-	-	-
Bilecik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bingöl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bitlis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolu	2	2.081	1.521	-	-	-	-	-	-
Burdur	1	4.460	946	-	-	-	-	-	-
Bursa	2	21.444	2.323	4	120.860	53.665	-	-	-
Çanakkale	-	-	-	1	110	73	-	-	-
Çankırı	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çorum	-	-	-	1	22.075	11.038	-	-	-
Denizli	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Edirne	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elazığ	-	-	-	1	38.880	11.915	-	-	-
Erzincan	-	-	-	1	9.800	7.200	-	-	-
Erzurum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eskişehir	-	-	-	1	27.375	20.000	-	-	-
Gaziantep	-	-	-	1	73.000	55.915	-	-	-
Giresun	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gözü	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gümüşhane	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hakkâri	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hatay	-	-	-	1	30.806	913	-	-	-
İsparta	-	-	-	2	17.907	13.108	-	-	-
İçel	2	55.438	52.706	2	15.701	9.862	-	-	-
İstanbul	4	639.587	265.464	4	58.575	36.462	2	46.550	14.411
İzmir	2	11.710	4.818	2	767	553	1	220.752	144.740
Kars	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kastamonu	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 2.3 Atıksu arıtma tesislerinin mevcut durumu (DİE çevre envanteri 2001) devamı

	Tesis sayısı	Fiziksel Arıtma 1000 m ³ /yıl			Tesis sayısı	Biyolojik Arıtma 1000 m ³ /yıl			Tesis sayısı	Gelişmiş Arıtma 1000 m ³ /yıl		
		Toplam kapasite	Arıtılan miktar	Arıtılan miktar		Toplam kapasite	Arıtılan miktar	Arıtılan miktar		Toplam kapasite	Arıtılan miktar	Arıtılan miktar
Kayseri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kırklareli	1	-	657	-	2	38.550	38.325	-	-	-	-	-
Kocaeli	3	693	7.569	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konya	-	9.461	-	-	2	30.453	15.440	-	-	-	-	-
Kütahya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malatya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manisa	1	200	189	-	3	35.478	15.114	-	-	-	-	-
Kahramanmaraş	1	1.825	730	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mardin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Muğla	1	5.475	4.300	-	5	14.793	5.250	-	-	-	-	-
Muş	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neveşehir	-	-	-	-	2	35.215	2.136	-	-	-	-	-
Niğde	1	7.500	1.876	-	1	11.100	4.905	-	-	-	-	-
Ordu	2	15.160	3.780	-	1	164	117	-	-	-	-	-
Rize	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sakarya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samsun	-	-	-	-	3	37.765	4.575	-	-	-	-	-
Tokat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trabzon	3	17.753	13.625	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tunceli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Şanlıurfa	1	47.304	25.550	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uşak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Van	-	-	-	-	2	32.032	14.292	-	-	-	-	-
Yozgat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zonguldak	3	23.707	6.425	-	1	73	73	-	-	-	-	-
Aksaray	1	18.000	9.125	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bayburt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karaman	1	21.738	5.034	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kırıkkale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bartın	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Şırnak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bartın	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ardahan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İğdır	1	2.628	552	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yalova	2	13.473	5.805	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karabük	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Düzce	1	1.798	1.100	-	1	8.760	3.153	-	-	-	-	-

Buna karşın 15 Büyükşehir belediyesi, ülke genelinde belediyeler tarafından bir yıl içinde toplanan suyun %53'ünü toplamakta, ülke genelinde belediyelerce dağıtılan suyun %46'sını dağıtmaktadır. Belediyeler genelinde su üretimi için yapılan alımların %66'sı bu idarelerce gerçekleştirilmektedir. Ülke belediye suyunun yarısını yöneten 15 idare, istihdam bakımından da belediye su istihdamının yaklaşık yarısını gerçekleştirmektedir.

Öte yandan Büyükşehirler, 1998 yılı itibariyle, su gelirlerinin %45'ini konutlardan, %34'ünü sanayi ve ticaret işletmelerinden, %17'sini resmi kurumlardan olmak üzere %96 oranında abone gelirlerinden elde etmektedirler. Bu yönü ile ürettikleri hizmet, gelir dağılımı ve kamu harcamaları üzerinde doğrudan etkiler yaratma gücü sergilemektedir. Bunların verimli ve etkin çalışarak ucuz hizmet üretmeleri, hem su varlığının geliştirilmesi hem gelir dağılımı ve kamu harcamaları üzerinde olumlu etkiler yaratmalarını sağlamak için zorunludur (www.yerelnet.org.tr 2004).

İSKİ, İZSU vb. su ve kanalizasyon idarelerinin gelirleri, temel olarak, (1) abonelerden alınacak su ve atıksu bedelleri, (2) su ve kanal harcamalarına katılma payları, (3) yurt içi ve yurt dışı krediler ve (4) genel bütçeden paylardan oluşmaktadır. Bunların arasında en temel olan ve üçüncü gelir kaleminin de gerçek fonlayıcısı olan kalem, abone tüketicilerden alınan bedellerdir. İkinci kalemdeki gelirlerin kaynağı da, yine abonelerdir. Dördüncü kalemden elde edilen gelirler, idare gelirleri içinde oldukça sınırlı bir büyüklük durumdadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Borçlanma; belediyelerin dış borçlanmalarında, toplam 3215 belediyeden yalnızca 25 kadarı etkili durumdadır. Bu az sayıda belediye içinde asıl ağırlık Büyükşehir belediyelerindedir. Büyükşehir belediyelerinin başlıca borçlanma kanallarından birini ise su ve kanalizasyon idareleri oluşturmaktadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

İdarelerde iç yada dış borçlanma Genel Kurul kararı ile yapılmakta, ancak bu organ borçlanma yetkisini, Yürütme Kurulu'na devredebilmektedir. Borçlanma, ağırlıklı olarak yurt dışı kaynaklardan gerçekleştirilmektedir. Kullanılan krediler oldukça kısa sürede net kaynak çıkışları ile karşı karşıya kalındığından, sorunlu gelir kalemlerinden birini oluşturmaktadır. Tarifeler ile elde edilen gelirler, aynı zamanda bir gider kalemi olan kredileri de ödeyen kaynak olması nedeniyle, temel öneme sahip olan kalemi oluşturmaktadır.

Tarifeler; tarifelerin nasıl belirleneceği kurucu yasada (madde 23) belirtilmiştir. Buna göre, su satışı ve kanalizasyon tesisi bulunan yerlerdeki atıksuların uzaklaştırılması giderleri için ayrı ayrı tarifeler yapılır. Tarifelerde yönetim ve işletme giderleri ile amortismanları doğrudan gider yazılan (aktifleştirilmeyen) yenileme, ıslah ve tevsi masrafları ve %10'dan aşağı olmayacak oranda kâr payı esas alınır. Kar payının %10'dan az olmaması, 1986 yılında yapılan değişiklik ile getirilmiş bir ilkedir. Daha önceki düzenlemede kâr oranının %10'u geçemeyeceği hüküm altına alınarak üst sınır belirlenmişken, daha sonra kâr oranı sınırlamasına son verilmiş; hatta tam tersine alt sınır belirlenmiştir. Böylece, su fiyatlarının belirlenmesinde ticari esasların dikkate alınması ve fiyatların serbestçe belirlenmesi olanağı getirilmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Her idare kendisi için bir Tarife Yönetmeliği hazırlamaktadır. Örneğin, İSKİ Tarife Yönetmeliği'ne göre tarife; satış, hizmet, güvence ve yaptırımların parasal değerlerle belirlenmesidir. Tarife olabildiğince gerçek değerlere dayanmalı, uygulamada eşitlik sağlanmalıdır. Su tarifelerinin belirlenmesinde iki ana faktör esas alınacaktır;

(a) Yönetim ve işletme giderleriyle amortismanlar, aktifleştirilmeyen yenileme, ıslah ve tevsi masrafları ve %10'dan az olmayacak kârlılık oranı.

(b) Üretilen ve kayıplar düşüldükten sonra yapılacağı varsayılan ölçülebilir su satış miktarı.

Buna göre, tarifeler maliyet ve %10 kâr oranı belirlenip ölçülebilir su satış miktarına göre hesaplanacaktır.

Tarife konusu olan hizmetler üç grup altında toplanmıştır;

(1) Su satış tarifi,

(2) Hizmetler, güvenceler ve kullanılmış suların uzaklaştırılması tarifi,

(3) Yatırımlar tarifi.

Her su abonesi, ayrı bir sözleşme yapmaya gerek olmaksızın kullanılmış-su abonesi sayılır. Aboneler, suyun kullanıldığı ve tüketildiği yere göre dört gruba ayrılmıştır:

(1) Konut aboneleri,

(2) İşyeri aboneleri,

(3) Ada aboneleri,

(4) Toplu satış aboneleri.

Bu ilkelere göre Yönetim Kurulu'nca saptanan tarifeler, her yıl bütçe ile birlikte Genel Kurul'a sunulmakta ve onaylanan tarifeler mali yıl başında yürürlüğe girmektedir.

Bütçe Payı. Su ve kanalizasyon idarelerinin hizmet alanlarındaki belediyelerin genel bütçe vergi gelirleri tahsilat toplamından aldıkları payların %10'luk kısımları, İller Bankası'nca kesilerek idarelere aktarılmaktadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

İstanbul'dan sonra ikinci büyük su ve kanalizasyon idaresi olan Ankara ASKİ gelirlerinin %56'sı işletme gelirlerinden, daha açık deyişle su ve atıksu abone gelirlerinden elde edilmektedir. Ankara ASKİ'de ikinci büyük gelir grubu, yurtdışından sağlanan kredilerdir; 1997 yılında toplam gelirlerin %31'i bu kaynaktan karşılanmıştır. Ancak 1997 yılında toplam gelirlerin %31'i kredi olarak sağlanmışken, aynı yıl toplam gelirin %27'si oranında finansman gideri ve borç ödemesi gerçekleştirilmiştir. Bütçeye net kredi girişi, gerçekte toplam gelirin yalnızca %4'ü kadar olmuştur (www.yerelnet.org.tr 2004).

Hizmetler %0.5'i resmi kurum, %1'i park-bahçe, %10'u sanayi-ticaret kuruluşu ve %90'ı konut olan toplam 865.000 aboneye ulaştırılmaktadır. 1995 yılı verilerine göre, su tüketiminin %22'sini gerçekleştiren resmi kurumlar su gelirlerinin yaklaşık yarısını karşılarken, suyun %70'ini tüketen konutlar su gelirlerinin yalnızca %30'unu ödemektedir.

Ankara'da su hizmetlerinin finansmanı asıl olarak kamu bütçesi tarafından karşılanır durumdadır. İşletme dışı gelirlerin tamamına yakınının da genel bütçe paylarından geldiği göz önünde tutulursa, hizmetin aslı olarak kamu bütçesi ve aboneler tarafından finanse edildiği görülmektedir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Ankara –ASKİ'den daha farklı özellikler sergileyen KOSKİ, Ankara ASKİ'nin %5'i büyüklüğünde bir gelir kapasitesine sahiptir. İşletme gelirleri birinde 25, diğerinde 1,5 trilyon büyüklüğündedir. KOSKİ gelirlerinin %85'lik bir bölümü abonelerden sağlanmaktadır. İdare'nin İller Bankası kaynaklı kredi kullanımı, gelirler içinde %15'lik bir yer tutmaktadır. Buna karşın borçlanma gideri toplam giderler içinde %1'den daha düşüktür (www.yerelnet.org.tr 2004).

Su ve kanalizasyon idarelerinde giderler, bir-örnek olmamakla birlikte birbirine kısmen benzer başlıklar altında sınıflandırılmaktadır.

Birincisi;“işletme yada faaliyet giderleri”, idarenin malzeme alımı, personel gideri, vergi ödemeleri gibi harcamalarını kapsamaktadır.

İkincisi;“işletme dışı giderler yada borç ödemeleri”, borçlanma karşılığı yapılan ödemeleri göstermektedir.

Üçüncüsü; idarelerin yatırım giderlerinden oluşmaktadır.

Örneğin Ankara ASKİ'nin 1997 yılında 45 trilyon TL tutarındaki toplam harcamalarının %44'ü yatırımlara yönlendirilmiştir. Bu kentte yatırımlar çok büyük ölçüde kanalizasyon alanında gerçekleştirilmektedir. Finansman giderleri ve borç ödemeleri birlikte, toplam harcamaların %26'sını oluşturmaktadır. Buna karşın personel giderlerinin toplam içindeki oranı %10 düzeyine kadar çekilmiş durumdadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Dış kredi kullanımı olmayan ve diğer idareleri de kısmen yansıtabilecek durumda olan KOSKİ'de de, harcamaların yaklaşık yarısı yatırımlara yönlendirilmiş, yatırım harcamaları su ve kanalizasyona neredeyse eşit miktarlarda yönelmiştir. Özelleştirme uygulamasına rastlanmayan bu idarede personel giderleri %40 düzeyinde gerçekleşmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Su ve kanalizasyon idaresinin bütçe ve gelir tabloları incelendiğinde, kolaylıkla karşılaştırma yapabilecek ortak bir formatın bulunmadığı görülmektedir. Bunlardan bir kısmı kar ederken, bir kısmı zarar etmektedir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Tarifelendirmede, kademe uygulayan ve uygulamayan yerler olduğu gibi, kademe uygulamasında da standart bulunmamaktadır. Genelde yılda 6 defa okuma ve tahakkuk yapılmaktadır. Ancak Ankara'da 8 defa okuma yapılmaktadır. Su fiyatları, hepsinde farklılık göstermektedir. Bu farklılık kendini zam uygulamasında da göstermektedir. Yılda bir defa fiyat belirleyen kalmamıştır. Aylık yada dönemlik zam uygulaması söz konusudur (www.yerelnet.org.tr 2004).

Su ve kanalizasyon idareleri, yüksek oranda dış borç kullanan yapılardır. Bu bakımdan ilk sırayı İstanbul İSKİ, ikinci sırayı Ankara ASKİ almaktadır. İSKİ, 1987-1997 yılları arasında 370 milyon USD, Ankara ASKİ ise 1986-1996 yılları arasında tahvil ihracı hariç 310 milyon USD dış borç kullanmışlardır. Bu iki idare kadar yüksek olmamakla birlikte, dış borçlanma diğer idarelerde de başvurulmuş bir yoldur.

Adana-ASKİ, tarafından kullanılan üç dış kredi, Avrupa Yatırım Bankası ve Alman KfW kaynaklıdır. Adana Kanalizasyon Arıtma Projesi için %3 yıllık faiz ile 45 milyon EURO Avrupa Yatırım Bankası'ndan, Çatalan İçme suyu Projesi için %2 faiz ile 80 milyon mark Alman KfW'dan alınmıştır. Adana Atıksu Projesi için, proje toplamının %60'ını karşılayan 66,4 milyon EURO %3 yıllık faiz oranı ile Avrupa Yatırım Bankası'ndan alınmıştır. Kredi 13 yılda altı ayda bir 26 taksitte ödenecektir. Krediyeye karşılık olarak tarife belirleme koşulu kabul edilmiş; su bedelinin en az 0.6 Mark/m³, atıksu bedelinin de en az 0.5 Mark/m³ olacağı taahhüt edilmiştir. Böylece tarifelerin mark olarak belirlenmesi ve tüketiciye toplam en az 1.1 Mark/m³ fiyatla hizmet verilmesi kabul edilmiştir. Anlaşmaya göre kredinin tamamı, Banka'nın tarife endeks formülünün doğru uygulandığını görmesi koşulu ile verilecektir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Ankara –ASKİ, dış kredi kaynaklarına en çok başvuran kuruluşlardan birisi olmak özelliğine sahiptir. İdare, 1986-1996 yılları arasında yaklaşık 310 milyon \$ dış kredi kullanmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

KfW I kredisi başlangıçta 88,2 milyon marktır. Bu kredinin 54,2 milyonluk kısmı ticari, kalan 33,6 milyonluk kısmı hükümet kredisidir. Ticari kısmın geri ödemesi 1988 yılında başlamıştır; geri ödeme süresi 10 yıldır. 1997 yılı sonunda geri ödeme tamamlanmıştır. Hükümet kısmı 10 yıl geri ödemesiz, 30 yıl vadelidir; geri ödeme 1997 yılı başında başlamıştır. Kredinin ticari kısmına yıllık % 6.761 faiz ödenirken, resmi kredi kısmına %2 faiz ödenmektedir. KfW II kredisi anlaşması 1988 yılında 70,3 milyon mark için imzalanmıştır. Kredinin 38 milyonu %2 faizli hükümet kredisidir, 33,2 milyonu 10 yıl vadeli ve yıllık ortalama % 7.4459 faizli ticari kredisidir. Ticari kısmın geri ödemesi 1989 yılında başlamıştır. 1998 yılı başında ana paranın 27,4 milyonu ile 18,4 milyon faiz ödenmiştir. Kalan borç 42,9 milyon, ödenecek faiz ise 8,6 milyon marktır.

KfW III kredisi anlaşması, 1991 yılında 59,8 milyon mark için imzalanmıştır. 32,3 milyonluk kısmı, diğer kredilerdeki koşullarla hükümet kredisi; 27,5 milyonluk kısmı ise yine 10 yıl vadeli, ancak bu kez faiz oranı ortalama %9.375'e yükselmiş ticari kredidir. KfW IV kredisi, 1995 yılında 84,5 milyon mark tutarında alınmıştır. 48 milyonluk kısım diğerleri ile aynı koşullarda hükümet kredisi; 36,5 milyonluk kısmı 10 yıl ve tahminen %6.4 faizli ticari kredidir. KfW 209 kredisi, 1991 yılında alınmıştır; diğerleri içinde en büyük miktar söz konusudur. Toplam 254 milyon marklık kredinin 174,5 milyon markı hükümet, 79,5 milyon markı ticari kredidir. Hükümet kısmına yıllık %2, ticari kısma ise ortalama (tahmini) %6.4 faiz uygulanacaktır. KfW 20 kredi anlaşması, 1996 yılında, tümü hükümet kredisi olarak, 20 milyon mark karşılığı imzalanmıştır. Geri ödemesi 2006 yılında başlayıp 2026 yılında bitecektir. KfW kredilerinin tümünde, kredinin kullanılmayan kısımları için, ayrıca yıllık %0.25 taahhüt komisyonu ödenmektedir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Dünya Bankası kredisi 16/08/1990 tarihinde imzalanarak yürürlüğe girmiştir. 107 milyon dolar olarak kesinleşen anlaşmaya göre, kredi beş yıl geri ödemesiz, 15 yıl vadeli ve altı ayda bir değişken faizlidir. Yıllık faiz 1997 yılında %7.87 gerçekleşmiştir. Dünya Bankası da kredinin kullanılmayan kısmına yıllık %0.25 taahhüt komisyonu almaktadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Kuveyt kredisi 1987 tarihinde 6 milyon Kuveyt dinarı olarak alınmıştır. Yıllık faizi %4.5 olan borç, 5 yıl geri ödemesiz 20 yıl vadeli ve 200.000 dinarlık taksitler şeklinde geri ödenecektir (www.yerelnet.org.tr 2004). Avrupa Yatırım Bankası kredisi 16/11/1996 tarihinde 45 milyon ECU olarak alınmıştır. 15 yıl vadeli olan kredinin faizi %3.06'dır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Antalya –ASAT, 1995 yılında Dünya Bankası'ndan 100 milyon \$ kredi almış, bu kredi nedeniyle su işletmesi bütün olarak özelleştirilmiştir. Kredi, su dağıtım şebekesinin iyileştirilmesi; atıksu kollektörü ve ön arıtma tesisi inşaatı ve yağmur suları şebekesindeki eksikliklerin giderilmesi için alınmıştır. Ancak kredi anlaşmasının amaçlarından birisi de “kurumsal yapılanma”dır. Kredi anlaşmasında, projenin yürütülmesi için “Proje Uygulama Birimi” kurulması ve bu birimin, Ticaret Kanunu hükümlerine göre çalışmak üzere kurulacak anonim şirkete dönüştürülmesi öngörülmüştür.

ASAT'ın tüm ihaleleri bu şirket tarafından yapılacaktır. Antalya su işletmeciliği, ASAT adına bu şirket tarafından ihaleye çıkarılarak özelleştirilecektir. Ayrıca kredi anlaşması, su ve kanalizasyon hizmetleri tarifesinin belirlenmesine ilişkin olarak ölçütler getirmiş ve tarifelerin bu ölçütlere göre uygulanmaması durumunda kredinin kesilebileceğini hükme bağlamıştır. Kredinin 62,5 milyon dolarlık bölümü inşaat işleri ve mal alımlarına ayrılmış, ancak bunun ulusal piyasada kullanılacak kısmı 7 milyon dolar ile sınırlanmıştır. Bu kredi anlaşması yürürlüğe girmiş ve ASAT'a bağlı ihale şirketi ALDAŞ adıyla kurulmuştur. ALDAŞ marifetiyle uluslararası ihale açılmış ve Antalya su işletmeciliği LYONNAISE DES EAUX adlı Fransız şirketine 10 yıl süre ile devredilmiştir. Bu dış kredi, (1) yalnızca meclisler tarafından kullanılabilen tarife belirleme yetkisini sınırlandırarak, (2) yalnızca imtiyaz sözleşmesi ile verilebilecek bir hizmeti, sistemde yeri olmayan bir "işletme devri sözleşmesi" ile özel sektöre devretmesi nedenlerinden ötürü sektörü aşan önemli sorunlara yol açmış bulunmaktadır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Diyarbakır –DİSKİ, 1996-1997 yıllarında dış kredilerde "net kaynak çıkışı" yaşayan kurumlardan biri olmuştur. Dış kredi beklentisi, bu kalemin bütçe toplam gelirlerinin 1997'de %69'unu, 1998'de %77'sini oluşturacak kadar yüksek olmasına karşın, dış kredi girişi olmamıştır. Aksine, 1996'da giderlerin %14'ü, 1997'de ise %12'si borç geri ödemeleri ile dışarıya çıkmıştır. Kuruluş Almanya'dan Atıksu Arıtma Tesis Projesi için 33 milyon Mark kredi sağlamıştır. Ancak proje, KfW tarafından müşavir firmaya incelettirilmiş, projenin 116 milyon markın çok üzerinde gerçekleşeceği anlaşılmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

Bu gelişmeden sonra, 33 milyon mark hibe olmak üzeri 138 milyon DM dış kredi sağlanmıştır. Kuruluş ayrıca Dicle Barajından getirilecek suyu artıracak Hamsu Arıtma Projesi için 12 milyon dolarlık kredi anlaşması yapmaktadır.

Erzurum –ESKİ, Atıksu Arıtma Tesis ve Kollektör inşaatı için Fransa'dan 87 milyon frank resmi kredi sağlamış, kredi ile yapılan ihale Fransız DEGREMONT Türk GÜRİŞ konsorsiyumu tarafından üstlenilmiştir (www.yerelnet.org.tr 2004).

Eskişehir –ESKİ, Atıksu arıtma Tesisi için Fransa’dan toplam 104,5 milyon frank kredi almış, bu krediden açılan iki ihaleden birini DEGREMONT/Günberk Demirkaya konsorsiyumu, diğerini DEGREMONT şirketi almıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

İstanbul –İSKİ, tüm benzerleri içinde en yüksek dış kredi kullanımı gerçekleştiren kuruluştur. İSKİ’nin kullandığı ilk yurt dışı kaynak, 1972’de Dünya Bankası’ndan, İstanbul Su Projesi’nde kullanılan 37 milyon \$’lık kredidir. Bundan sonraki ilk kredi ise 1982 tarihli ve yine Dünya Bankası kaynağı kullanılmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

İSKİ, 1987-1997 arasındaki 10 yıllık dönemde toplam 370 milyon \$ kredi kullanmıştır. Bir yıldan diğer yıla kredi kullanımı değişimleri incelendiğinde sürekli düşme yada yükselmeye rastlanmamaktadır. Ancak, en yüksek kredinin kullanıldığı 1993 yılından sonra kredi kullanımının azaldığı görülmektedir. 1998 bütçesinde yaklaşık 105 milyon \$ krediye yer verilmiştir. Bu, eğer gerçekleşirse, son 10 yılın en yüksek borçlanması olacaktır (www.yerelnet.org.tr 2004).

İSKİ ağırlıklı olarak Dünya Bankası ve KfW kaynaklarına borçlanmıştır. Toplam kredilerin üçte ikisi, birbirlerine denk bir paylaşımla, bu iki kurumdan alınmıştır. Kuruluş, 1995-1996 yıllarında, yıl içinde aldıkları kredilerin %20’si kadar geri ödeme yapmıştır (www.yerelnet.org.tr 2004).

3. TÜRKİYE’DE ARITMA STRATEJİLERİNİN BELİRLENMESİ VE UYGULANABİLİR PROSESLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

Özellikle Türkiye gibi ekonomik olarak kısıtlı imkanlara sahip gelişmekte olan ülkelerde atıksu arıtma tesislerinin yaygınlaştırılması, yeterli miktarda kaynak ayrılamamasından dolayı sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle alıcı ortamların ve kullanılabilir kaynaklarımızın korunması için Türkiye’de atıksu arıtma tesislerinde uygulanacak proseslerin seçiminde veya ülke genelinde uygulanan standartlara ve stratejilere göre optimizasyona gidilmesi bu tesislerin kurulup işletilmesi için büyük önem taşımaktadır. Günümüzde hemen hemen her türlü atıksu için belirtilen deşarj standartlarına ulaşabilmek amacıyla uygulanabilir bir arıtma teknolojisi bulunduğu dikkate alınırsa, mevcut seçenekler arasından optimum maliyetle uygun olanın seçilip gerekli yatırımın yapılmasının önemi açığa çıkar.

Eski doğu Avrupa lkeleri gibi gelişmekte olan ülkeler için uygulanabilir stratejiler arasında olan, teknik ve ekonomik nedenlerden ötürü kabul gören bir yaklaşım olarak değerlendirilen, ‘konvansiyonel yöntemlerin kullanıldığı, çok sayıda tesisin kurulması’ Türkiye için de uygun bir strateji olarak seçilebilir. Çünkü ileri arıtma metotları kullanılarak karbon dışındaki (N ve P) parametrelerin de yüksek verimlerde gideriminin sağlanması için tesis yapılması, kısıtlı kaynakları tüketecek ve ülkenin geri kalan kısmında gerekli olan ve sadece KOI, BOI, AKM gibi konvansiyonel parametrelerin gerekli oranda giderimini amaçlayan arıtma yatırımlarının yapılmasına kaynak kalmayacaktır.

3.2. Türkiye’de Uygulanabilir Atıksu Yönetim Stratejileri

Atıksu yönetim stratejilerinin belirlenmesi ve belirlenen stratejilerin uygulanabilir olması, Türkiye’nin bugünkü ve gelecekteki ekonomik yapısına ve çevre yatırımlarına aktarabileceği kaynağa, belediye sınırları içinde yaşayarak verilen hizmetlerden yararlananların sayısına, altyapı sistemlerinin durumuna bağlıdır. Bu konuda Tablo 2.3’de verilmiş ve DİE 2001 çevre envanteri verilerinden elde edilmiş olan datalara bakıldığında, Türkiye’de atıksu arıtma tesisine sahip olmayan veya dünya standartlarında verilen altyapı hizmetlerinden yararlanmayan belediyelerin sayısı, ülke genelinde atıksu arıtma tesisi ihtiyacının optimum maliyetlerle karşılanması için nüfusa bağlı olarak bir çalışma yapılması gerektiğini ortaya koyar.

2.000 kişiden daha az nüfusa sahip yerlerde inşai tip atıksu arıtma tesisinin yapılması yerine paket tesisler ile çözüme gidilmesinin veya atıksularının daha büyük nüfuslu yerleşim birimlerinin arıtma tesislerine aktarılmasının pratik bir yol olduğu, ülkemizin özellikle turistik alanlarındaki çelik paket tesis uygulamalarından görülmektedir.

Ekonomik yönden benzerlik gösterdiği için, bu çalışmada özellikle ele alınan doğu Avrupa’daki stratejilerin belirlenmesi için yapılmış olan çalışmada aynı yerleşim birimi içinde inşa edilecek, birbirleri ile ilişkili tesislerin sayısının tespiti için, yapılması gerekli en büyük tesisin 2.000.000 kişi eşdeğeri olması gerektiği sonucuna varılmıştır (Ødegaard ve Henze,1992). 2.000.000 kişi eşdeğerinden daha büyük nüfuslar için yapılan tesislerin kontrollerinin güç olması, atıksuyun toplanması ve iletilmesi, atıksu arıtma tesisinin şok yük vb. sebepler ile kararlı dengeden çıkması halinde alıcı ortamlar için yaratacağı risk vb. faktörler bu nüfusun hesaplanmasında uyulan kabuller arasında gösterilmektedir.

Her koşulda hangi nüfus aralığı için kaç tesis yapılacağı yerleşim birimleri arasındaki mesafeye, alıcı ortamın özelliğine, ekonomik kaynakların imkanına bağlı olarak karar verilecek bir durum oluşturur.

Türkiye’de yürürlükte bulunan çevre ile ilişkili kanun, yönetmelik, kararname gibi yaptırımların durumu ele alındığında ülke genelinde bir strateji geliştirmeden önce dünyadaki diğer uygulamaların irdelenmesi gereklidir.

3.3. Doğu/Orta Avrupa’da Uygulanabilir Arıtma Seçenekleri

Avrupa’nın özellikle doğusunda bulunan ülkelerin Avrupa birliğine üyelik süreçlerinin tamamlandığı dönemde, bu ülkelerdeki mevcut teknolojilerin durumu ve eldeki mali kaynaklar ile mevcut tesislerin modifikasyonlarının yapılması veya yeni yapılacak tesislerini hangi proses ünitelerinden oluşabileceğinin belirlenmesi amacıyla Dünya Bankası Projesi olarak 1992 yılında Danimarka’da sunulan, Hallvard Ødegaard ve Mogens Henze tarafından hazırlanan raporda belirlenen kriterlerin Türkiye’de içinde uygulanabilir olup olmadıkları bu çalışma içinde sorgulanmıştır.

Buradaki temel farklılık doğu/orta Avrupa’nın atıksu karakterizasyonu ile Türkiye’nin atıksu profilindeki bazı parametreler arasındaki değişiklikten ve Türkiye’de geçerli bulunan deşarj standartlarının, ülkenin tamamında geçerli tek bir yönetmelik olmasından kaynaklanmaktadır. Buna karşın orta ve doğu Avrupa’da havza bazında çözümler ve bunun sonucu olarak aynı nüfusa sahip yerleşimler için farklı prosesler seçilmesi önerilebilmektedir (Ødegaard ve Henze,1992).

Uygulanabilir proses seçenekleri tasarımcılara ve yerel yöneticileri hayli geniş bir seçim imkanı sunmaktadır. İçinde bulunulan havzaya ve bu havzaya ait olan geçerli deşarj standartlarına göre seçilebilecek proses alternatifleri basit bir mekanik arıtmadan biyolojik azot ve fosfor giderimi yapan sistemlere kadar uzanmaktadır.

3.3.1 Mekanik arıtma seçeneği:

Izgara, kum/yağ tutucu ve ön çöktürme sistemlerinden oluşan fiziksel arıtma sistemlerinin uygulanması ile ham atıksu üzerinde elde edilebilecek olan giderim verimlilikleri Tablo 3.1’de diğer proseslerden alınacak verimler karşılaştırmalı olarak birlikte verilmiştir. Mekanik arıtma sistemlerinde fayda/maliyet (yatırım ve işletme maliyeti) oranı bir hayli yüksek olmaktadır (Henze ve Ødegaard,1994). Bununla beraber bu sistemler yakın gelecekte atıksu arıtma sürecinin daha gelişmiş adımları ile donatılmadan, geçici dönemler için önerilmektedir (Henze ve Ødegaard,1994).

3.3.2 Kimyasal arıtma seçeneği:

Burada ele alınan kimyasal arıtma seçeneği farklı iki uygulama düşünülerek yapılmaktadır.

Bunlardan birincisi, kimyasal madde dozlaması ile takviye edilmiş mekanik arıtma, ikincisi ise, kimyasal madde dozlamasının ön çöktürme sistemlerinden önce flokülasyon tankına yapıldığı klasik kimyasal arıtma süreciyle çökelme verimlerinin artırılmasıdır (Henze ve Ødegaard,1994).

3.3.2.1. Kimyasal madde dozlaması ile takviye edilmiş mekanik arıtma

Mekanik arıtma sisteminde AKM ve buna bağlı olarak BOI giderim veriminin artırılması için daha çok A.B.D de uygulanan bir yöntemdir. İskandinav ülkelerinde de özellikle fosfor giderim veriminin artırılması için uygulanır. Bu yöntemde 50 mg/lt gibi düşük sayılabilecek dozlardaki FeCl_3 tuzu genellikle kum tutucu içinde atıksuya dozlanır. Böylece kum tutucudaki karışım ile flokülasyon gerçekleşirken çöktürme tankındaki AKM giderim verimi artırılmış olur. Atıksu karakterizasyonuna bağlı olarak düşük miktardaki koagülant dozlamasıyla istenilen giderim seviyesine ulaşmakta sorunların olması durumunda FeCl_3 yanında koagülasyon yardımcısı olarak katyonik polimer ilavesi de yapılabilir. Daha sonra çoğunlukla anyonik polimer ilavesi ile flokülasyon tamamlanır (Ødegaard,1992).

3.3.2.2. Kimyasal madde dozlaması yapılmış çöktürme sistemleri

Bu uygulamanın amacı kimyasal madde ilavesi ile AKM gideriminin yanı sıra artırılmış kimyasal madde ilavesi ile atıksu içindeki fosforun tam olarak giderilmesidir. Bu nedenle kimyasal madde ilavesi ile takviye edilmiş mekanik arıtmadan farklı olarak artırılmış kimyasal madde ilavesi (örneğin 150-250 mg/lt FeCl_3) ve çöktürme tankından önce yeterli flokülasyonun sağlanması için mekanik karıştırıcı ile donatılmış ayrı bir yavaş karıştırma tankının kullanılması temel farklılıkları oluşturur (Henze ve Ødegaard,1994). Flokülasyon için genellikle anyonik polimerlerin kullanılmasının yanında katı madde ayrımı için çöktürme tanklarına alternatif olarak bazı durumlarda çözünmüş hava ile yüzdürme uygulaması da yapılmaktadır.

Kimyasal madde dozlaması yapılan bu sistemlerdeki çamur oluşumu, dozlanan kimyasal ile lineer artmaktadır. Bu sistemlerden kaynaklanan çamur miktarı Al_2SO_4 kullanılması durumunda arıtılan atıksu hacmi başına 0.25 kgKM/m³ veya 30 kg/kişi-yıl olmaktadır.

Bu uygulamadaki kimyasal madde giderleri prosesteki diğer işletme maliyeti kalemlerinden olan enerji maliyetine göre çok fazladır (Henze ve Ødegaard,1994). Buradan kaynaklanan çamur ise yüksek miktarda organik madde içermesi sebebiyle son uzaklaştırma noktasında gaz oluşumu ve buna bağlı olarak koku sorunu yaratacaktır. Çünkü uygulanan dozlardaki demir veya alüminyum tuzlarını biyogaz üretimine ters bir etkisi olduğuna dair bir veri bulunmamaktadır (Henze ve Ødegaard,1994).

3.3.3 Biyolojik arıtma seçeneği

3.3.3.1. Askıda gelişen biyolojik sistemler

Biyolojik arıtma için kullanılması önerilen yöntemlerden en yaygın olanı klasik aktif çamur veya uzun havalandırmalı aktif çamur prosesleri olup, bunların dışında uygulama alanı bulabilecek bir diğer yöntem ise biyofilm sistemlerdir. Uzun havalandırmalı aktif çamur tesisleri, oluşan fazla çamurun stabilize edilmesi için ayrı bir sistem gerektirmeyen sistemler olup, uzun çamur yaşına göre tasarlanmasının sonucunda nitrifikasyon da yapabilmektedirler (Henze ve Ødegaard,1994).

Yüksek organik madde yükleme değerleri ile çalışan düşük çamur yaşına sahip klasik aktif çamur sistemlerde ise, nitrifikasyon yapılmaksızın sadece karbon giderimi sağlanırken, oluşan fazla çamurun stabilizasyonu için ayrıca önlem alınması gereklidir. Her iki sistemde, kimyasal madde dozlama sistemleri ile desteklenerek fosfor giderimi yapabilmektedir.

3.3.3.2. Biyofilm sistemleri

Bu sistemlerde doğal veya sentetik tutunma ortamlarında çoğalan bakteriler faaliyet gösterir. Bu tip sistemlerin pratikteki uygulamaları damlatmalı filtreler, havalandırmalı batık filtreler veya döner disklerdir. Bu sistemler katı maddelerin giderilmesi için bir ön çöktürme sistemi ile birlikte kullanılırlar, bazı durumlarda bu çöktürme tankı öncesinde kimyasal madde dozlaması yapılmaktadır. Biyofilm sistemleri organik yüklemedeki değişikliklere (şok yükler) hassas sistemlerdir. Genellikle orta veya kuvvetli atık kompozisyonlarında kullanılırlar. Ancak nitrifikasyon yapılması planlanan durumlarda ise düşük konsantrasyonlu atıksularda da uygulanır (Henze ve Ødegaard,1994).

Tablo 3.1 Ham atıksuya uygulanacak çeşitli prosesler sonrasında atıksu kompozisyonu (Ødegaard ve Henze,1992)

Tablo 3.1	Ham atıksuya uygulanacak çeşitli prosesler sonrasında atıksu kompozisyonu (Ødegaard ve Henze,1992)	BOİ ₅ mg/lt	Toplam Azot mg/lt	Toplam Fosfor mg/lt	Fekal Koliform Adet/m ³	Çözülmüş Oksijen mg/lt
Uygulanan Proses						
Ham Atıksu		250	48	12	10 ¹¹	0
Mekanik Arıtma		175	45	10	3x10 ¹⁰	0
Kimyasal Yüksek Yüklü		150	45	4	10 ⁸	1
Kimyasal Düşük Yüklü		100	40	1.5	2x10 ⁷	1
Biyolojik Yüksek Yüklü		100	40	10	4x10 ⁷	2
Biyolojik Düşük Yüklü		30	40	10	2x10 ⁷	3
Biyolojik Eşzamanlı Kimyasal		30	35	1.5	10 ⁷	2
Kimyasal Ön Çök, Biyolojik		15	35	1.5	10 ⁷	2
Aktif Çamurla Azot Giderimi		15	15	1.5	10 ⁷	3
Biyofilmle Azot Giderimi		10	12	1	10 ⁷	5

3.3.3.3. Azot giderimi seçeneği

Atıksu içindeki azot formları askıda gelişen sistemler veya biyofilm sistemleriyle uzaklaştırılabilmektedir. Ham atıksuyun kompozisyonuna veya uygulanan ön arıtma prosesine göre seçilecek sistem belirlenir. Alıcı ortam standartları ve atıksu kompozisyonunun birlikte ele alınması ile seçilecek olan prosese karar verilir.

Türkiye gibi, hassas bölgeler hariç azot ile ilgili deşarj standardı bulunmayan ülkelerde, daha sonraki yıllarda standartların değişimi ile kolaylıkla uyum sağlayarak mevcut tesislerin modifiye edilmesi mümkün olan proseslerin seçilmesi ekonomik bir uygulama olacaktır. Bu nedenle atıksu kompozisyonunun da elverişli olması durumunda en uygun yöntem ön denitrifikasyon yapacak şekilde modifiye edilebilen klasik aktif çamur prosesi olacaktır (Henze ve Ødegaard,1994).

3.4. Çamur İşleme ve Uzaklaştırma Seçenekleri

Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların susuzlaştırılması ve uzaklaştırılması seçilen prosesler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Çamurların uzaklaştırılması yürürlükte bulunan yönetmelikler doğrultusunda belirlenirken, uygulanması düşünülen yöntemin yatırım ve işletme maliyetlerine getirdiği yükler de önem taşımaktadır. Özellikle geçmişte tarımsal uygulamada kullanılabilen çamurların, günümüzde bu amaçla kullanılmaları için çok daha sıkı denetlenmesi ve evsel atıksu kanallarına endüstriyel atıkların da karışmasından dolayı oluşan negatif etki sebebiyle çamurların uzaklaştırma stratejileri çok daha önemli hale gelmektedir.

Özellikle Türkiye’de düzenli depolama alanlarının yaygın olmaması ve yaygın olmayan tesislerin işletilmesinde de depolanacak atık tipine göre belirlenmiş bir tarifenin bulunmaması büyük bir boşluğun doğmasına neden olmaktadır. Türkiye’de ivedilikle bu çamurların sınıflandırılması ve kuru madde miktarlarının ciddi biçimde kontrol edilmesi sağlanamadığı sürece, ekonomik ve çevresel kaynaklarımız bakımından uygun olmayan çözümlerin sürdürülmesi engellenemeyecektir.

Doğu Avrupa için yapılmış çalışmada kullanılan ve uygulanacak arıtma proseslerin seçimine esas teşkil eden atıksu karakterizasyonu Tablo 3.2 de verilmiştir.

Tablo 3.2 Doğu/orta Avrupa için ham atıksu karakterizasyonu (Henze ve Ødegaard,1994).

Parametre	Konsantrasyon mg/l	Parametre	Konsantrasyon mg/l
AKM	150-300	Toplam Azot	30-60
Çökebilir AKM	100-200	NH ₄ -N	20-40
Toplam KOI	370-700	Toplam Fosfor	5-12
Çözünmüş KOI	150-300	PO ₄ -P	4-8
Toplam BOI	150-300	Fekal Koliform	10 ¹¹ (adet/ml)
Çözünmüş BOI	60-120		

Tablo 3.2’de Doğu Avrupa için verilmiş olan atıksu karakterizasyonunun, Türkiye için kullanılması Tablo 6.2’de önerilmiş olan atıksu karakterizasyonu ile büyük bir farklılık göstermediği görülmektedir.

Mekanik Arıtma veya Kimyasal Madde Dozlaması ile takviye edilmiş Mekanik Arıtma ile elde edilebilecek arıtılmış su özellikleri Türkiye’de halen geçerli olan deşarj yönetmeliğine uygun olmamaktadır.

Mekanik arıtma, ancak ülke genelinde havza bazında değişken bir deşarj standardı uygulanarak, örnekleri verilmiş olan basit arıtma proseslerinin seçilmesi ile küçük nüfuslu yerleşim birimleri için düşük yatırımlı bir çözüm olarak uygulama imkanı bulabilecektir. Zaman içinde artacak olan finansman imkanlarına ve yönetmeliklerdeki düzenlemelere paralel olarak basit arıtma proseslerinin uygulandığı tesislerin modifiye edilerek daha düşük standartların sağlandığı ve KOI, BOI ve AKM gibi parametrelerin yanında N ve P gibi nütrientlerinde giderildiği tesislerin yapılması sağlanabilecektir.

3.5. Mevcut Tesislerin Modifiye Edilerek İyileştirilmesi

3.5.1 Mekanik arıtma sistemlerinin modifikasyonu

Normal olarak atıksu arıtma tesislerindeki betonarme yapıların ömürleri yaklaşık 30-40 yıl arasında değişirken burada kullanılan mekanik ekipmanlar için bu süre yaklaşık yarı yarıya azalmaktadır. Mekanik arıtma sistemlerinden oluşan birincil arıtma sistemlerinin en basit modifikasyonu kimyasal dozlama sistemlerinin ilave edilmesi ile çökelme veriminin artırılması ve böylece belirli bir süre daha artan katı madde giderimine paralel olarak elde edilmiş olan düşük organik madde içeriği sayesinde deşarjın yapılabilmesidir. Organik madde gideriminin (BOI_5) %60 dan daha fazla olmasının gerektiği durumda kimyasal madde dozlaması ile modifiye edilmiş olan tesisin biyolojik arıtma sistemine çevrilmesi gerekmektedir (Henze ve Ødegaard,1994).

3.5.2 Kimyasal çöktürme uygulanan sistemlerin modifikasyonu

Bu tesisler ya organik madde veya azot gideriminin yetersiz kalması durumunda yada mevcut tesisin artan hidrolik debi karşısında yetersiz olması durumunda modifiye edilir. Hidrolik sebeplerden dolayı modifiye edilmek zorunda kalan tesisler için önerilecek ilk metot polimer dozlaması ile çökelme verimini artırılması ve savak yükü vb. parametrelerin dikkate alınmasıdır. Eğer polimer dozlaması yeterli bir çözüm olmuyorsa bu durumda yeni havuzların yapılması veya plakalı çöktürme tankına dönüştürülmesi düşünülmelidir. Organik madde veya azot konsantrasyonlarının sağlanmasında problem yaşanması durumunda ise çözüm iki farklı yönden değerlendirilebilir.

Mevcut kimyasal çöktürme sisteminin biyolojik arıtmanın önünde kullanılması durumunda yapılması gereken biyolojik sistemin boyutu küçük olacaktır. Bunun yanında oksijen ihtiyacı az olacağı için enerji sarfıyatı da azalacaktır. Ancak karbonlu maddelerin yanında azotunda giderilmesi isteniyorsa giriş atıksuyundaki C/N oranı kimyasal arıtma sonrasında istenmeyen yönde bozulacağı için azot giderimi için sisteme harici karbon verilmesi gerekir.

Bu durumda kimyasal çöktürmeden sonra sadece çözünmüş organik maddelerin giderilmesi için uygulanacak olan biyolojik arıtma seçeneğinin biyofilm sistemler arasından yapılması ekonomik çözümler getirebilmektedir (Henze ve Ødegaard,1994). Diğer bir uygulamada ise kimyasal arıtma adımının biyolojik arıtma sisteminden sonra kullanılmasıdır ki bu durumda böyle bir avantaj söz konusu olmaz buna karşın kullanılması gereken kimyasal madde miktarı azalır.

3.5.3 Biyolojik sistemlerin modifiye edilmesi

Normal koşullar altında bir biyolojik arıtma sisteminin modifiye edilmesi karbonun yanında azot ve/veya fosforunda giderilmesi hedeflendiği için yapılmaktadır. Atıksu miktarının artışı ile yapılması gereken tevsii işleri modifikasyon kapsamı dışında düşünülmelidir. Karbon giderimine paralel olarak fosfor giderimi için mevcut bir biyolojik arıtma sisteminin en kolay modifikasyonu havalandırma havuzundan önce veya sonra kimyasal madde dozlaması yapılmasıdır. Ön çöktürme tankına yapılacak olan dozlama havalandırma tankına gelecek karbon yükünü de azaltır. Mevcut havalandırma havuzunun hacmine göre son denitrifikasyon hacminin eklenmesi ile tam azot giderimi dahi sağlanabilmektedir. Havalandırma havuzu sonrasına yapılacak kimyasal madde dozlaması, havalandırma havuzundaki çamur yaşının azalmasına böylece azot giderimi için gerekli olan nitrifikasyonun tam anlamıyla gerçekleştirilememesine sebep olacaktır (Henze ve Ødegaard,1994). Denitrifikasyon adımının yüksek çamur yaşı ile çalışan mevcut sisteme eklenmesi ile son çökeltim tanklarında yaşanan çamur kabarması probleminin giderilmesinde yararı olmaktadır (Henze, Dupont ve diğ 1993).

3.5.4 Arıtma tesislerinin alan ihtiyaçları

Sayılan proseslerin uygulandığı Arıtma tesisleri içinde en az alan ihtiyacı olan mekanik arıtma sistemlerinin kullanıldığı tesislerdir. Mekanik arıtma sistemlerinden %5-10 fazla alan kullanılması durumunda kimyasal madde dozlaması içeren ve daha yüksek verimde çalışabilen tesislerin inşa edilmesi mümkündür (Henze ve Ødegaard,1994). Açıktır ki aktif çamur sistemleri ile tasarlanmış olan biyolojik arıtma tesislerinin alan ihtiyaçları mekanik arıtma sistemlerine göre çok daha fazladır.

Özellikle biyolojik azot ve/veya fosfor giderimi yapılması durumunda gerekli alan daha da artmaktadır. Son yıllarda biyofilm sistemlerin askıda sistemler ile birlikte uygulanmasıyla yada daha kompakt hale getirilmesiyle biyolojik azot ve/veya fosfor gideren biyolojik sistemlerin alan ihtiyaçlarında %40 oranında bir azalma sağlanabilmektedir (Henze ve Ødegaard,1994).

3.5.5 Arıtma tesislerinde ekonomik faktörler

Belirli bir nüfusa hizmet edecek atıksu arıtma tesisi için en ekonomik sistemin seçilmesi için mümkün olan diğer bütün alternatif sistemlerin irdelenmesi gereklidir. Tasarlanacak Arıtma tesislerinin uygulanabilecek prosesler açısından karşılaştırılması temelde bazı verilerin sabit kabul edilmesi ile sağlanabilir. Örneğin atıksu arıtma tesisine gelecek olan atıksuyun kompozisyonu veya arıtma tesisi yapılacak bölgenin şartları. 100.000 kişilik bir yerleşim bölgesi için yapılmış olan ve İskandinavya ve orta Avrupa'yı karakterize eden bir çalışmada kişi başına su kullanım değeri olarak 400 lt/N-gün değeri alınmış ve arıtma tesisinin tasarımına esas atıksu kompozisyonu Tablo 3.3 de verilmiş olup, bu su kullanım değerine göre kabul edilmiştir (Henze ve Ødegaard,1994).

400 lt/N-gün kabulünde 250 lt/N-gün normal kişisel kullanımlar için alınmış olup, birleşik sistem kanalizasyon sistemleri ile gelecek olan yağmur suyu ilavesi içinde 150 lt/N-gün değeri kabul edilmiştir (Henze ve Ødegaard,1994). 100.000 kişilik bir nüfusa hizmet verecek atıksu arıtma tesisi proses alternatifleri için beş değişik sistem bu çalışmanın kapsamında değerlendirilmiştir. Bunlar;

- Mekanik arıtma
- Kimyasal arıtma
- Biyolojik arıtma
- Azot giderimi yapılmaksızın biyolojik ve kimyasal arıtma
- Azot giderimi ile birlikte biyolojik ve kimyasal arıtmadır.

Mekanik arıtma hariç, diğer tüm alternatifler iki farklı verimin elde edilmesi için ayrıca değerlendirilmiş ve her bir sistemden alınacak verimin düşük veya yüksek olması irdelenmiştir.

Uygulanan bu proseslerin ve alternatiflerinin çeşitli parametreler üzerinde sağlaması kabul edilen giderim verimleri ise Tablo 3.4’de yatırım maliyetleri Tablo 3.5’de verilmiştir. Ayrıca arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların uzaklaştırılması için de üç yöntem ekonomik değerlendirme sırasında ele alınmış ve yatırım maliyetleri Tablo 3.6’da verilmiştir.

Bunlar,

- Yalnızca susuzlaştırma
- Havasız çamur çürütme ve susuzlaştırma
- Susuzlaştırma ve yakmadır.

Tablo 3.3 Maliyet analizinde kullanılan birim atıksu yükleri (Henze ve Ødegaard,1994).

Parametre	Birim Yük	Atıksu Konsantrasyonu	
		mg/l	
	gr/N-gün	250 lt/N-gün	400 lt/N-gün
BOI ₅	62.5	250	150
AKM	62.5	250	150
TP	3.0	12	7.5
TN	12.0	48	30

Yapılan hesaplarda bulunan yatırım ve işletme bedelleri arıtılan m³ atıksu başına ABD doları cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplar 20 yıllık bir hizmet ömrü düşünülerek yapılmış, bu süre içinde yatırım veya işletme giderlerinin istenilen yıldaki değerinin bulunması için yapılan hesaplarda kullanılan faiz oranı ise %12 olarak alınmıştır. Tablo 3.5 ve Tablo 3.6 ile verilen maliyetlerin hesabında seyreltik atıksu kompozisyonu dikkate alınmıştır. Bu hesapların daha az suyun kullanıldığı, konsantrasyonun daha yüksek olan atıksu kompozisyonu için yapılması durumunda yatırım giderinin %10 daha az olacağı ifade edilmektedir (Henze ve Ødegaard,1994). Bu fark arıtılan suyun miktarının azalmasına karşın konsantrasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır.

Çamur uzaklaştırma sistemlerinin hesabında ise depolama, nakliye maliyetleri dikkate alınmaksızın sadece yatırım ve gerekli kimyasal maddeler üzerinden yapılmıştır.

Tablo 3.4 Alternatif arıtma prosesleri için kabul edilen verimlilikler (Henze ve Ødegaard, 1994).

Uygulanan Proses Alternatifi	BOİ ₅			AKM			TP			TN			Çamur Üretimi grKM/m ³		
	%	C1	C2	%	C1	C2	%	C1	C2	%	C1	C2	C1	C2	KM
Ham Atıksu	0	250	150	0	250	150	0	12	7.5	0	48	30	-	-	-
Kimyasal Madde İlaveli Mekanik Arıtma	50	125	75	80	50	30	70	3.6	2.5	25	36	23	250	200	3
Kimyasal Madde İlaveli Çöktürme	70	75	45	90	25	12	90	1.2	0.8	30	34	21	350	300	3
Yüksek Yüklü Biyolojik Arıtma	70	75	45	80	50	30	30	8.4	5.3	25	36	23	185	125	2
Düşük Yüklü Biyolojik Arıtma	90	20	20	90	25	15	30	8.4	5.3	30	34	21	205	125	2
Eşzamanlı Biyolojik ve Kimyasal Arıtma	90	20	20	90	20	20	90	1.0	1.0	35	31	20	250	160	2
Kimyasal Çöktürme Sonrası Biyolojik Arıtma	90	10	10	95	15	15	95	0.5	0.5	35	31	20	380	330	2
Ön Denitrifikasyon, Eşzamanlı Biyolojik ve Kim. A	95	10	10	97	10	10	90	1.0	1.0	70	15	10	275	180	1.5
Ön Denit, Kimyasal Çök. Sonrası Biyofilm Sistemi	97	5	5	97	10	10	95	0.5	0.5	85	7.5	5	380	330	2.5

Burada C1 ile ifade edilen değerler Tablo 3.4 de verilmiş olan ve 250 lt/N-gün su kullanımına göre hesaplanmış kirletici konsantrasyonları, C2 ile gösterilen değerler ise maliyet çalışmasına esas olan 400 lt/N-gün su kullanım değeri üzerinden hesaplanmış konsantrasyonları ifade eder.

Tablo 3.5 100.000 Kişilik arıtma tesisi maliyet analizi (Henze ve Ødegaard,1994).

Kullanılan Arıtma Prosesi	Yatırım	İşletme	Toplam
	Bedeli	Bedeli	Maliyet
	US \$/m ³	US \$/m ³	US \$/m ³
Mekanik Arıtma	0.11	0.05	0.016
Kimyasal Madde İlaveli Mekanik Arıtma	0.117	0.075	0.192
Kimyasal Madde İlaveli Çöktürme	0.133	0.083	0.217
Yüksek Yüklü Biyolojik Arıtma	0.150	0.083	0.233
Düşük Yüklü Biyolojik Arıtma	0.180	0.083	0.263
Eşzamanlı Biyolojik ve Kimyasal Arıtma	0.185	0.108	0.293
Kimyasal Çöktürme Sonrası Biyolojik Arıtma	0.167	0.100	0.267
Ön Denit, Eşzamanlı Biyolojik ve Kim. Arı.	0.283	0.158	0.441
Ön Denit, Kimyasal Çök. Sonrası Biyofilm A.	0.225	0.175	0.400

Tablo 3.6 100.000 Kişilik arıtma tesisi çamur uzaklaştırma sistemi maliyet analizi (Henze ve Ødegaard,1994).

Kullanılan Proses	Yatırım	İşletme	Toplam
	Bedeli	Bedeli	Maliyet
	US\$/kgKM	US\$/kgKM	US\$/kgKM
Susuzlaştırma	0.117	0.075	0.192
Havasız Çürütme ve Susuzlaştırma	0.158	0.108	0.267
Susuzlaştırma ve Yakma	0.292	0.217	0.509

Bu çalışmanın sonuçlarından elde edilen bilgiler ışığında herhangi bir bölge için geliştirilecek olan atıksu arıtma stratejisinde birim kirlilik giderimine karşılık gelen maliyet büyük önem taşımaktadır. Kademelendirilmiş olan proses uygulaması değiştikçe giderilen kirlilik yüküne paralel maliyetler de değişmektedir. Tablo 3.7’de birim kirlilik yükünün giderilmesi için gereken bütçe ifade edilmiştir. Bu tabloda da görülebileceği gibi azot ve fosfor giderimi için gereken birim maliyet oldukça yüksektir.

Tablo 3.7 Birim kirletici yük giderim maliyeti USD/kg Kirletici (Henze ve Ødegaard,1994).

Kademeli Arıtma Prosesleri	BOI ₅ USD/kg	Fosfor USD/kg	Azot USD/kg
Mekanik Arıtma	4 (100)*	-	-
Yüksek Yüklü Biyolojik Arıtma	2 (100)	-	-
Kimyasal İlavesiyle Takviye Edilmiş	1.3 (50)	19 (50)	-
Ön Çöktürme	1.0 (50)	15 (50)	-
Mekanik→Ön Çöktürme	0.4 (50)	4 (50)	-
Mekanik→Yüksek yüklü Biyolojik Arıtma	1 (100)	-	-
Biyolojik→Biyolojik+Kimyasal Arıtma	0.3 (5)	10 (95)	-
Biyolojik+Kimyasal→Azot Giderimi	-	-	10 (100)

*Parantez içindeki rakamlar özellikle verilen parametrenin toplam maliyet içindeki oranını ifade etmektedir.

Sonuç olarak arıtma tesisi olmayan bir bölge için yeni yapılacak tesisin planlanmasında bir çok seçenek bulunmaktadır. Ancak mevcut tesislerin geliştirilmesinde ise, maliyete ve ulaşılması gereken verime göre farklı yöntemler kullanılabilir. Örneğin mekanik arıtmada kimyasal madde dozlaması ile takviye edilerek verim artırımı sağlanabilir. Organik polimerlerinde kullanımıyla ön çöktürme tankındaki yüzey yüklemesi vb. değerler artan debi değerlerinde bile uygulanabilirliğini sağlamaktadır.

Mekanik arıtmanın kimyasal madde dozlama sistemiyle geliştirilmesi için gerekli olan yatırım bedeli önemszenmeyecek kadar az olurken işletme maliyeti kullanılan kimyasal madde gereği artmaktadır.

Eğer fosfor giderimi önem taşıyorsa kimyasal madde dozlanması seçeneği tek seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Çamurdaki ağır metal miktarının kontrol altında tutulmasının sağlanması için metal tuzları yerine organik polimerlerin kullanılması ile verim arttırma yolu seçilmelidir. Eğer alıcı ortamın durumu oksijen tüketen maddelerin (BOI, NH₄ vb.) daha yüksek oranda giderilmesini zorunlu kılıyorsa bu durumda mekanik arıtmanın biyolojik arıtma ile desteklenmesi, fosfor giderimi ihtiyacına göre kimyasal madde dozlamasının paralel olarak uygulanması düşünülmelidir.

Optimum arıtma stratejisinin saptanması yerel koşullar ile yakından ilişkili olup orta ve doğu Avrupa için verilmiş olan çözümlerin hepsi Türkiye için uygun olmayabilir.

Tablo 3.7’de verilen ve uygulanacak arıtma teknolojisinin seçiminde birim kirletici başına yapılacak harcamayı gösteren tablonun hazırlanmasına ışık tutan kavram sadece bölgesel deşarj standartların geçerli olduğu ülkeler için kullanılabilir olmasıdır.

En uygun arıtma teknolojisinin seçiminde, atıksu içinden eşit miktarda karbonlu madde gideren kimyasal veya biyolojik arıtma sisteminin çıkışındaki suyun kalitesi, alıcı ortam için aynı olmamaktadır. Bunun nedeni ise alıcı ortama bırakıldıklarında burada tüketilecekleri oksijen miktarlarının farklı olmasıdır.

Biyolojik arıtma sonrasındaki arıtılmış su içindeki organik madde kimyasal arıtma sonrasındaki suyun içindeki organik maddeye göre daha güç ve uzun sürede ayrışacağı için alıcı ortamdaki oksijenin aniden tüketilmesine sebep olmaz. Bu nedenle eşit verimlik sağlayan biyolojik veya kimyasal arıtmanın seçilmesinde alıcı ortamın durumu dikkate alınmalıdır. Temelde iki tip arıtmanın sonucunda da kalan organik maddelerin alıcı ortamda kullanacağı oksijen aynı olup sadece hangisinin daha çabuk tüketileceği farkı tartışılmaktadır.

Çünkü alıcı ortamın yapısı önemlidir. Büyük göl ve nehirlerde yada denizlerde bu durum önemli bir farklılık yaratmazken, özellikle küçük nehirlerde yada göllerde canlı hayatı bakımından önemli problemler meydana gelir.

Bütün bu çalışmanın incelenmesinden dolayı orta ve doğu Avrupa için varılan sonuçlardan bazıları Türkiye içinde strateji seçimi safhasında önemle değerlendirilmelidir.

- 1) Alıcı ortamın durumuna bakılmaksızın öncelikle atıksu içindeki karbonlu maddelerin ve fosforun belirli oranda giderilmesi hedef olmalıdır.
- 2) Atıksu içindeki azotlu maddelerin giderilmesi, karbonlu ve fosforlu maddelerin giderilmesi yanında çok daha fazla yatırım gerektirmekte olup, elde edilen sonuç karbon ve fosforun giderilmesi durumu ile karşılaştırıldığında alıcı ortamın kalitesi açısından büyük bir gelişme sağlamaz.

- 3) Arıtma tesisleri zaman içinde azot giderimi için gerekli modifikasyonların yapılabilmesi için planlanmalıdır.
- 4) Arıtma tesislerinden oluşan çamurların toprak iyileştirilmesinde veya tarımda kullanılmasına çalışılmalı, aşırı kimyasal dozlaması ile metal içeriği fazla olan ve sadece depolanabilen yada yakılabilen çamurların oluşturulması önlenmelidir.
- 5) Çamurların içindeki metal miktarının kontrol edilmesindeki bir önemli adımda endüstriyel deşarjların ön arıtma sonrasında yapılmasının sağlanmasıdır.
- 6) Evsel veya endüstriyel atıksuların arıtılması için seçilecek olan proseslerin komplike ve karmaşık prosesler yerine basit fakat fonksiyonel proseslerden seçilmesi yararlı olmaktadır.
- 7) Ülke bazında yapılacak arıtma tesislerinin alıcı ortamların durumuna göre geliştirilmiş yerel veya bölgesel standartlara göre tasarlanması en ekonomik çözümdür. Bunun için en kısa sürede Türkiye’de havza bazında bölgesel deşarj standartları geliştirilmelidir.

Çünkü; Türkiye’de uygulanmakta olan yasal düzenlemeler gereği konsantrasyon bazında verilmiş olan ve hassas bölgeler dışında tüm ülke genelinde geçerli olan standartlar gereği, sadece mekanik arıtma veya kimyasal madde dozlaması ile desteklenmiş olan mekanik arıtma seçeneklerinin uygulamasının yönetmeliklerde istenen standartların sağlanmasında yeterli olmayacağı açıkça görülmektedir (Henze ve Ødegaard,1994).

Gelecekte yönetmeliğin revize edilmesi ve farklı alıcı ortamlar için farklı standartların uygulanması söz konusu olursa orta ve doğu Avrupa için önerilmiş stratejilerin Türkiye’de uygulama imkanı bulabileceği görülmektedir.

Bu durumda mevcut yönetmelik dahilinde yeni yapılacak her tesisin mutlak biyolojik arıtma prosesi içeren bir sistem olması ve hassas bölgelerde gerekli azot ve fosfor standardına erişilmesi için kimyasal madde dozlaması veya biyolojik fosfor giderimi düşünülmesi mevcut tesislerin geliştirilmesi için uygun çözüm olarak görülebilir.

Böylelikle Türkiye’de optimum maliyete dayalı arıtma alternatifleri için önerilebilecek sistemler, biyolojik arıtma üniteleri olan proseslerin değerlendirilmesine paralel olarak, sadece çamur işleme sistemlerinde yapılacak farklı uygulamalar ile sağlanabilecektir. Yönetmeliklerin Avrupa topluluğuna entegrasyon sürecinde azot ve fosfor parametrelerini de kapsamıyla mevcut tesislerin iyileştirilmesi için kimyasal madde dozlanması ile düşük yatırımla yüksek fayda sağlanması yolu en uygun yöntem olarak görülmektedir.



4. TÜRKİYE’DE ATIKSU OLUŞUMU VE KARAKTERİZASYONU

Çalışmanın bu bölümünde, su kullanımına karşı atıksu oluşumu, oluşan evsel atıksuyun karakterizasyonu hakkında literatür taraması sırasında elde edilmiş olan bilgiler verilmiştir. Burada derlenen değerler daha sonraki bölümlerde Türkiye’de yapılmış ölçümlerden elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Mevcut Durum

Türkiye’de evsel atıksuların yürürlükteki mevzuatta tanımlanmış deşarj standartlarına uygun biçimde arıtılması amacıyla atıksu arıtma tesisi yapılması için önemli olan bazı bilgilerin eksikliği bulunmaktadır. Bunların başında evsel atıksu karakterizasyonu ve birim atıksu oluşumunun belirlenmesi gelmektedir. Atıksu arıtma tesisi tasarımı yapılmadan önce seçilecek prosesin uygunluğunun belirlenebilmesi için gerekli olan bilgilerin başında arıtma tesisinin yapılacağı bölgenin nüfusu, buradan kaynaklanacak atıksuyun miktarı, ve hepsinden önemlisi bu atıksuyun karakterizasyonu gelmektedir. Bu bilgilere paralel olarak bölgedeki alt yapı sisteminin durumu, finansman imkanları, irdelenmesi gereken diğer özelliklerdir. Günümüzde Türkiye’de inşa edilmiş ve işletilmekte olan atıksu arıtma tesislerinden elde edilen verilerin toplandığı belirli bir merkez bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılması planlanan her yeni tesis için atıksu karakterizasyonu ve birim atıksu oluşumu (toplam atıksu debisi nüfusa ve yağmur suyu etkisine bağlı olarak belirlenir) belirlenmesi gereken temel büyüklükler olarak ele alınmalıdır.

4.2. Temel Kavramlar

Atıksu özellikleri dikkate alındığında iki önemli karakteristiğin sistem tasarımında etkili olduğu görülmektedir, bunlar atıksu debisi ve kirletici yükleridir. İki parametre de atıksu türüne bağlı olduğundan uzun süreli izleme programları ile belirlenmelidir. Atıksu miktarı günden güne değişebileceği gibi su kullanımlarına bağlı olarak gün içinde de farklılık göstermektedir.

Bu nedenle esas olarak atıksu miktarının ve değişimlerinin ölçölerek belirlenmesi gerekmektedir. Bu ölçölmlerin mümkün olamadığı durumlarda atıksu miktarı bölgenin konumu, yaşam standardı, iklim koşulları, altyapı sisteminin durumu gibi etkenler göz önüne alınarak bilimsel esaslar çerçevesinde tahmin edilebilmektedir.

4.2.1 Evsel atıksu oluşumu

4.2.1.1. Atıksu debisi

Su kullanımı ile atıksu oluşumu arasında doğrudan bir ilişki mevcuttur. Arıtma tesislerinin projelendirilmesinde debi hesabında uygulanan yöntem, kullanılan su miktarının belirli bir oranının atıksuya dönüştüğü ve bu miktarın belirli bir süre içinde kanala geldiği esasına dayanmaktadır. Evsel kullanımlar dışında sızma debisi de bu hesaplarda dikkate alınmalıdır. Özellikle mevcut kanal sisteminin eski olduğu yerlerde % 20’ye kadar varan infiltrasyon katkısı atıksu debisi üzerine eklenmelidir. Tablo 4.1 çeşitli ülkeler için belirlenmiş olan evsel atıksu debilerini (sızma debisi hariç) göstermektedir (Henze, Gujer ve diğ 1995).

Yaklaşık olarak 80 ile 275 lt/kişi.gün aralığında değişen bu değerlerin geçtiğimiz son 5-15 yıl içerisindeki çalışmaları yansıtan değerler olduğu, bu nedenle atıksu üretimlerinin gelişen refah düzeyi ile birlikte günümüzde bazı ülkelerde artmış olabileceği dikkate alınmalı, buna karşılık kaynakların kullanımı konusundaki bilincin artmasına paralel olarak bu değerlerin sabit kalabileceği veya azalabileceği de dikkate alınmalıdır. Türkiye’de su kullanımı ve atıksu oluşumu arasındaki ilişki çeşitli kurumlar tarafından farklı farklı tanımlanmaktadır.

İller Bankası “İçme Suyu Projesine Ait Şehir ve Kasaba içme suyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik” (1985) ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, köylerde sarf edilen su miktarı ile ilgili olarak gelecekteki nüfusa bağlı olarak birim su tüketimlerini belirlemektedir (Orhon, Sözen ve diğeri 2000).

Tablo 4.2’de verilen bu değerler şebeke su kayıpları ile birlikte, yol, ev bahçesi, park, pazaryeri, motorlu araçlar, okul, hastahane, mezbaha, otel, hamam v.b. yerlerin ihtiyacı ve temizlenmesi için tüketilecek su miktarlarını da içermektedir.

Tablo 4.1 Çeşitli ülkelere ait birim atıksu debileri (Henze, Gujer diğ 1995).

Ülke	Atıksu Debisi(lt/kişi-gün)
Almanya	150
Belçika	80
Danimarka	150
Fransa	95
Hollanda	135
İngiltere	165
İspanya	245
İsveç	230
İsviçre	275
İtalya	230
Norveç	150

En genel halde Türkiye genelinde evsel amaçlı toplam su tüketiminin 70 lt/kişi.gün. başka bir deyişle günde 4 milyon m³ olduğu tahmin edilmektedir (Orhon, Sözen ve diğerleri 2000).

Gelecekteki nüfusu 300.000'den büyük kentlerde kişisel kullanım, özel su ihtiyacı gibi hususlarda idare ile anlaşmaya varılması, imar planına göre gelişim ve yerleşim durumlarında değişik karakter gösteren alanlarda farklı ihtiyaç miktarlarının düşünülmesi gerektiği belirtilmektedir. Burada evsel su tüketiminin %70-80'inin kanalizasyon şebekesine ulaşacağı kabul edilmektedir. Çünkü günümüzde özellikle büyük şehirlerdeki içme suyu şebekelerindeki kayıplarının azaltılması için rehabilitasyon çalışmaları hızlanmıştır. Böylece kısıtlı kaynakların faydalı kullanımı sağlanmaktadır.

Örneğin İzmir'de, şebekede işletmeden ve malzemenin eskimesinden kaynaklanan su kayıpları %61 mertebesindeyken yenilenen borular sayesinde bu oran %20'lere düşürülmüş olup işletmedeki kayıplarında düşürülmesi için çalışmalar devam etmektedir (www.izmir-bld.gov.tr 2003).

Tablo 4.2 Nüfusa bağlı olarak su tüketimlerinin değişimi (Orhon, Sözen ve diğ 2000)

Gelecekteki Nüfus	Köy Hizmetleri (lt/kişi.gün)	İller Bankası(1985) (lt/kişi.gün)
<3.000	60	60
3.001-5.000	60-80	70
5.001-10.000	70-80	80
10.001-30.000	-	100
30.001-50.000	-	120
50.001-100.000	-	170
100.001-200.000	-	200
200.001-300.000	-	225

İSKİ Genel Müdürlüğü, İstanbul için yapmış olduğu atıksu debisi tahminlerinde, birim evsel atıksu debisi için ilçelere ve yıllara bağlı olarak geniş bir aralık vermekte, 1990 yılı içinde 130-180 lt/kişi.gün (en yaygın değer 132 lt/kişi.gün) değişimini öngörmektedir. 2040 yılında ise bu aralık 200-230 lt/kişi.gün (en yaygın değer 200 lt/kişi.gün) olarak tahmin edilmektedir (Orhon, Sözen ve diğ 2000). İstanbul için yapılan diğer çalışmalarda belirlenen birim atıksu oluşumları yıllara bağlı olarak Tablo 4.3 de verilmektedir.

Tablo 4.3 İstanbul İçin Elde Edilen Birim Atıksu Değerleri (Orhon, Sözen ve diğ 2000)

Yıllar	CAMP TEKSER (1975) (lt/kişi.gün)	WATSON MOTOR TEMEL (1986) (lt/kişi.gün)	IMC (1994) (lt/kişi.gün)
1990	130—220	160	169
2000		200	171
2010		220	
2020	215—290	250	234

Türkiye genelinde su kullanımı için yapılmış olan çalışmaların günümüz koşulları altında değerlendirilmesi sonucunda İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük şehirlerin kısıtlı kaynaklarının optimum kullanılması amacıyla şebeke kayıplarının azaltılması doğrultusunda başlatmış olduğu hareketin yakın gelecekte tüm ülkeye yayılacağı düşünülmelidir. 1995 yılında ülke genelinde ortalama %40 olarak belirlenen su kaybı oranı, bu idarelerin görev alanlarında %47 olmuştur (DİE çevre envanteri 2001).

4.2.2 Atıksu karakterizasyonu

Atıksu karakterizasyonu, kirleticilerin toplu olarak değerlendirilebildikleri anlamlı ve önemli parametreler bazında yapılmaktadır. Evsel atıksularda bu parametrelerin oluşturulmasında öncelikli olarak dikkate alınması gereken bileşenler ve çevresel etkileri Tablo 4.4'de verilmektedir. Buna göre konvansiyonel karakterizasyon çalışması, her bir kirletici bileşeni tek tek ele alan yada grup olarak değerlendiren anlamlı parametreler bazında yürütülmelidir.

Tablo 4.4 Atıksudaki bileşenler (Henze, Gujer ve diğ 1995)

Bileşen		Çevresel Etkiler
Mikroorganizmalar	Patojen bakteriler, virüsler kurtlar vb	
Biyolojik olarak ayırışabilen organik maddeler		Göl ve nehirlerde oksijeni tüketmek
Diğer organik maddeler	Deterjanlar, azot, fosfor, amonyak, fenol vb	Toksik etki, biyoakümülyasyon
Besi maddeleri	Azot, fosfor, amonyak	Ötrofikasyon, oksijen eksikliği, biyoakümülyasyon
Metaller	Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni	Toksik etki,
Diğer inorganik maddeler	Asitler, bazlar	Korozyon, toksik etki
Termal etkiler	Sıcak su	Yaşam koşullarına etki
Tat koku	Hidrojen sülfür	Estetik rahatsızlık, toksik etki
Radyoaktivite		Toksik etki, akümülyasyon

Atıksu karakterizasyonu ülkeden ülkeye değişebileceği gibi, aynı ülke içerisinde de çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Türkiye’de çeşitli kuruluşlar atıksu debisi ile birlikte bazı kirleticiler için birim yükler tanımlamıştır.

İller Bankası’nın Pissu Arıtma Tesisi Proses Genel Şartnamesi’nde aktif çamur, damlatmalı filtre ve stabilizasyon havuzu boyutlandırmasına esas Tablo 4.5 ile verilen değerlerin alınması öngörülmektedir.

Tablo 4.5 İller Bankası Proses Genel Şartnamesi Kirletici Yükleri (Orhon, Sözen ve diğ 2000)

Parametre	Yük (gr/kişi.gün)
BOI ₅	50—60
AKM	70—90
N	10—12
P	3-4

Benzer bir yaklaşım Ankara ASKİ tarafından da benimsenmiş ve arıtma tesisinin tasarımında kirletici yükler, 1995 yılı için BOI₅ 53 gr/kişi.gün, 2010 için 56 gr/kişi.gün ve 2025 için ise 60 gr/kişi.gün olarak hesaplanmıştır (www.aski.gov.tr).

Bugüne kadar yürütülen çalışmaların hemen hemen hiçbirisi bilimsel araştırmaya dayanmamakta, kabuller kapsamında belirtilmektedir. Verilen değerlerin birbirlerinden olan farklılıkları dikkate alındığında, özellikle tasarımda detaylı karakterizasyon çalışmasının önemi belirginleşmektedir. Tablo 4.6’de verilen birim kirletici yükler (Henze, Gujer ve diğ 1995) dikkate alındığında, ülkeler arasında yaşam standardı, genel tüketim alışkanlıkları ve benzeri etkenlere bağlı olarak farklılıklar olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6 Çeşitli Ülkelere Ait Birim Kirletici Yükler (Henze, Gujer ve diğ 1995)

Kirletici	Birim	Danimarka	Brezilya	Mısır	Almanya	İtalya	İsveç	ABD
BOI	gr/kışı-gün	55-68	55-68	27-41	55-68	49-60	68-82	82-95
AKM	gr/kışı-gün	68-83	55-68	41-68	68-95	55-68	82-95	82-95
TN	gr/kışı-gün	14-19	8.2-14	8.2-14	11-16	8.2-14	11-16	14-19
TP	gr/kışı-gün	4.1-5.4	1.5-2.7	1-1.5	3.2-4.3	1.5-2.7	2.1-3.2	4.1-5.4
Deterjan	gr/kışı-gün	2.1-3.2	1.3-2.7	0.8-1.3	1.9-2.7	1.3-2.7	1.9-2.7	2.1-3.2
Fenol	gr/kışı-gün	0.027-0.054	-	0.0082-0.027	-	0.0082-0.027	-	-
Hg	gr/kışı-gün	0.00027-0.00054	-	0.000027-0.00054	-	0.00054-0.0001	0.027-0.054	-
Pb	gr/kışı-gün	0.0136-0.0273	-	0.0136-0.0273	-	0.0136-0.0273	0.0136-0.0273	-
Cr	gr/kışı-gün	0.0054-0.01	-	0.0054-0.01	-	0.0054-0.01	0.0013-0.0041	-
Zn	gr/kışı-gün	0.041-0.082	-	0.041-0.082	-	0.041-0.082	0.027-0.054	-
Cd	gr/kışı-gün	0.00054-0.001	-	-	-	-	0.0013-0.0019	-
Ni	gr/kışı-gün	0.0054-0.01	-	-	-	-	0.0013-0.0027	-

Konsantrasyon bazındaki değişimleri ortaya koymak üzere çeşitli kaynaklar taranmış ve elde edilen bulgular Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’da verilmiştir. Bu tablolardaki değerler ülke genelini temsil etmeyip, ancak genel bir değerlendirme yapılması amacıyla verilmiştir.

Bu farklılıkları ortaya koymak ve genel olarak evsel atıksuları karakterize edebilmek amacıyla literatürde, kuvvetli, orta, zayıf ve seyreltik evsel atıksu sınıflandırması yapılmıştır.

Bu sınıflandırma çerçevesinde evsel atıksuların ortalama kompozisyonu organik madde, azot ve fosfor bileşenleri, metal içerikleri ve diğer parametreler açısından sırasıyla Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11’de verilmektedir



Tablo 4.7 Çeşitli Ülkelere Ait Konsantrasyon Bazında Yapılmış Konvansiyonel Atıksu Karakterizasyonu

	KOI(top)	KOI(süz)	BOI ₅	TKN	NH ₄ -N	TP	UAKM	AKM	Alkalinite	Referans
	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	
Brezilya	627	157	357	54	30	9.9	297	376	198	Barbosa-Santanna 1989
Yunanistan	-	-	259	-	39.3	5.9	-	-	-	Andredakis 1992
Fransa	500	350	200	55	-	-	75	150	-	Chudoba-Pannier 1994
İsrail	635	205	201	43	40	-	-	-	-	Eliosof-Argamon 1995
Meksika	416	270	149	57.4	44	9.3	67	155	709	Chavez-Jimenez 1996
G.Afrika	705	-	300	37.5	-	-	-	-	-	Barnard 1991

Tablo 4.8 Çeşitli Ülkelere Ait Konvansiyonel Parametrelerin Ölçümleri ve Değerlendirilmesi (Pons ve diğerleri 2001)

Ülke	Tesis Sayısı	KOI mg/lt			BOI ₅ mg/lt			AKM mg/lt			N mg/lt			P mg/lt		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Avusturya	97	526	498	218	285	256	120	-	-	-	44	40	18	7.1	7	3
Belçika	152	477	382	314	187	152	128	236	174	222	-	-	-	-	-	-
Danimarka	836	455	404	440	163	135	119	-	-	-	36	30	31	7.8	6.2	7.6
Fransa	149	634	592	315	268	245	137	302	267	170	52	51	23	9.3	9	3.8
Hollanda	384	450	426	151	171	159	66	237	194	252	42	40	16	6.7	6.1	6.1
Slovenya	100	581	418	613	267	217	245	426	341	292	37	39	19	5.5	4.8	3.8
Kıbrıs	6	522	-	-	547	-	-	436	-	-	98	-	-	16	-	-
Finlandiya	7	559	-	161	266	-	78	378	-	144	43.8	-	10.4	7.5	-	1.3
Almanya	6	548	-	-	319	-	-	208	-	-	59	-	-	8	-	-
Fas	60	928	900	357	353	350	140	397	400	174	-	-	-	-	-	-
İspanya	3	762	-	-	434	-	-	290	-	-	71	-	-	11	-	-
İsveç	17	239	-	-	133	-	-	98	-	-	28	-	-	4	-	-
İsviçre	6	477	-	123	171	-	72	243	-	87	33	-	8.1	6.1	-	17
İngiltere	12	613	-	-	212	-	-	150	-	-	40	-	-	-	-	-

A: Ortalama Değer, B: Medyan, C: Standart Sapma

Atıksu karakterizasyonunun detaylı olarak her bir kirletici kaynak için belirlenmesi gerektiği esassından hareketle, dünyadaki ölçümler ve Türkiye’deki çeşitli bölgelere ait deneysel çalışmalar değerlendirilmiş ve bu çalışmaların sonuçları ilgili tablolarda özetlenmiştir. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak yaz ve kış nüfusunun çok farklı olduğu turistik yöreler ile yoğun kentleşmenin olduğu metropoliten İstanbul’un çeşitli bölgelerini kapsamaktadır.

Tablo 4.9 Organik madde bazında atıksu karakterizasyonu (Henze, Gujer ve diğ 1995)

Parametre (mg/lt)	Atıksu Tipi			
	Kuvvetli	Orta	Zayıf	Seyreltik
BOI				
Nihai	530	380	230	150
7 günlük	400	290	170	115
5 günlük	350	250	150	100
Çözünmüş	140	100	60	40
Çöz., kolay ayrışan	70	50	30	
Çökelmiş	250	175	110	70
KOI				
Toplam	740	530	320	210
Çökelmiş	530	370	230	150
Çözünmüş	300	210	130	80
TOK	250	180	110	70
Karbonhidrat	40	25	15	10
Protein	25	18	11	7
Yağ asitleri	65	45	25	18
Yağlar	25	18	11	7
Deterjan	15	10	6	4
Yağ-gres	100	70	40	30
Fenol	0.2	0.15	0.10	0.05
Deterjan (anyonik)	15	10	6	

Tablo 4.10 Nütrient bazında evsel atıksu karakterizasyonu (Henze, Gujer ve diğ 1995)

Parametre (mg/lt)	Atıksu Tipi			
	Kuvvetli	Orta	Zayıf	Seyreltik
Toplam Azot	80	50	30	20
-amonyak azotu	50	30	18	12
-nitrit azotu	0.1	0.1	0.1	0.1
- nitrat azotu	0.5	0.5	0.5	0.5
-organik azot	30	20	12	8
Toplam Fosfor	23	16	10	6
-ortofosfat	14	10	6	4
-polifosfat	5	3	2	1
-organik fosfat	4	3	2	1

Tablo 4.11 Metaller bazında evsel atıksu karakterizasyonu (Henze, Gujer ve diğ 1995)

Parametre (mg/lt)	Atıksu Tipi			
	Kuvvetli	Orta	Zayıf	Seyreltik
Alüminyum (Al)	1000	650	400	250
Arsenik (As)	5	3	2	1
Kadmiyum (Cd)	4	2	2	1
Krom(Cr)	40	25	15	10
Kobalt (Co)	2	1	1	0.5
Bakır(Cu)	100	70	40	30
Demir (Fe)	1500	1000	600	400
Kurşun Pb)	80	65	30	25
Mangan (Mn)	150	100	60	40
Cıva(Hg)	3	2	1	1
Nikel(Ni)	40	25	15	10
Gümüş(Ag)	10	7	4	3
Çinko(Zn)	300	200	130	80

Turistik öneme sahip hassas bölgeleri yansıtmak üzere yapılmış olan bir çalışmada pilot bölge olarak Fethiye, Marmaris ve Bodrum seçilmiştir. Bu bölgelerin atıksuları Mayıs Ekim dönemleri arasında 5 ay boyunca meydana gelen değişimleri karakterize edebilmek amacıyla incelenmiştir (Orhon ve diğ, 1996). Bu çalışmaların yansıtıldığı Tablo 4.12 incelendiğinde, Fethiye karakterizasyonunun zayıf atıksu niteliğinde olduğu ve en kuvvetli atıksu karakterinin Bodrum'a ait olduğu görülmektedir.

Atıksu karakterizasyonu azot giderimi açısından değerlendirildiğinde, toplam atıksu bazında KOI/TKN oranının Fethiye için 8.5, Marmaris için 10 ve Bodrum için 10.5 olduğu, çökelmiş atıksu bazında bu oranın sırası ile 5.9, 6.4 ve 7 olarak değiştiği görülmektedir.



Tablo 4.12 Turistik Bölgelere Ait Evsel Atıksu Karakterizasyonu (Orhon ve dig., 1996)

Parametre	Fethiye		Marmaris		Bodrum	
	Ortalama mg/lt	Aralık mg/lt	Ortalama mg/lt	Aralık mg/lt	Ortalama mg/lt	Aralık mg/lt
KOI Toplam	227	190-245	370	215-480	473	335-530
KOI Çökelmiş	158	110-245	236	145-265	319	210-370
KOI Süzülmüş	52	30-145	96	60-125	128	85-140
TKN	26.8	20-37	37	31-42	45	32-57
NH ₃ -N	17.9	11.5-21	26	21-34	33	26-41
Organik N	8.9	2-16	11.2	7-15	12.3	0.5-21
TP	5.4	3.3-9	7.7	5.6-9	8.8	7-11
AKM	150	100-270	194	170-265	227	140-310
UAKM	136	90-235	177	160-230	199	120-290
Alkalinite	412	310-470	462	380-520	486	410-540
TÇM	615	580-680	2107	900-2980	2470	2190-2850
Yağ ve gres	102	60-210	127	80-200	162	115-230
Klorür	110	100-120	853	250-1275	1049	945-1190
Deterjan	2.3	1.3-3.2	3.7	2.8-4.9	4.5	3.2-5.
pH(-)	7.3	6.9-7.5	7.1	7.1-7.2	7.2	7.1-7.3

İstanbul için yapılan birim kirlilik yükü tespit çalışmaları projeksiyonları Tablo 4.13’de verilmektedir. Bunun yanında uzun süreli ölçümlerle bilimsel platformda yürütülen çeşitli çalışmalardan elde edilen konsantrasyonlar ise Tablo 4.14 de verilmektedir.

Tablo 4.13 İstanbul İçin Önerilen Birim Kirletici Değerleri (Orhon, Sözen ve diğ 2000)

Parametre	CAMP/TEKSER (1975) gr/kişi-gün	WATSON MOTOR/ TEMEL (1986) gr/kişi-gün	MERİÇ (1990) gr/kişi-gün
BOI ₅	50	60	60
AKM	75	70	70
N	8	10	10
P	2	2	2

İstanbul’da kişi başına üretilen kirlilik yükünün tanımlanması için BOI₅ için 40 gr/kişi.gün, AKM için 45 gr/kişi.gün, N için 6.7 gr/kişi.gün ve P için 1.6 gr/kişi.gün değerlerinin kullanılması önerilmiştir (Meriç,1990). İstanbul evsel atıksularının karakterizasyonuna yönelik yapılmış çalışmalar ise Kadıköy, Küçükçekmece, Baltalimanı, Sefaköy, Yenikapı, Ömerli, Ataköy ve Tuzla’ dan alınan örnekleri içermektedir. Kadıköy istasyonundaki çalışmalar birbirinden farklı dönemlerde yapılmış iki çalışmanın sonuçlarını kapsamaktadır. Kadıköy, Küçükçekmece ve Baltalimanı, Ataköy, Yenikapı istasyonlarına ait çalışmalar ise Tablo 4.15’de ayrıntılı olarak verilmektedir. Yenikapı değerlerinin tipik evsel atıksu karakterinden farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu durum Yenikapı deşarjının deri atıksularını içermesinden, kaynaklanmaktadır (Orhon ve diğ 1997).

Tablo 4.14 İstanbul’da Ölçülmüş Konsantrasyonlarla Önerilen Değerlerlere Bakış

Parametre	Ölçülen		Önerilen (Meriç 1990)			
mg/lt	Orhon ve Diğ 1997	Okutman 2001	Camp Tekser 1975	WMT 1986	IMC 1994	DHI 1994
KOI	410	406	-	-	-	400
BOI ₅	180	-	285	375	355	200
AKM	210	190	428	438	414	-
Top N	43	41	46	62.5	59	45
Top P	7.2	8.3	11.5	12.5	11.8	7

Tablo 4.15 İstanbul'un Evsel Atıksu Karakterizasyonu (Orhon ve diğ. 1997)

Parametre mg/l	Kadıköy		Küçükçekmece		Baltalimanı		Ataköy		Yenikapı	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
KOI	220-775	450	345-480	400	265-645	340	160-350	270	280-1480	680
BOI ₅	150-410	220	160-210	185	73-200	150	-	-	110-425	300
TKN	22-73	49	38.6-46.7	42	23.9-57	35	22-63	37	27-92	66
NH ₃ -N	25-39	30.5	22.4-30.4	24.7	10-26.3	19.9	12-40	23	24-48.8	37
TP	5-15	8.1	6.1-9.6	7.4	5.8-63	6.8	3-12	7	3.6-13	7
AKM	140-930	310	165-270	200	85-318	140	-	-	110-820	480
UAKM	130-395	210	100-105	103	120-135	125	-	-	65-69	65
Alkalinite	90-400	310	315-350	330	200-220	210	190-260	212	190-230	215
Yağ ve Gres	62-135	84	180-230	206	110-155	124	-	-	137-150	146
Klorür	85-115	96.2	115-120	116	85-90	90	-	-	650-1500	1039
Deterjan	2.45-4.1	3.2	3.5-4.15	3.81	3.75-4.4	4.12	-	-	1.3-2.98	1.68
*pH	-	7.2	7.6-7.7	7.68	7.2-7.5	7.4	6.8-7.5	7.1	7.1-7.3	7.24
Fenol	0.26-0.64	0.52	0.04-1.48	0.41	0.056-0.136	0.08	-	-	0.7-1.0	0.77
Sülfat	1.7-3.04	2.37	-	-	<1.0-1.6	1.1	-	-	-	-

*pH birimsizdir

5. EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE PROSES TASARIMI

5.1. Türkiye’de Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Tasarımı

Bu çalışmada evsel atıksu arıtma tesislerinin optimum maliyete dayalı tasarımında standart bir yönteminin oluşturulması için 5.000-2.000.000 eşdeğer nüfus aralığındaki yerleşim birimleri için kullanılabilecek prosesler ve bu proseslere ait ünitelerin tasarım esasları ele alınmıştır.

Türkiye’de yürürlükte olan Yönetmelik ve Kanunlar çerçevesinde geçerli olan Alıcı ortam Standartlarında (4.Eylül.1988) belirtilmiş olan değerlerin (KOI, BOI₅, AKM, pH) sağlanabilmesi için fiziksel arıtma ünitelerine ek olarak, sadece karbon giderimi yapan biyolojik proseslerin kullanılması teknik anlamda zorunlu olup, bir önceki bölümde arıtma stratejilerinin ve uygulanabilir proseslerin belirlenmesi ile ele alınan, kimyasal madde ilavesi ile desteklenmiş fiziksel arıtma sistemleri ile istenilen standartlara ulaşılması ise mümkün değildir.

Özellikle “Hassas Bölge” olarak tanımlanmış yerlerde bulunan ve Özel Çevre Koruma Kurumu tarafından denetlenen bölgelerimizde uyulması gereken standartlarda KOI, BOI₅, AKM ve pH parametrelerine TN ve TP parametreleri de ilave edilmiş olup bu parametreler için tanımlanmış standartlara ancak İleri Arıtma Proseslerinin fiziksel ve biyolojik süreçlere ilave edilmesi ile ulaşılabilir.

Evsel atıksu arıtma tesislerinde tasarımın optimize edilmesi sadece nüfusa bağlı olarak değil aynı zamanda yapılacak arıtma tesisinin bulunduğu bölgedeki (sağlanacak deşarj standartlarına göre), mevcut kanal yapısına (birleşik yada ayrık sistem), endüstriyel deşarjların olup olmamasına ve özellikle, arıtma tesisinden oluşacak çamurun stabilizasyon ve susuzlaştırma metoduna göre de değişmektedir.

Bu değişkenlere bağlı olarak optimum proses seçimi, bu bölümde genel tasarım esasları verilmiş olan proses yapılarının kombinasyonları arasından yapılabilir. Türkiye'nin içinde bulunduğu ekonomik ve çevresel koşullar gereği, mümkün olan en fazla sayıda konvansiyonel (sadece fiziksel ve biyolojik arıtma) atıksu arıtma tesisi yapmak, az sayıda, ancak ileri arıtma yapabilen (azot ve fosforu da giderebilen) arıtma tesisleri yapmaya tercih edilmesi yararlı olacaktır.

Ancak bu politika Avrupa Birliğine tam üyeliğin geręekleşmesine bağlı olarak zaman içinde değişmek durumunda olup Avrupa Birliğinin bu konudaki şartlarına uyum sağlamak için yapılmış olan tüm arıtma tesislerinin modifikasyonunu, yapılacak olan yeni tesislerin de azot ve fosfor parametresinde belirli bir azalmayı sağlayacak doğrultuda olması gerekmektedir. Bu çalışmanın kapsamında Türkiye'nin yakın gelecekte Avrupa Birliğine aday ve daha sonrada üye sıfatı edineceği düşünülerek atıksu arıtma tesislerinin optimum tasarımı, azot ve fosforunda basit ilavelerle giderilebileceği prosesler dikkate alınarak yapılmıştır.

5.2. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Uygulanan Temel Prosesler

Konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinden bahsedildiğinde, fiziksel arıtma proseslerinden oluşan arıtma süreçleri, bunu takip eden biyolojik arıtma süreçleri ve son olarak gerek fiziksel gerekse biyolojik arıtma süreçlerinden kaynaklanan çamurların işlendiği çamur arıtma prosesleri anlaşılmaktadır. Bu süreçlerin her biri için genel tasarım esasları bulunmakta olup, kullanılacak prosesin seçimi atıksuyun kompozisyonuna, miktarına ve diğer fiziksel şartlara bağlı olarak tasarımcının inisiyatifindedir. Seçilecek yöntemin veya ekipmanın özelliği, sayısı, kapasitesi veya malzemesine bağlı olarak sistemin maliyetinde önemli farklılıklar meydana gelebileceği için bu konuda mevcut alternatiflerin doğru olarak değerlendirilmesi gereklidir. Aşağıda genel başlıklar halinde verilmiş olan proses adımları evsel atıksu arıtma tesislerinde çeşitli kombinasyonlar halinde kullanılmaktadır. Bu proses adımlarının uygulanmasında yatırım maliyetinin ve işletme giderlerinin optimize edilmesi büyük önem taşımaktadır.

5.2.1 Fiziksel arıtma prosesleri (mekanik arıtma)

Atıksu içinde bulunan ve arıtma tesisinde kullanılan ekipmanlara zarar verecek, büyük katı maddelerin ve/veya AKM'nin bir kısmının giderilmesi için uygulanan proses adımlarıdır. Genel olarak üç fiziksel proses sürecini kapsar.

- 1) Kaba/İnce Izgara
- 2) Kum/Yağ Tutucu
- 3) Ön Çöktürme

5.2.2 Biyolojik arıtma prosesleri

Fiziksel arıtma sürecini tamamlamış atıksuyun içinde bulunan çözünmüş veya partiküller formdaki organik maddelerin gideriminin mikroorganizmaların faaliyetleriyle sağlandığı bir süreçtir.

- Anaerobik/Anoksik Havuzlar (denitrifikasyon, fosfor giderimi)
- Havalandırma Havuzu (karbon giderimi, nitrifikasyon / aerobik stabilizasyon)
- Son Çöktürme Havuzu
- Geri Devir Terfi Merkezi
- Kimyasal Dozlaması (Fosfor Giderimi İçin Metal Tuzları, vb)

5.2.3 Kimyasal arıtma prosesleri (opsiyonel)

- Hızlı Karıştırma
- Yavaş Karıştırma
- Kimyasal Çöktürme (Plakalı veya Konvansiyonel Çöktürme Havuzları)
- Kimyasal Madde Depolama ve Besleme Sistemleri

5.2.4 Çamur arıtma prosesleri

- Çamur Yoğunlaştırma (Statik, Mekanik, Yüzdürme vb.)
- Çamur Stabilizasyonu (Anaerobik, Aerobik veya Kimyasal Stabilizasyon)
- Şartlandırma İçin Kimyasal Dozajı (Polielektrolit, Demir Tuzları, Kireç)
- Çamur Susuzlaştırma (Bant Presler, Filtre Presler, Santrifüjler vb.)

5.3. Proses Ünitelerinin Tasarım Esasları

5.3.1 Fiziksel arıtma üniteleri

5.3.1.1. Izgaralar

Izgaradan geçirme temel olarak atıksu arıtma tesislerinin ilk yapısı olarak atıksuyun içindeki plastik torba, tahta parçaları vb. iri partikülleri ayırmak üzere kullanılan fiziksel bir işlemdir. Katı maddelerin atıksudan ayrılmaması durumunda atıksu arıtma tesisindeki ekipman (pompa, karıştırıcı vb) ve yapılarda (kanal kapakları, vanalar, savaklar vb.) işletme problemleri, çeşitli hasarlar oluşur. Zaman içerisinde bu proseste kullanılan ekipmanlar gelişim gösterebilir de temelde kullanılan iki farklı tip ekipman hala yaygın olarak kullanılmaktadır.

Izgara çeşitleri

Izgaralar çubuk aralıklarına göre yapılan bir sınıflandırma sonucunda Kaba Izgara ve İnce Izgara olarak adlandırılır. Bu ızgaralarda kendi içlerinde Mekanik Temizlemeli veya El ile Temizlemeli yada Ön Taramalı veya Arka Taramalı tip olarak iki gruba ayrılırlar. Evsel atıksu arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılan bu ızgara tiplerinin dışında, ham atıksudaki katı maddeleri çok küçük boyutlara kadar parçalayabilen ve bunun sonucu olarak atıksuyun organik madde miktarının artmasına neden olan öğütücüler, atıksu arıtma tesislerinin diğer ünitelerinde farklı uygulama alanlarında kullanılan ve Izgara yerine Elek olarak adlandırılmaları daha doğru olan fiziksel ayırma işinde kullanılan mekanik temizlemeli ekipmanlarda bulunmaktadır.

Bunlara örnek olarak Statik Elekler, Disk Elekler (0.05 mm gözenekli tel ile kaplı disklerden oluşan sistem), ham atıksuyun yada son Çöktürme tankı çıkışındaki katı maddelerin ayrılması için kullanılabilen, atıksuyun içinden aktığı ve eksenine etrafında dönerek kendi kendini temizleyen çeşitli delik çaplarına sahip perfore sacdan imal edilmiş İç veya Dış Akışlı Tambur Elekler vb. sayılabilir

Özellikle Türkiye’deki şartlar ele alındığında, birleşik kanal sisteminin yaygın olduğu yerleşim birimlerinde ızgara sisteminin ilk ekipmanı olan kaba ve ince ızgaralar için, mekanik olarak yada el ile temizlenebilen klasik çubuk ızgaralar seçilirken, ince ızgaralar için mekanik olarak temizlenen, adım ızgara, konveyörlü ızgara veya kanal içine yerleştirilen tambur ızgara tipleri de bulunmaktadır.

Arıtma tesislerinde tesis kapasitesinden bağımsız olarak mekanik temizlemeli tip ızgaralar tercih edilmelidir. Bu tip ızgaralar insan gücüne ihtiyaç duymadan ve ızgaranın tıkanarak işlevini kaybetmesi gerçekleşmeden otomatik olarak temizlendiği için işletme emniyeti bakımından da güvenli bir alternatif olmaktadır.

Izgara tasarımında kullanılan parametreler

Her iki tip ızgaranın da (kaba ve ince ızgara) mekanik ve elle temizlenebilen tipleri olduğundan dolayı bu ekipmanların sınıflandırılması ve tasarımı ızgara çubuk aralıkları esas alınarak yapılacaktır. Bu sınıflandırma gereği ızgara çubukları arasındaki açıklık 15 mm den büyük olan kaba ızgaralarda küçük tesislerde genellikle elle temizleme yöntemi tercih edilmekte ve ızgara çubukları arasındaki açıklık 25-50 mm arasında seçilmekte olup ızgaranın kanaldaki yerleştirme açısı da 45° - 60° olmaktadır. 15 mm den daha az çubuk aralığına sahip olan ince ızgaralar ise çoğunlukla mekanik olarak temizlenen ekipmanlar olup ızgara çubukları arasındaki açıklık 5.0-10.0 mm arasında seçilmekte ve kanala yerleşim açısı 75° - 85° olmaktadır (Qasım 1999).

Bu ünitelerin tasarımı için dikkate alınması gereken parametreler atıksu debisi ve atıksuyun taşıdığı katı maddelere ilişkin değişkenlerdir.

Maksimum yağışlı hava debisine göre yapılan boyutlandırma, maksimum kuru hava debisi, minimum ve ortalama debilere göre de kontrol edilmeli, eğer gerekiyorsa bu durumlar için giriş kanalında yada seçilen ızgarada çubuk açıklığı vb. tasarım parametrelerinde düzenlemeler yapılmalıdır. Atıksu arıtma tesislerinin girişinde ızgaraların yerleştirileceği yaklaşım kanallarındaki akış hızları kontrol edilerek ham atıksudaki katı maddelerin (kum vb.) bu kanal içinde çökmesi önlenmeli ve yapılan tasarım, yaklaşım kanalının maksimum, ortalama ve minimum debilere maruz kalması durumu için tahkik edilmelidir.

Yaklaşım kanalında sağlanması gereken hız ortalama atıksu debisi için tercihen 0.45 m/sn civarında olmalıdır. Kanaldaki hız tahkiklerine paralel olarak ızgara çubukları arasındaki hızın 1.0 m/sn den küçük olması sağlanmalıdır.

Bu hızın aşılması durumunda çubuklar arasında tutulan katı maddeler akış yönünde ızgaranın arkasına doğru sürüklenir ve ızgaralama fonksiyonu yerine getirilememiş olur. Bunun önlenmesi için ızgara kısmen tıkanmış durumda ve maksimum debi koşulunda çubuklar arasındaki hızın 1.0 m/sn değerinden fazla olmaması, kanal genişliği, taban eğimi veya ızgara çubukları arasındaki açıklık değiştirilerek sağlanmalıdır. ızgaraların tasarımında hidrolik kriterlere ek olarak, seçilen çubuk aralığı, gerekli hız limitasyonlarını sağlayacak kadar büyük, daha sonra kullanılacak ekipmanları ham atıksuyun içindeki katı maddelerin zararlarından koruyacak kadar küçük olmalıdır.

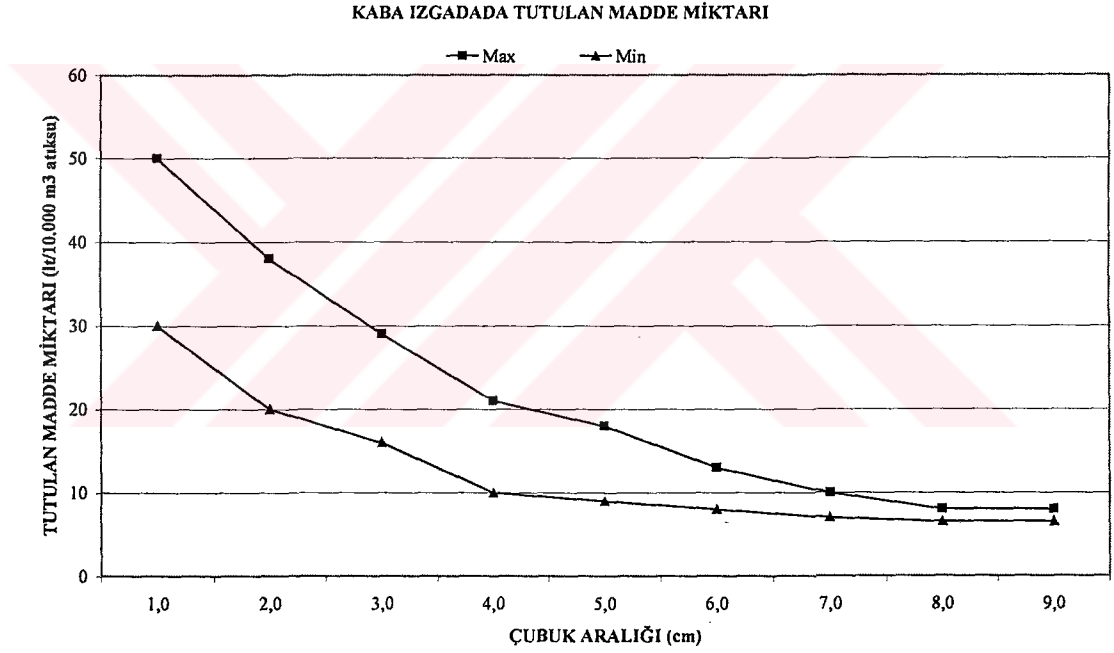
ızgaranın temizlenmesi iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Ekipmanın dizaynına bağlı olarak ızgaralar önden yada arkadan temizlenebilmektedir. Önden temizlemeli ızgaralar nispeten büyük kanal genişlikleri olan durumlarda konstrüksiyon kolaylıkları nedeniyle tercih edilseler de, proses bakımından arkadan temizleme daha uygundur. Çünkü önden yapılan temizlemede ızgara çubukları arasına giren tırmık, tutulmuş partiküllerin ızgaranın arkasına geçmesine sebep olabilmektedir. Böylece ızgarada tutulan malzemeler sistem dışına alınmadan tekrar atıksuya karışmış olur.

Atıksudaki katı maddelerin arıtma tesisi girişinde ayrıldığı fiziksel bir proses olan ızgara sistemleri gerekli tüm yardımcı ekipmanlar ile donatılarak bir bütün olarak tasarlanmalıdır. Bu anlayışla prosesin tamamlayıcı ekipmanları olan konveyör, ızgara presi ve gerekli hacim ve sayıdaki konteynerler sayılabilir.

Kaba ızgarada tutulan ve ağırlıkça %80-90 oranında su içeren, 940-960 kg/m³ özgül ağırlığa sahip olan bu atıklar ince ızgarada tutulan ve daha az su içeren (%60-90) (Tchobanoglous ve Burton 1991), diğer katı maddeler ile birlikte önce susuzlaştırılmalı ve daha sonra nihai uzaklaştırma noktasına transfer edilmelidir.

Bu amaçla ızgarada tutulan maddeler bir konveyör yardımı ile (bant veya vidalı tipte) bir konveyör ile susuzlaştırılmak üzere ızgara presine taşınır. Eğer bu konveyörler vidalı tip ise genellikle sıkıştırma işlemi de bu vidalı konveyör sistemi içinde tamamlanır ve susuzlaştırılmış ızgara atıkları konveyörün uç noktasından direk taşıma sırasında kullanılacak konteynere aktarılır.

Eğer taşıma amacıyla bant konveyörler kullanılıyorsa atıklar ızgara presinin girişinde bulunan yükleme ağzına aktarılır. Bu presin içinde bulunan bir sıkıştırma düzeni ile kuru madde miktarı artırılan atıklar daha sonra konteynere aktarılır. Her iki durumda da sıkıştırma işleme sırasında oluşan süzüntü suları ızgara kanalına yönlendirilir ve arıtmaları sağlanır. Izgara sistemlerinde tutulabilecek katı madde miktarı seçilen ızgara tipine, ızgara çubukları arasındaki açıklığa, iklim durumuna, kanal yapısına vb. bağlı olup atık miktarının hesabı, gerekli olan ızgara presi kapasitesinin, konteyner sayısının ve bu konteynerlerin nakliyesinin planlanması için önemli bir adım teşkil eder. Kaba ızgara sistemlerinde uzaklaştırılacak katı madde miktarının tahmin edilebilmesi Şekil 5.1 ile verilmiş olan grafik yardımıyla yapılabilir. Elimizde ölçüm sonucu bulunmadığı durumda ince ızgaralar için ise 1.000m^3 atıksu başına $0.00374\text{--}0.225\text{ m}^3$ katı madde (Qasım 1999) aralığı kullanılabilir.



Şekil 5.1 Kaba Izgarada Tutulan Katı Madde Miktarının Izgara Çubuk Aralığı ile Değişimi (Qasım 1999).

5.3.1.2. Kum ve yağ tutucular

Pissu kanalizasyon sistemlerine bacalardan veya birleşik kanal yapılarına yağmur suyunun karışması sonucunda giren kum, silt, çakıl, kemik parçası, kahve çekirdeği, yumurta kabuğu gibi atıksuyun içindeki organik maddelerden daha fazla özgül ağırlığı ve daha büyük bir çökelme hızı olan, büyük bir bölümü inorganik yapıdaki maddeler ortak bir isim altında toplanmakta ve kum olarak adlandırılmaktadır.

Atıksuyun içindeki bu gibi maddelerin (0.2 mm den büyük olanların) arıtma tesislerinde kullanılan ekipmanların hareketli kısımları üzerinde önemli ölçüde aşındırıcı etkisi olması, borularda veya açık kanallarda tıkanma veya birikmelere yol açması, anaerobik çamur stabilizasyon sistemlerinde önemli ölçüde birikme ve hacim kaybına neden olması sebebiyle tesis girişinde hemen atıksuyun içinden alınması gereklidir. Bu ayırma işlemi için çoğunlukla Kum Tutucu adı verilen fiziksel bir ayırma prosesi kullanılmaktadır.

Ayrılan malzemenin özelliği zamana ve coğrafyaya göre değişim göstermekle beraber su içeriği %13-65 aralığında, organik madde içeriği ise %1-56 arasında olmaktadır. Tutulan malzemenin inert madde içeriğinin fazla olması durumunda (kum içeriğinin fazla olması) özgül ağırlık 2.7 t/m^3 kadar ulaşırken, organik madde içeriğinin fazla olması durumunda ise 1.3 t/m^3 değeri civarında olabilir. Tutulan malzemenin özgül ağırlığı genellikle 1.6 t/m^3 olarak alınır. Tutulan malzemenin içinde bulunan organik kısım en kısa süre içinde ve uygun bir şekilde inert kısımdan ayrılmaz ise organik malzemenin ayrışmaya başlaması ile istenmeyen koku vb. problemler ortaya çıkar.

Tutulan malzemenin tanecik boyut dağılımı için genellikle 0.2 mm den büyük partiküllerin toplam tutulan malzemenin %90 lık kısmını oluşturduğu, bazı özel durumlarda ise bu değerin %60 kadar düşebileceği görülmektedir (Tchobanoglous ve Burton 1991).

Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan mekanik ekipmanların artmasıyla beraber bu ekipmanlara zarar verebilecek malzemelerde atıksuyun içinde uzaklaştırılması önem kazanmaktadır. Bu nedenle hareketli elemanlara zarar veren kum vb. inert ve aşındırıcı partiküllerin uzaklaştırıldığı Kum Tutucu ünitesinin arıtma tesisindeki yerinin ızgara yapısından sonra terfi merkezinden önce olması gerekmektedir.

Kullanılacak kum tutucunun tipi sistemden ayrılacak kum miktarı ve kumun yanında ayrılması düşünülen yüzer maddelerin varlığı, kullanılacak ekipmanın cinsi, yer miktarı ve oluşacak yük kaybı ile ilgili olup tasarım değerleri Tablo5.1 de verilmiştir.

Temelde iki değişik kum tutucu tipi, bulunmakta olup çoğunlukla birinci grupta yer alan kum tutucular yaygın olarak uygulanmaktadır.

Seçici kum tutucular

Seçici kum tutucular sadece atıksu içindeki inert maddelerin ayrılması, organik maddelerin ise atıksu akımı içinde kalmasının sağlanması için kullanılır. Bu tip kum tutucular ise kendi içinde üçe ayrılır.

Yatay akışlı kum tutucular

Dar ve uzun bir dikdörtgen olarak planlanan, özel bir giriş yapısı ile donatılmış olan bu tip kum tutucularda akış yatay doğrultuda olup kum tutucunun kesiti ile kontrol edilen akış hızı, özel çıkış savağı (parabolik savak, parshall savağı vb.) yapısı ile değişken giriş debileri için sabit tutulur.

Atıksu içindeki organik maddelerin ortalama özgül ağırlığının 1.02 t/m^3 , inert maddelerin ise $1.5\text{-}2.7 \text{ t/m}^3$ olduğu düşünülürse farklı özgül ağırlığa sahip bu iki maddenin ayrılması için iki maddenin çökme hızları arasındaki farktan yararlanılır. Çünkü kum vb. inert maddeler ayrık çökme modeline uyarken, organik maddeler için geçerli olan çökme modeli ise yumaklı çökmedir.

Bu tip kum tutucuların tasarımında (0.2 mm lik kum taneciklerinin giderimi için) genellikle hidrolik bekletme süresi 1.0 dk, yatay akış hızı 0.3 m/sn ve partikül çökme hızı 1.2 m/dk olarak alınır. Kum tutucudaki yük kaybı ise seçilen su derinliğinin %30-40 kadar olmaktadır (Qasım 1999).

Havalandırmalı kum tutucular

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan havalandırmalı tip kum tutucularda ağır inert maddeler havuz tabanında toplanırken yağ vb. özgül ağırlığı 1.0 t/m^3 civarında olan organik malzemelerinde yüzeyde toplanarak atıksudan ayrılmasını sağlar.

Kum tutucudan ayrılan kumun son noktaya uzaklaştırılmasından önce yıkanarak kumun içindeki organik maddelerin ayrılması ve kum/su ayırma işleminin de ayrı bir ünitelerde yapılmasının başlamasından sonra Doğrusal Akımlı Kum Tutucuların yerini Havalandırmalı Kum Tutucular almıştır.

Bu tip kum tutucular spiral akımlı havalandırma tanklarında olduğu gibi havuz tabanından sisteme verilen, miktarı ayarlanabilir havanın ve atıksuyun havuz boyunca doğrusal hareketinin kombinasyonu ile oluşan spiral yörünge sayesinde kum gibi ağır maddelerin çökmesine engel olmadan yüzebilir maddelerin yüzeyde toplanmasını sağlar.

Bu tip kum tutucularda 0.2 mm veya üzerindeki çaplarda ve ortalama 2.0-2.5 t/m³ özgül ağırlığında olan kum partiküllerinin ayrılması sağlanır. Ancak azaltılan hava debisi ile daha küçük partiküllerinde giderimi hedeflenebilir (Tchobanoglous ve Burton 1991).

Bu tip kum tutucuların doğrusal akımlı kum tutuculara göre diğer avantajları arasında;

- 1) Ön Çöktürme öncesinde kimyasal madde dozlamasına olanak tanır. Çöktürme veriminin artırılması veya kimyasal fosfor giderimi için gerekli kimyasal maddelerin atıksuya homojen olarak karıştırılması ve flok oluşumunun burada başlaması, ilave yapıların tasarlanmasını ortadan kaldırır.
- 2) Sisteme verilen hava yardımıyla uzun kanal sitemlerinde oluşan anaerobik koşulların ortadan kalkmasına yardımcı olur.
- 3) Kum tutucu boyunca minimum yük kaybı oluşur.
- 4) Yüzeysel sıyrıcısı da olduğundan yağ ve gresinde uzaklaştırılması sağlanır.
- 5) Verilen hava miktarının kontrol edilmesi ile giderilmesi istenilen kum veya daha düşük özgül ağırlıklı maddelerinde giderimi sağlanabilir.
- 6) Havalandırma sistemi sayesinde sistemden alınan kumun yıkanarak organik maddelerden arındırılması gerekli değildir.

Bu tip kum tutucuların tasarımında özellikle dikkate alınması gereken noktalar, tutulması planlanan maddelerin cinsi, boyutu, özgül ağırlığı, maksimum, ortalama ve minimum debilerdeki hidrolik bekletme süresi, giriş ve çıkış yapılarındaki detaylar, havuz geometrisi ve yönlendirme levhasının yerleşimi olarak sayılabilir.

Vorteks tipi kum tutucular

Vorteks veya hızlandırıcı tip kum tutucu sistemlerinde (çay fincanı şeklinin sağlanması için) tankın üst kısmında bir silindirik bölüm ve bunun altına yerleştirilmiş konik bir bölüm bulunmaktadır.

Giriş akımının silindirik bölgeye yanal olarak verilmesi ile sağlanan dönme hareketi (hidrosiklonlardaki gibi) giriş akımında bulunan büyük özgül ağırlıklı kum taneciklerini konik kısma doğru hareketlendirirken aynı zamanda, kumdan ayrılmış ve organik partikülleri içeren atıksuyun yine silindirik bölümden dışarı verilmesini sağlar. Burada oluşan yüksek merkezkaç kuvveti organik maddelerin kumun içinde kalmasına engel olur. Bu tip kum tutucular genellikle 100 mikron boyutundaki partiküllerin %95 verimle ayrıldığı bir sistemdir (Qasım 1999).

Elde edilmesi planlanan verim, oluşturulacak merkezkaç kuvvetinin bir fonksiyonu olduğu için bazı durumlarda büyük yük kayıpları söz konusu olmaktadır. Bunun önlenmesi için bu gibi durumlarda sistem pompa ile beslenmektedir. Bu sistemler maksimum $0.3\text{m}^3/\text{sn}$ atıksu debisi için uygulanmaktadır. Debinin daha fazla olması durumunda birden fazla sistem kurulmalıdır.

Birleşik (kum/organik madde ayıran) kum tutucular

Bazı uygulamalarda kum tutucu üniteleri, ön çöktürme tankından önce ayrı bir ünite olarak kullanılmaz ve kumun ön çöktürme tankında çökmesi sağlanır. Kum organik maddelerle birlikte ön çöktürme tankı içinde atıksu akımından ayrılır.

Bu sistemlerin kullanıldığı tesislerde ön çöktürme tankından alınan seyreltik çamur içindeki kumun ayrılması için ayrı bir ekipman yardımıyla tekrar işleminden geçirilir.

Bu sistemler ayrı bir kum tutucunun inşa edilmemesi gibi bir avantaja sahipken, ön çöktürme sistemlerindeki çamur borularının, çamur pompalarının daha fazla bakıma alınması ve/veya değiştirilmesi gibi bir dezavantaja sahiptir. Ayrıca kumdan ayrılmış seyreltik çamurun tekrar çamur işleme birimlerine verilmeden önce yoğunlaştırılması gerekmektedir. Bu sistemlerde kullanılan ve kumun seyreltik çamurdan ayrılması için kullanılan sistemler aşağıda açıklanmıştır.

Siklonlar

Siklonlar seyreltik çamurun yanal olarak içine verildiği konik sistemlerdir. Akışkanın spiral akımı sayesinde oluşan merkezkaç kuvveti kum partiküllerini siklonun yan duvarlarına doğru yönlendirilir.

Vorteks tipi kum tutucularda olduğu gibi yan duvarlardan siklonun tabanına doğru yönelen kum partikülleri buradan (tabandan) sistem dışına alınırken, yüzeyden seyreltik çamur çıkışı sağlanmaktadır. Siklonlardan beklenen verim, tutulacak kumun boyutuna, özgül ağırlığına, koninin çapına ve sağlanan merkezkaç kuvvetinin büyüklüğüne bağlıdır. Siklona beslenen seyreltik çamur için önerilen kuru madde miktarı ağırlıkça %1.5 veya daha az olmalıdır (Qasım 1999).

Santrifüjler

Santrifüjler genellikle mekanik çamur yoğunlaştırma veya çamur susuzlaştırma amacıyla kullanılan ekipmanlar olup, kum içeren seyreltik ön çöktürme çamurlarının ayrılması içinde uygulanabilirler.

Buradaki temel prensip hidrosiklonlardaki ile tamamen aynı olup sadece merkezkaç kuvveti mekanik olarak kontrol altında tutularak, ayrılması amaçlanan partikül boyutu daha hassas olarak ayarlanabilir.

Detrius tipi kum tutucular

Bu tip tanklar organik maddeler ile birlikte kum ve diğer inert maddelerin birlikte atıksudan ayrıldığı kare planlı çöktürme tankları olarak tanımlanabilir.

Havuz tabanında biriken çamurun içinden kumun ayrılması için eğik olarak yerleştirilmiş ve dönerek çalışan bir mekanizma bulunmaktadır. Ayrılan kum sistem dışına alınırken, organik maddeler eğim sayesinde tekrar tankı içine döner.

Tablo 5.1 Kum tutucu boyutlandırılmasında kullanılan tipik değerler (Qasım 1999)

Parametre	Aralık
Derinlik (m)	2.0-5.0
Uzunluk (m)	7.5-20
Genişlik (m)	2.5-7.0
Maksimum Debideki Bekletme Süresi (dk)	2-5
Hava Debisi m ³ /m-dk	0.15-0.45
Genişlik/Derinlik	1:1-5:1
Uzunluk/Genişlik	2.5:1-5:1

Bu sistemlerden oluşacak kum ve yağ miktarları için ülkemiz için geçerli standart değer oluşturulana kadar arıtılan 10.000 m³ atıksu başına 0.00374-0.201 m³ kum değeri (Qasım 1999) kullanılabilir.

Sistemde tutulan malzemeler sıyrıcılar ve/veya kum pompaları aracılığı ile kum/su ayırıcıya aktarılır ve burada kum-su ayırımı yapılırken kumun yıkanması sonucunda içinde bulunan organik maddenin tekrar atıksu hattına dönmesi sağlanarak uzaklaştırılan kumun bir koku kaynağı olması önlenir.

Aynı havuzda yağ ve diğer yüzebilen maddelerin kum tutucunun yüzeyinde toplanması ve yüzey sıyrıcısı ile uzaklaştırılabilmesi ve havuz içinde spiral akışın sağlanması için sisteme verilmesi gereken hava miktarı havuz uzunluğunun her metresi için 0.18-0.46 m³/dk (Qasım 1999) aralığında verilmektedir.

Atıksuyun özelliğine bağlı olarak büyük değişimler göstermekle birlikte evsel atıksu için sistemden ayrılacak yağ ve köpük miktarı arıtılan 10.000 m³ atıksu başına 0.00748-0.04488 m³/gün olarak verilmiştir (EPA Handbook 1984).

5.3.1.3. Ön çöktürme tankları

Ön çöktürme sistemleri, atıksu içinde bulunan ve ızgara, kum tutucu gibi ön arıtma proseslerinin fiziksel ayırma ünitelerinde giderilemeyen, özgül ağırlığı atıksudan büyük (çökelme eğiliminde olan) organik madde içeren partiküler maddelerin çökeltilerek, özgül ağırlığı atıksudan küçük (yüzme eğiliminde olan maddelerin) maddelerin ise havuzun yüzeyinden ayrılması için kullanılan bir prosestir.

Tasarım özelliklerine göre değişim gösterse de ön çöktürme tanklarında atıksu içinde bulunan askıdaki maddelerin yaklaşık %50-70 lik kısmı ve buna bağlı olarak BOI_5 in %25-40 lık kısmı sistemden çekilen çamur içine atıksudan uzaklaştırılır (Qasım 1999).

Bu havuzlar genellikle belirli bir hidrolik bekletme süresinin sağlandığı, türbülansın minimize edildiği, havuz tabanına çökelen maddelerin bir sıyrıcı yardımıyla çamur toplama bölgesine yönlendirildiği ve yüzebilen maddelerin çıkış savağına geçmesinin önlenmesi için dalgıç perdeler ile donatılmış dikdörtgen veya daire planlı havuzlardır. Bu tip havuzlara ait genel tasarım kriterleri Tablo5.2 de verilmiştir.

Eğer ön çöktürme havuzlarından sonra alıcı ortama deşarj yapılması planlanmışsa bu proses alıcı ortamda askıda maddelerin çökerek dip çamuru oluşmasını, yüzebilen maddelerin (yağın) neden olduğu, alıcı ortamdaki doğal oksijen transferi veriminin azaltmasına ve alıcı ortama verilen organik madde yükünün artmasına engel olur.

Ön çöktürme tanklarına yapılan kimyasal madde dozlaması ile atıksuyun içindeki kolloidlerinde partiküler katı maddeler ile birlikte giderilmesi ve buna bağlı olan organik madde giderim veriminin artırılması sağlanabilir. Ayrıca atıksudaki fosforun kimyasal olarak çöktürülmesi ile fosfor giderimi de sağlanmaktadır.

Ön çöktürme tankı çeşitleri

Ön çöktürme tanklarını tank geometrisine göre veya proses özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Akışkanın tank içindeki hareketine veya proses özelliklerine göre yapılan sınıflandırmaya göre çöktürme tankları;

Yatay akışlı tanklar

Yatay akışlı ön çöktürme tanklarındaki hız gradyanı yatay doğrultudadır. Bu tip tankların en yaygın olanları dikdörtgen planlı, kare planlı, dairesel planlı olan yatay akışlı tanklardır.

Tank geometrisinin seçimi ise, yapılacak tankın büyüklüğüne, tankın yapılacağı yerin özelliklerine bağlı olup dikdörtgen planlı tankların avantajları şöyledir.

Birden fazla paralel tank kullanılması durumunda, dairesel planlı tanklara göre daha az yer işgal ederler. Ortak duvar kullanımı ile inşaat maliyetleri daha düşük olur. Koku kontrolü amacıyla tankların üstünün kapatılması daha kolaydır.

Hidrolik olarak kısa devrelerin oluşması daha zordur. Giriş ve çıkış yapılarındaki yük kayıpları daha azdır.

Bu avantajların yanı sıra dikdörtgen planlı tankların bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Tank içinde ölü bölge oluşması riski yüksektir. Sıyırıcı boyutları ile sınırlanmış ölçüleri vardır. Gerekli savak yükünün sağlanması için birden fazla çıkış savağına ihtiyaç duyar. Sıyırıcı maliyeti yüksek ve bakımı daha zordur.

Katı maddeyle temas eden tanklar

Bu tankların tasarımında atıksuyun içindeki katı partiküllerinin tankın girişinde bir çamur yatağı içinden geçirilmesi amaçlanır. Bu nedenle giriş akımı tankın tabanında oluşmuş bulunan çamur yatağının içine yönlendirilir. Atıksu çamur yatağı içinden geçerken atıksuyun içindeki katı maddeler çamur yatağı içinde filtre edilir veya yumaklaştırılarak bu bölgede kalması sağlanır. Çamur tabakasının üstünde bir geçiş bölgesi bulunur ve burada çamur tabakası üstüne geçen katı maddeler floklaşmaya devam ederek büyür ve tekrar tabana yönelir.

Bu tip çöktürme tankları daha iyi hidrolik özelliklere sahip olduğu için katı madde giderim verimi aynı olan diğer tip tanklardan daha küçük bekletme süresine sahiptir. Katı madde teması ile sağlanan bu proses avantajı hem dikdörtgen hem de dairesel planlı havuzlarda kullanılabilir.

Bu tip tanklar çoğunlukla kimyasal madde dozlaması yapılan ve biyolojik çamurun ön çöktürme tankına geri devrinin söz konusu olmadığı durumlarda uygundur.

Plakalı çöktürme tankları

Plakalı çöktürme tankları, aralarında belirli mesafe bulunan paralel plakaların yada belirli çapa sahip silindirik tüplerin özel açılarla havuz içine yerleştirildiği sistemlerdir.

Yerleştirilen bu elemanlar sayesinde partiküler maddenin çökmesi ve bir yüzeyde toplanması için gereken çökme derinliği önemli ölçüde azaltılmış olup bu sebeple bu tip tankların ihtiyaç duydukları geometrik boyutlar diğer havuzlar ile karşılaştırılamayacak kadar küçüktür. Bu nedenle bu sistemin uygulanması genellikle mevcut havuzların yüzey yükü değerlerinin azaltılması doğrultusunda veya kullanılabilir alanın limitli olduğu yerlerde tasarruf sağlanması amacıyla yapılmaktadır.

Çok katlı tanklar

Plakalı sistemlerde olduğu gibi yerleşim için yeterli alanın olmadığı durumlarda kullanılan yöntemlerden biridir.

Burada seri yada paralel olarak işletilen birden fazla çöktürme tankının iç içe (üst üste) olması düşünülmüştür. Alt kattaki çöktürme tankına giren atıksu tankın sonundaki kısımdan üst kata geçer ve ilk akışına ters istikamette bir diğer çöktürme havuzunda hareketine devam eder. Her iki sistemde oluşan çamur konvansiyonel çamur çukurlarında toplanarak sistemden uzaklaştırılır. Evsel atıksu arıtma tesislerinde özellikle ön çöktürme tanklarında en yaygın kullanılan proses tipi Yatay Akışlı Tanklardır. Bu tanklar arasında da en çok dairesel planlı veya dikdörtgen planlı olan tanklar uygulama alanı bulmaktadır.

Tasarıma esas parametreler

En yaygın olarak uygulama alanı bulan ön çöktürme tankı yatay akışlı tanklar olup bunlar da dikdörtgen veya daire planlı olarak yapılır.

Tablo 5.2 Ön çöktürme havuzlarının tipik tasarım değerleri (Tchobanoglous ve Burton 1991)

Değişkenler	Değer	
	Aralık	Tipik Değeri
Dikdörtgen Planlı Çöktürme Tankı		
Derinlik (m)	3-4.5	3.5
Uzunluk (m)	15-90	24-40
Genişlik (m)	3-12	5-10
Sıyırıcı Yürüme Hızı (m/dk)	0.6-1.2	1
Dairesel Planlı Çöktürme Tankı		
Derinlik (m)	3-4.5	3.5
Çap (m)	3-60	12-45
Taban Eğimi (mm/m)	62-166	84
Sıyırıcı Yürüme Hızı (devir/dk)	0.02-0.05	0.03

Ön çöktürme tanklarının tasarımında atıksuyun özelliklerinin ve saatlik debi değişimlerinin yanı sıra ön çöktürme tankı sonrasında uygulanacak olan proses adımda önemlidir. Eğer ön çöktürme sonrasında biyofilm sistemlerinden birinin kullanıldığı bir biyolojik arıtma seçeneği bulunuyorsa bu durumda atıksuyun askıda katı madde açısından mümkün olan en iyi verimde arıtılmış olması yararlı olacaktır.

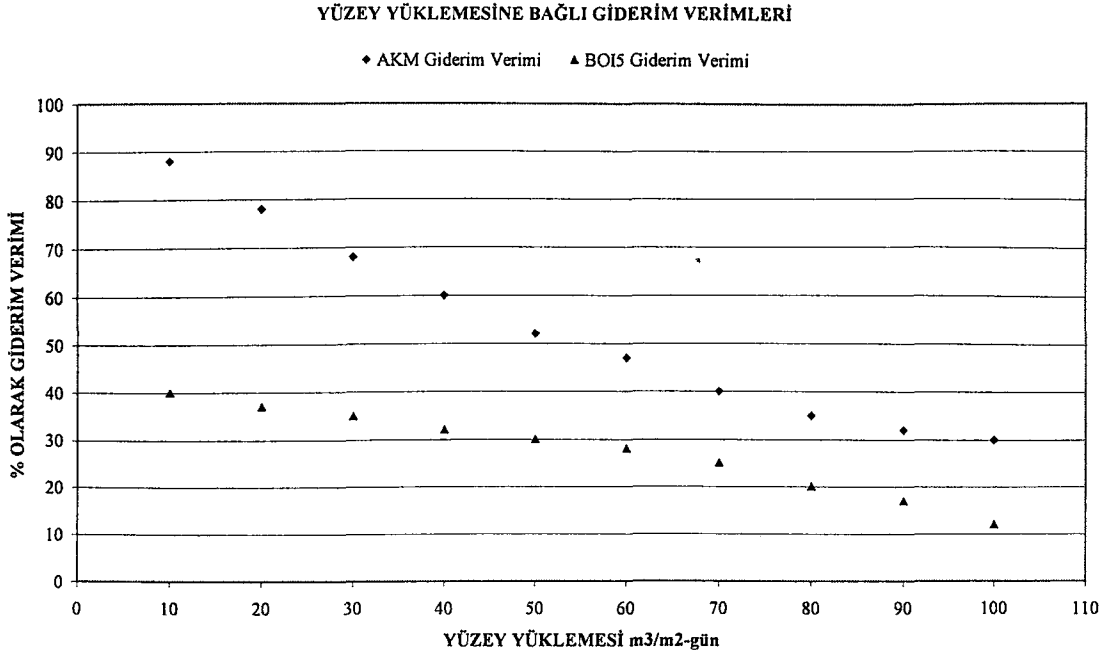
Çamur stabilizasyon yöntemi olarak anaerobik çamur çürütücü kullanılıyorsa, bu durumda ön çöktürme çamurunun miktarının fazla olması üretilcek biyogaz miktarı ile orantılı olacağı için bekletme süresi fazla olan bir tank tasarımı yapılmalıdır.

Askıda kültürlerin faal olduğu klasik aktif çamur benzeri bir havalandırma havuzu kullanılması durumunda ise askıda katı madde giderim verimi için çok büyük verimlerin aranmasına gerek bulunmaz. Burada havuzun birim alanına birim zamanda ne kadar atıksu verileceği (m^3/m^2 -gün) belirtilir. Giderilmesi amaçlanan maddelerin süspansiyon özellikleri bu yükleme değerini belirler. Yüzeysel yükleme ve hidrolik bekletme süresinin katı madde giderim verimi üzerindeki etkisi, atıksuyun içindeki çökebilir katı maddelerin miktarına, toplam katı madde içindeki oranına bağlıdır.

Tasarım yapılırken atıksu debisinin saatlik değişimi dikkate alınmalı ve maksimum saatlik debi için seçilen yüzeysel yükleme değeri çok fazla olmamalıdır. Özellikle nüfusun az olduğu bölgelerde ortalama debinin üç katına ulaşabilen maksimum debi için seçilen yüzeysel yükleme değeri planlanan katı madde giderimini sağlayacak kadar az olmalıdır. Atıksu debisine göre yüzey yükü değişimleri Tablo 5.3 de ve yüzey yüküne karşı alınacak AKM ve BOI_5 verimlerinde Şekil 5.2 de verilmiştir. Tablo 5.4’de ise yüzey yükü ve havuz derinliğine bağlı hidrolik bekletme süreleri ve Şekil 5.3’de ise bu sürelerle bağlı olarak AKM ve BOI_5 giderim verimleri verilmiştir.

Tablo 5.3 Ön çöktürme havuzları yüzeysel yükleme değerleri (Qasım 1999)

Uygulama	Aralık (m^3/m^2 -gün)	Tipik (m^3/m^2 -gün)
Biyolojik arıtma öncesinde ön çöktürme		
Ortalama debide	30-50	40
Maksimum saatlik debide	70-130	100
Biyolojik geri devir etkisiyle ön çöktürme		
Ortalama debide	25-35	30
Maksimum saatlik debide	45-80	60



Şekil 5.2 Yüzey Yüklemesine Bağlı AKM ve BOİ₅ Giderim Verimi (Qasım 1999)

Hidrolik bekletme süresi

Seçilen yüzeysel yükleme değerine göre tankın yüzey alanı hesaplandıktan sonra planlanan hidrolik bekletme süresine ulaşmak için tank kenarındaki net su derinliğinin seçilmesi gereklidir. Bunun içinde ortalama debide 2.0-2.5 saatlik bir bekletme süresi sağlayacak derinlik tercih edilmelidir. Böylece maksimum debinin olduğu durumlarda bu değerin 0.5 saatin altına düşmesi engellenecektir.

Tablo 5.4 Ön çöktürme havuzlarında yüzey yükü/derinliğe bağlı bekletme süreleri (Qasım 1999)

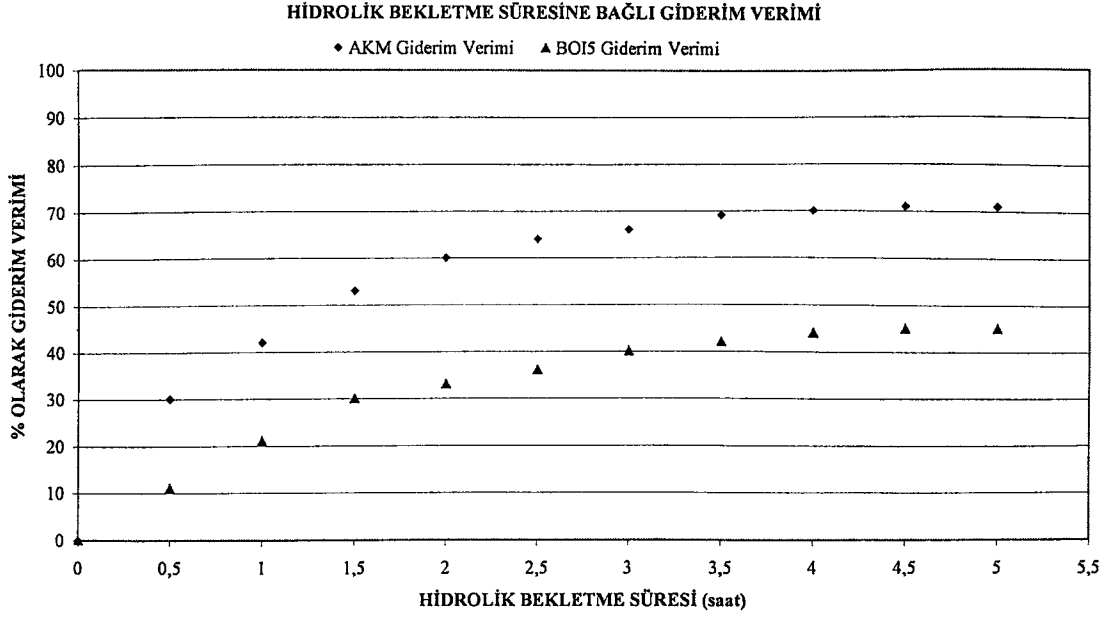
Yüzey Yüğü m ³ /m ² -gün	Tank Derinliğine Göre Hidrolik Bekletme Süreleri (saat)					
	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m	4.5 m
30	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
40	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7
50	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2
60	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
70	0.7	0.9	1.0	1.2	1.2	1.5
80	0.6	0.8	0.9	1.1	1.1	1.4

Yumaklı çökelmede verimi etkileyen unsurlardan en önemlilerinden biride hidrolik bekletme süresidir.

Bu nedenle ön çöktürme tanklarının tasarımında eddy kuvvetleri ile gerekli flokülasyonun sağlanması için, ortalama debide 1.5-2.5 saat arasında seçilen bir süre gerekli miktarda askıda maddenin giderimi için yeterlidir.

Bazı durumlarda ön çöktürme tankının arkasındaki biyolojik arıtma prosesinin tasarım özelliklerine göre bu süre 0.5-1.0 saat arasında olacak şekilde seçilebilir.

Verimi etkileyen diğer unsurlar ise, atıksuyun sıcaklığı, giriş çıkış yapılarının etkisi, çamur sıyırma sisteminin etkisi, savak yükü olarak sayılabilir.



Şekil 5.3 Hidrolik Bekletme Süresine Bağlı Olarak AKM ve BOİS Giderim Verimi (Qasım 1999)

Atıksu sıcaklığı

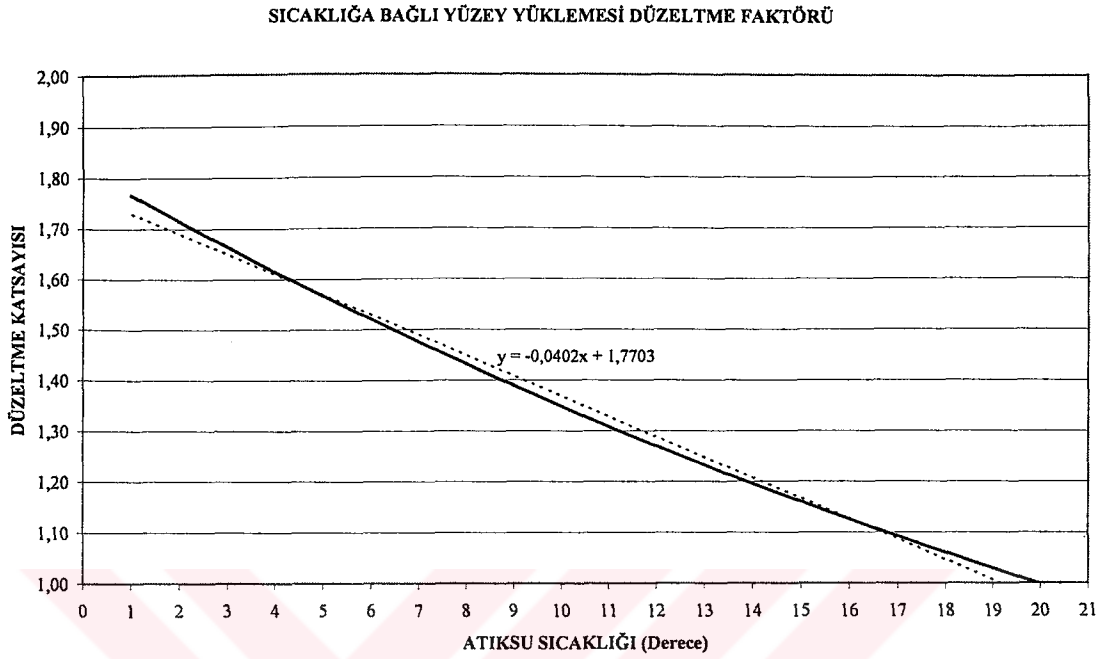
Normal koşullarda atıksu sıcaklığı çok fazla dikkate alınmasa da özellikle soğuk iklime sahip coğrafyalarda tasarım yapılırken sıcaklığı etkisi hesaba katılmalıdır.

Örneğin 10 °C atıksu sıcaklığında, planlanan katı madde giderim verimin elde edilebilmesi için seçilen hidrolik bekletme süresinin, aynı verimin 20 °C de alınması için gerekli olan zamandan 1.35 kat daha fazla olması gereklidir (Tchobanoglous ve Burton 1991). Sıcaklığa bağlı olan düzeltme faktörü Şekil 5.4'te verilmiştir.

Savak yükü

Diğer parametrelerden olan savak yükünün temelde katı madde giderim verimi ile olan ilişkisi çok zayıftır. Bu nedenle tankın boyutlandırılmasın da savak yükü bir parametre olarak alınmaz. Ancak savağın yerleşimi tankın geometrisine bağlı olduğu için tank şeklinin seçimi sırasında bu parametre belirli oranda önem gösterir.

Eğer maksimum saatlik debi $< 44 \text{ lt/sn}$ ise önerilen savak yükü $248 \text{ m}^3/\text{m-gün}$, eğer maksimum saatlik debi $>44 \text{ lt/sn}$ ise önerilen savak yükü $372 \text{ m}^3/\text{m-gün}$, (Qasım 1999).



Şekil 5.4 Sıcaklığa Bağlı Olarak Yüzey Yükü Düzeltme Faktörü (Tchobanoglous ve Burton 1991)

Sıyırıcı hızı

Ön çöktürme tanklarının tasarımı sırasında kontrol edilmesi gereken bir diğer büyüklükte, havuz tabanında çökelmiş olan partiküller üzerinde hareket eden su ile partiküller arasında oluşan sürtünme kuvvetlerinin sebep olduğu kabarma hızıdır.

Borularda ve kanalizasyon sistemlerinde partiküllerin askıda kalmasını sağlayacak kadar büyük bir hızın sağlanması istenirken, çökme havuzlarında çökelmiş partiküllerin çökelmiş olarak kalmalarını sağlayacak kadar düşük yatay hızların sağlanması gereklidir.

Giriş yapısı

Giriş çıkış yapılarının uygun şekilde tasarlanması da ön çöktürme havuzlarından beklenen verim üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. İyi tasarlanmış bir giriş yapısının fonksiyonu;

- 1) Giriş akımındaki enerjinin kırılması,
- 2) Havuz çevresi /genişliği boyunca homojen bir atıksu dağılımının sağlanması,
- 3) Sıcaklık veya yoğunluk farklılıklarından olabilecek kısa devrelerin önlenmesi,
- 4) Flokülasyonun teşvik edilmesi,
- 5) Minimum yük kaybına sebep olması, olarak sıralanabilir.

Ana giriş borusunda sağlanması gereken minimum hız 0.3 m/sn olmalıdır. Aksi durumda boru içinde çökelmeler ve birikmeler meydana gelir. Dairesel planlı çöktürme havuzlarındaki giriş yapısı çapı, havuz çapını % 15-20 arasındadır.

Çıkış yapısı

Çıkış yapılarında da alınması gereken bazı önlemler ve uyulması gereken bazı tasarım kuralları vardır. Bunlardan en önemlisi çıkış savaklarının en azından 50 mm lik yükseklik ayarına izin verecek şekilde tasarlanması ve bu savakların önünde minimum 300 mm genişlikli bir dalgıç perdenin bulunmasıdır. Bu dalgıç perde yardımıyla yüzebilen maddelerin çıkış savağına, buradan da çıkış akımına karışması önlenir.

Çamur toplanması/tahliyesi ve taban eğimi

Çöktürme havuzlarının tabanları havuz geometrisine bağlı olarak çamur toplama konisinin bulunduğu yere doğru eğimli olarak yapılır. Böylece çökelen çamurun en kısa sürede havuz dışına alınması için uygun noktaya aktarılması kolaylaşır. Dikdörtgen tanklarda bu eğim % 1-2 arasındayken, dairesel havuzlarda bu eğim tank çapı boyunca her metre için yaklaşık 40-100 mm arasındadır. Tüm çöktürme havuzları minimum 150 mm çapında çamur tahliye borusu ile donatılmalıdır (Qasım 1999).

Çamur ve yüzücü madde miktarı

Öncelikle gerekli önlemler alınmadığı takdirde evsel atıksu arıtma tesislerinde çeşitli sorunlara yol açan yüzücü maddelerin tutulmasına çalışılan bu proses sırasında, arıtılan her 10.000 m³ atıksu için 2.0-13 kg arasında köpük tutulur, bu yüzer maddenin kuru madde içeriği %25-60 arasında değişmekte olup özgül ağırlığı ise yaklaşık 0.95 ton/m³ tür. Yüzeyde tutulan bu maddeler anaerobik çamur çürütücülerde stabilize edilirken ortaya çıkan enerji kuru madde başına 16.000-40.000 kJ/kg olmaktadır (Qasım 1999).

Fazla çamur oluşumu ise giriş katı madde miktarı ve seçilen yüzey yüküne göre katı madde giderim verimi ile hesaplanır.

Yüzücü maddelerin dışında çökeltme prosesi neticesinde tankın tabanında çamur olarak uzaklaştırılan kuru madde miktarı ve çamur hacmi ise çeşitli parametrelere bağlı olarak değişim gösterir.

Bu parametreler, atıksuyun katı madde içeriği, çöktürme tankı tasarımında seçilmiş olan bekletme süresi, mekanik çamur sıyrıcısına bağlı olarak çökelmiş çamurda değişim gösteren katı madde içeriği ve özgül ağırlığı, ile çamurun sistemden alınması periyodu olarak sıralanabilir.

Bekletme süresi arttıkça çökelen madde miktarı ve çamur içindeki katı madde oranı artmakta olup iki çamur alma işlemi arasındaki süre azaldıkça bu oran azalır. Genel olarak oluşan çamurun katı madde miktarı pratikte %4-12 arasında değişmekte olup tasarım için alınması gereken emniyetli değer %3-5 arasında kalmalıdır. Çamurun özgül ağırlığı ise 1.03-1.05 t/m³ arasında değişir (Tchobanoglous ve Burton 1991).

Daire planlı çöktürme havuzlarında tasarım yapılırken giriş yapısından dolayı kaybedilen alan kontrol edilmeli özellikle küçük çaplı tanklarda bu kayıp çapın artırılması ile dengelenmelidir. Böylece tasarımda çeşitli parametreler için yapılmış olan giderim verimi kabullerinin beklenen seviyede kalması sağlanması olur.

Çöktürme verimine etkili faktörler

Çöktürme tankları öncesinde yaklaşık 20-30 dakikalık bir süre boyunca, havuz hacmi başına 0.82 lt/lt hava transfer edilmesi, atıksu içinde kolloid olarak bulunan partiküllerinde flokleşmesine ve çökeltme verimini yaklaşık %7-8 artmasına yardımcı olur.

Bunun sonucu olarak, havalandırılmalı kum tutucuların kullandığı ve/veya çöktürme tankları öncesindeki dağıtım yapısı, kanallarının havalandırılması ile çöktürme tanklarındaki AKM ve BOI₅ giderim veriminin %7-8 daha fazla olması sağlanabilir.

Havalandırmanın diğer bir faydası da, uzun kanalizasyon hatlarında septik hale dönüşen atıksuyun özellikle biyolojik arıtma öncesinde bu durumunu değiştirmesi sayılabilir. Buna karşın yapılan havalandırma ile özellikle atıksu içinde kokuya sebep olabilecek maddelerin atıksudan sıyrılması sebebiyle koku probleminin meydana gelmesidir. Bunun önlenmesi için yapılması gereken, havalandırma yapılacak ünitelerin üzerlerinin kapatılarak buradan emilen havanın merkezi bir koku giderim sisteminden geçirilmesidir.

Ön çöktürme tanklarındaki verime etkili olan diğer bir faktörde kimyasal madde dozlamasıdır. Çöktürme tankları öncesinde kimyasal madde dozajına paralel uygulanan koagülasyon ve flokülasyon adımları sayesinde atıksu içindeki çok küçük parçacıkların büyük bir yüzdesi sağlam ve büyük floklar oluşturur. Bunun sonucunda çöktürme havuzlarında AKM giderim verimi %60-90, BOI₅ giderim verimi %40-70, KOI giderim verimi %30-60 ve hepsine ek olarak Fosfor giderim verimi %70-90 mertebesine kadar arttırılabilir. Ayrıca sağlam yapılı flokların çökmesi daha kolay olacağı için tankların tasarımında yüzeysel yükleme değerleri 69-81 m³/m²-gün arasında alınabilir (Qasım 1999).

5.3.1.4. Biyolojik arıtma (karbon/azot/fosfor giderimi)

Fiziksel arıtmanın amacı, atıksuyun içindeki çökelebilen veya yüzebilen katı maddeleri ve bu maddelerden kaynaklanan organik maddeleri gidermektir. Biyolojik arıtmanın amacı ise, atıksu içindeki çözünmüş organiklerin, birincil arıtmada giderilememiş olan çökelebilen veya kolloidal partiküler maddelerin hidroliz yoluyla çözünmeleriyle atıksu içersinden ayrılmasını sağlamaktır.

Burada gerçekleşen reaksiyonlar ve organik madde giderim süreci alıcı ortamlarda meydana gelen reaksiyonlar ile aynıdır. Biyolojik arıtma ile atıksu içindeki organik maddenin yaklaşık %90-95 lik bölümü giderilirken, atıksuda bulunan azot, fosfor, ağır metaller, bakteri ve virüslerle biyolojik olarak ayrışamayan organik maddelerin önemli bir kısmı giderilemez. Bu kirleticilerin alıcı ortamlarda yaratacağı etkilerin büyük olduğu hassas bölgelerde deşarjdan önce giderilmeleri için filtrasyon, kimyasal arıtma, dezenfeksiyon gibi ilave proses adımlarından geçirilmeleri gereklidir. Günümüzde karbonun yanında azot ve fosforunda biyolojik olarak giderilebildiği prosesler geliştirilmiştir. Biyolojik arıtmanın temeli atıksuyun içinde bulunan ve sübstart olarak adlandırılan karbon, azot, fosfor gibi maddelerin mikroorganizmalar tarafından kullanılarak giderilmesi için, değişik mikroorganizmaların bulunduğu ortama beslenmesidir.

Böylece mikroorganizmalar karbonlu maddeleri gidererek, amonyumu nitrifiye ederek, nitrata denitrifiye ederek ve fosforu da oluşan yeni biyokütlenin bünyesinde tutarak biyolojik reaksiyonlarda kullanır. Günümüzde uygulanan bazı biyolojik süreçlerde karbonun yanında önemli miktarda azot ve fosfor giderimi de sağlanmaktadır.

Biyolojik arıtma sırasında faaliyet gösteren mikroorganizmaların istenilen şekilde çoğalması için ortamda yeterli miktarda ve çeşitte sübstratın bulunması ve ortamın fiziksel şartlarının uygun olması gereklidir. Bakterilerin faaliyette bulunabilmesi için atıksuyun bakteriler ile temas etmesi gerekli olup ancak bu şekilde atıksuyun içindeki organik maddelerin giderimi sağlanır. Bu proses, atıksuyun içindeki organik maddelerin, bakterilerin yürüttüğü biyolojik süreçlerde oksijenin kullanılması sonucunda yeni hücre oluşumuna ilave karbondioksit ve suya dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir.

İyi bir biyolojik arıtmanın sağlanabilmesi için yeterli miktarda ve çeşitlilikte organizmanın ortamda olması, bu organizmaların atıksu ile tam karışımında bulunması, yeterli miktarda çözünmüş oksijenin varlığı, sıcaklık, pH vb çevresel koşulların mikroorganizmaların faaliyeti için uygun olması gereklidir.

Evsel atıksuların biyolojik olarak arıtılmasında kullanılabilecek olan proses seçenekleri temelde üç gruba ayrılır. Bunlardan birincisi aerobik biyolojik arıtma, ikincisi, anaerobik biyolojik arıtma ve sonuncusu biyolojik nütrient giderimi.

Bu sistemlerin açıklaması ve kullanım alanları Tablo 5.5 de verilmiştir. Askıda sistemlerin kullanıldığı biyolojik arıtmanın en genel uygulama alanı aktif çamur sistemi ve bu sistemin modifikasyonlarıdır.

Türkiye’de de yaygın olarak kullanılan bu tür prosesler, reaktör tiplerindeki farklara, havalandırıcı sistemlerindeki farklara veya proses tasarımındaki farklılıklara göre sınıflandırılırlar.

Genel anlamda atıksuyun içindeki organik maddeyi çoğaltmak için kullanan ve havalandırıcı sistem ile temin edilen oksijeni kullanarak askıda gelişen bakteri floklarının organik maddeleri ve/veya azot ve fosforu giderdikleri sistemler aktif çamur prosesi olarak adlandırılırlar.

Havalandırma havuzu içindeki aktif çamur, son çöktürme tankında çökeltilerek arıtılmış sudan ayrılır ve havalandırma havuzundaki bakteri konsantrasyonunun sabit tutulması için havalandırma havuzuna geri döndürülür. Bu işleme paralel olarak oluşan çamurun bir kısmı fazla çamur olarak sistemden atılır ve böylece sistem içindeki bakteri kütlesinin sabit tutulması sağlanır.

Aerobik biyolojik reaksiyonlar için gerekli olan oksijenin temini için günümüzde değişik yöntemler uygulansa da en yaygın olanları yüzeysel havalandırıcı veya blower-difüzör kombinasyonundan oluşan sistemlerdir.

Askıda gelişen kültürlerin uygulandığı sistemlerdeki reaktör tipleri temelde ikiye ayrılır. Bunlardan birincisi tam karışımli reaktörler, ikincisi ise piston akımlı reaktörlerdir. Tam karışımli reaktörlerde atıksu reaktöre girdiği anda reaktördeki yüksek türbülans sayesinde reaktörün her yerindeki konsantrasyon aynı olacak şekilde seyreilmeye uğrar.

Bu nedenle genelde kare veya daire planlı olan bu tip reaktörler şiddetli olarak karıştırılan ve çoğunlukla havalandırma ve karıştırma işlevi için yüzeysel aeratörlerin tercih edildiği sistemlerdir.

Piston akımlı reaktörler ise genelde ince uzun biçimli ve karışım şiddetinin daha az olduğu havuzlardır. Atıksuyun havuza girdiği kesitin havuz çıkışına kadar büyük bir değişikliğe uğramadan korunduğu bir durum gerçekleşir. Askıda sistemlerin (aktif çamur sisteminin) çeşitli tasarım veya işletme farklılıklarında kaynaklanan modifiye edilmiş aktif çamur sistemleri olarak adlandırılan çeşitli tipleri ve uygulama alanı bulunmaktadır.

Bu modifiye aktif çamur sistemleri; atıksu beslemesinin veya oksijen beslemesinin havuz boyunca azaldığı sistemler olarak adlandırılan kademeli beslenen aktif çamur sistemleri, tam karışımli aktif çamur sistemleri, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri, kontak stabilizasyon sistemleri vb olarak sınıflandırılırlar.

Bu sistemlerden hangisinin seçileceği tamamen atıksuyun miktarına, niteliğine, arıtma tesisinin yapılacağı alanın büyüklüğüne, istenilen deşarj standardına, çamur stabilizasyon ve susuzlaştırma sistemlerinin cinsine bağlı olarak tasarımcının kararına bağlıdır.

Tablo 5.5 Biyolojik Süreçler (Qasım 1999)

Temel Proses	Tanım	Alt Proses	Uygulama Alanı
Aerobik Prosesler	Aritmanın oksijenli ortamda yapılması	Askıda sitemler, biyofilm sistemler veya iki sistemin kombinasyonu ile sağlanan sistemler	Organik madde giderimi
Anaerobik Prosesler	Aritmanın oksijensiz ortamda yapılması	Askıda sitemler, biyofilm sistemler veya iki sistemin kombinasyonu ile sağlanan sistemler	Organik madde giderimi
Biyolojik Nütrient Giderimi Sağlayan Prosesler	Aritmanın aerobik, anoksik veya anaerobik reaktörlerden oluşan çoklu reaktörlerde veya tek reaktörde yapılması.	Askıda sitemler, biyofilm sistemler veya iki sistemin kombinasyonu ile sağlanan sistemler	Organik madde, Azot ve Fosforun birlikte giderimi

Tasarım özellikleri

Çamur yaşı klasik aktif çamur veya uzun havalandırmalı aktif çamur gibi askıda kültürlerin geliştiği biyolojik proseslerin tasarımında en önemli parametrelerden biridir. Bu parametre havalandırma havuzuna günlük olarak gelen organik maddeden üretilen organizma kütlelerinin havuz içinde ne kadar tutulacağını ifade eder.

Bir başka tanımlamayla her gün sistemden uzaklaştırılan bakteri kütlelerinin kararlı dengede çalışan sistemde tutulan toplam bakteri kütlelerine olan oranıdır.

Bu parametrenin sıcak iklim kuşağında minimum üç gün olarak seçilmesi atıksu içindeki süstratın tamamına yakın kısmının giderilmesinin yanında sistemde oluşacak bakteri floklarının iyi çökebilir olmasını ve son çöktürme tankında sorun oluşturmamasını sağlar (Orhon ve Artan 1994).

Üç günden daha uzun süreli çamur yaşı tesisin çalıştırılacağı iklim koşullarına göre veya seçilen prosesin klasik aktif çamur yerine, çamurun aerobik olarak stabilizasyonunun öngörüldüğü uzun havalandırmalı aktif çamur olmasına göre değişir. Bu parametrenin değişimi Tablo 5.6 de aktif çamur prosesine ait diğer tasarım parametreleri ile birlikte verilmiştir.

Azot bileşiklerinin etkileri

Karbonlu maddelerin yanı sıra yüzeysel sulara veya yeraltı sularında çeşitli azot bileşiklerinin aşırı miktarda birikmesi, çevrede ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Su kirliliği alanındaki en önemli sorunlardan biri nehirlerin, göllerin veya haliçlerin çok miktarda besin maddesi ile yüklenmeleri nedeniyle ortaya çıkan ve aşırı miktarda canlı çoğalması ve/veya alg patlaması olarak tanımlanan ötrofikasyondur. Ötrofikasyon su flora ve faunasına olumsuz yönde etkileyen bulanıklık, koku ve çözünmüş oksijen eksikliğine neden olmaktadır.

Amonyak azotunun alıcı ortamlarda nitrifikasyona uğraması da oksijen ihtiyacını arttırmaktadır. Amonyak azotunun bir başka olumsuz etkisi de balıklarda ve diğer su canlıları üzerinde toksik etki göstermesidir. Araştırmalar serbest amonyağın (NH_3) amonyum iyonundan (NH_4^+) daha fazla zehirlilik etkisi olduğunu göstermektedir. Serbest amonyak ile amonyum iyonu arasındaki denge de ortamın sıcaklığına ve pH'sına bağlıdır (Orhon, Sözen ve diğ 2000).

Tablo 5.6 Evsel atıksu arıtımında kullanılan aktif çamur prosesi için tasarım kriterleri (Orhon ve Artan 1994).

Parametreler	Klasik Aktif	Uzun Havalandırılmalı
	Çamur	Aktif Çamur
Çamur yaşı (gün)		
Sıcak iklim	3-6	10-20
Ilıman iklim	5-10	20-30
Soğuk iklim	10-15	>30
F/M (kgBOI/kgUAKM)		
Sıcak iklim	0.4-0.6	0.2-0.25
Ilıman iklim	0.3-0.5	0.1-0.2
Soğuk iklim	0.2-0.4	<0.1
Hidrolik bekletme süresi (saat)	3-8	12-36
AKM (mg/l)	2000-3500	3000-5000
UAKM/AKM	0.7-0.85	0.5-0.7
Üretilen biyokütle kgUAKM/kgBOI	0.45-0.55	0.30-0.35
Fazla çamur Üretimi kgAKM/kgBOI		
Ön çöktürme var	0.9(0.7-1.2)	0.65(0.5-0.7)
Ön çöktürme yok	1.15(1.0-1.3)	0.85(0.7-1.0)
Oksijen ihtiyacı kgO ₂ /kgBOI	0.6-1.2	1.2-1.4

Azot bileşiklerini giderme yöntemleri

Zararlı etkileri özetlenen ve çeşitli ülkelerde yönetmeliklerle alıcı ortama deşarjı sınırlanan azot bileşiklerinin, atıksulardan giderilmesi gerektiği açıktır. Azot giderme yöntemleri biyolojik ve fizikokimyasal yöntemler olarak ikiye ayrılabilir (Orhon, Sözen ve diğ 2000).

İki yöntem arasındaki en önemli fark biyolojik proseslerde, ayrışabilir organik azotun amonyağa dönüştürülerek giderilmesi sağlanırken, fizikokimyasal proseslerde bunun sağlanamamasıdır.

Günümüzde, azot giderimi için uygulanan fizikokimyasal yöntemler özellikle evsel atıksular için tamamen terkedilmiştir.

Biyolojik yöntemlerden olan biyofilm teknolojilerinin ardından askıda çoğalan sistemler azot giderimi için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bugün tek çamurlu askıda çoğalan sistemlerin birçok amaca yönelik olarak uygulanması söz konusudur.

Askıda çoğalan biyolojik sistemler amonyağın nitrata dönüştürüldüğü nitrifikasyon ve nitratin da azot gazına çevrildiği denitrifikasyon proseslerinden oluşmaktadır.

Nitrifikasyon

Nitrifikasyon prosesi, aerobik ortamda amonyağın mikroorganizmalar tarafından önce nitrite sonra da nitrata dönüştürülmesi ile gerçekleşmektedir. Bu proseste yer alan iki önemli bakteri türü nitrosomonas ve nitrobakter'dir. Her iki tür de enerji gereksinimlerini inorganik azotun oksidasyonundan sağladıkları için ototrofik organizmalar sınıfına dahil edilmektedirler. Ayrıca bu organizmalar, sentez için organik karbon yerine inorganik karbonu (CO_2) kullanmaktadırlar (Orhon, Sözen ve diğ 2000).

Nitrosomonaslar sadece amonyağı nitrite, nitrobakterler ise nitriti nitrata oksitlemektedirler. Nitrifikasyon, bu iki prosesin ardışık olarak gerçekleşmesinden ibaret olduğu için arıtma tesisi tasarımında bu iki nitrifikasyon bakterisinin yaşayabilmesine gerekli koşulların sağlanması gerekmektedir.

Denitrifikasyon

Atıksu içindeki azot, genellikle amonyum ve organik azot olarak bulunmaktadır. Klasik biyolojik arıtma uygulamaları sonrasında arıtılmış su içindeki azot formları ise nitrit, nitrat, amonyum azotu, organik azot şeklinde olmaktadır. Alıcı ortamlarda azot birikiminin önlenmesi için biyolojik süreçler kapsamında kullanılabilecek üç yöntem sayılabilir bunlar;

1) Nitrifikasyon süreci ile ham atıksu içindeki azot formlarının gerek toksik etkisinin giderilmesi gerekse alıcı ortamdaki oksijen tüketiminin ortadan kaldırılması için nitrata kadar indirgenmesi .

2) Biyolojik süreçlerin çoğalma reaksiyonları gereği yeni oluşan hücrelerin bünyesine biriken azotun sistemden atılan fazla çamur içinde uzaklaştırılması.

3) Atıksudaki azot türevlerinin nitrifikasyon sonucunda nitrata dönüştürülmesini takiben denitrifikasyon süreci ile oksitlenmiş azot türevlerinin elementer azota çevrilmesi ile atmosfere azot gazı olarak verilmesi.

Buradan da görüldüğü gibi denitrifikasyon, atıksuların biyolojik olarak arıtılmasında azotun kontrolünün sağlanması için uygulanan en uygun yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Biyolojik nitrifikasyon/denitrifikasyon tasarım esasları

Azot giderimine yönelik tek çamurlu sistemlerin tasarım uygulamalarını ortaya koymak amacıyla çeşitli ülkelere ait tasarım yaklaşımları incelendiğinde, belirli bir sistematik içinde hazırlanmış bir tasarım yönteminin sadece Almanya'da mevcut olduğu görülmektedir. Danimarka, Güney Afrika ve Amerika gibi ülkelerin, ön denitrifikasyon sistemlerini belirli bir yaklaşım çerçevesinde tasarladıkları bilinmektedir.

Bu ülkelerin tasarım yaklaşımları teorik esaslar çerçevesinde değerlendirildiğinde, atıksu karakterizasyonu, kinetik ve stokiyometrik katsayılar gibi tasarıma esas teşkil eden verilerin birbirlerinden farklı birimlerde ve değerlerde ve en önemlisi farklı esaslarda ele alındığı görülmektedir.

Danimarka ve Amerika atıksu karakterizasyonunu BOI_5 bazında ele alırken, Güney Afrika KOI bazında tasarım yapmaktadır. Benzer şekilde tasarımda en önemli parametrelerden biri olan dönüşüm oranı, Y_H , organik maddenin ölçülen şekli ile değerlendirilmektedir. Güney Afrika bu büyüklüğü yaygın olarak kabul gören değeri (0.67 mg KOI/mg KOI) ile ele alırken, Amerika 0.55 mg UAKM/mg BOI_5 (KOI bazında düzenlemesi ile 0.41 mg KOI/mg KOI) ile hesap yapmaktadır (Orhon, Sözen ve diğ 2000).

Bu farklılıklar doğal olarak sistemde üretilen net biyokütle ve oksijen gereksinimi hesaplarına da yansımakta, gerçek bir sistem için geçerli olabilecek değerlerden farklı büyüklüklerin hesaplanmasına neden olmaktadır.

Almanya ise nüfusu 5000'den büyük yerleşim bölgeleri için aynı tasarım esasları ile hareket edebilme ve kontrol olanaklarını artırabilmek amacıyla, tek çamurlu aktif çamur sistemlerinin tasarımına yönelik, tablolar dizisi halinde sunulan bir tasarım rehberini kullanmaktadır (Standard ATV-DVWK-A131E 2000). Her bir tablo nitrifikasyon-denitrifikasyon mekanizmasının esasları dikkate alınarak, belirli bir model çerçevesinde oluşturulmuştur. Uygulanan tasarım prosedürü giriş bilgilerinin tanımından başlayarak, hedeflenen azot giderimi doğrultusunda reaktör hacmi ve oksijen gereksinmesi hesabına kadar uzanmaktadır.

Reaktörün kararlı hali için çözüm yapılan A131E yöntemi ile aktif çamur sistemlerinin;

- sadece karbon giderimi,
- nitrifikasyon ve denitrifikasyon,
- aerobik çamur stabilizasyonu ile birlikte nitrifikasyon,
- her bir yöntemle ilave olarak fosfor çöktürmesi,

gibi modifikasyonları boyutlandırılabilir.

Türkiye’de azot ve fosfor ile ilgili deşarj standartları bulunmaması sebebiyle tek çamurlu ön denitrifikasyon sistemlerinin tasarımı içinde bir standart yöntem bulunmamaktadır. Bu amaçla Evsel Atıksularda Azot Gideren Tek Kademeli Aktif Çamur Sistemlerinin Tasarımı İçin Standart Oluşturulması projesi (Orhon, Sözen ve diğ 2000) incelenmiş ve burada tanımlanan algoritma, bu çalışmanın diğer bölümlerinde yapılmış olan karakterizasyona uyarlanarak çalışmanın sonunda varılmaya çalışılan maliyet unsurlarının hesaplanması için kullanılmıştır.

Biyolojik fosfor giderimi

Fosfor, biyolojik arıtmada ortofosfat, polifosfat ve organik fosforun mikroorganizmaların bünyesinde tutulması yoluyla giderilmektedir. Dolayısıyla giderilen toplam fosfor üretilen net biyokütle miktarına bağlıdır (Taşlı 1995).

Hücrenin fosfor içeriği kuru ağırlığının %1,5-2'si arasında değiştiğinden, sadece karbon giderimine dayalı bir aktif çamur prosesinde fosfor giderimi de bu fosfor içeriği ile atılan çamur ölçüsünde olup ortalama %10-30 mertebesinde kalmaktadır (Tchobanoglous ve Burton 1991).

İleri biyolojik fosfor giderme sistemlerinde ise konvansiyonel arıtma sistemlerinin tasarım ve işletmesinde yapılan değişiklikler sonucu mikroorganizmalar çok daha yüksek fosfor içeriklerine ulaşabilmektedirler. Arıtma prosesinin herhangi bir yerine anaerobik bir fazın konulması sonucu geliştirilen bu tür sistemlerle, çamurun fosfor içeriği %3-6 civarına yükseltilebilmektedir. Bu şekilde, atılan çamurla birlikte uzaklaştırılan fosfor miktarındaki artış, çıkış fosfor konsantrasyonunun düşmesi ile sonuçlanmaktadır (Stensel, 1991).

İleri biyolojik fosfor giderme mekanizması

Biyolojik fosfor gideriminin temelinde iki adımda oluşan bir biyokimyasal mekanizma yatmaktadır ve bu mekanizma, ortamda ancak anaerobik ve aerobik kademelerin sırasıyla bulunması halinde gerçekleşebilmektedir.

Anaerobik kademe: Bu kademede fosforu aşırı depolama yeteneğine sahip bazı mikroorganizmalar diğer fakültatif bakteriler tarafından üretilen fermantasyon ürünlerini depolayabilirler ve bu bakterilere karşı bir avantaj elde ederler. En çok belirtilen depolama ürünü olarak PHB (polihidroksibütirikasit) görülmektedir.

Bu mikroorganizmalar fosforu polifosfat granülleri halinde depoladıkları için genellikle Poly-P bakterileri olarak adlandırılırlar. Poly-P bakterileri fermantasyon ürünlerini depolamak için gerekli enerjiyi daha önce aerobik bölgede depolanmış oldukları polifosfatlardan sağlarlar. Bu enerji ile süstratın hücre içine aktif geçişi sağlanırken, polifosfatların hidrolizi ile mikroorganizmaların bünyesinden fosfor salınması sonucu ortamda yüksek fosfor konsantrasyonları oluşur.

Aerobik kademe: Anaerobik şartlarda depolanmış süstrat ürünlerinin tüketilmesinde sağlanan enerji ile, ortamdaki çözünmüş fosfor polifosfat olarak tekrar mikroorganizmaların bünyesine fazlası ile alınır ve bu şekilde çözünmüş fosfor konsantrasyonunda net bir azalma meydana gelir.

Aynı zamanda fosfor depolayan bakterilerin miktarında, oksijen tüketimi ve sübstrat kullanımı ile hücre sentezi sonucu bir artış görülür.

Bu mekanizmanın açıklanmasında genel olarak kabul edilen teori anaerobik ve aerobik fazların teması ile kompetitif bir sübstrat kullanımının ortaya çıkmasıdır. Fosfor gideren mikroorganizmaların anaerobik fazda fermantasyon ürünlerini depolayabilmeleri demek, aktif çamurda bulunan diğer mikroorganizmalara karşı bir kompetitif avantaja sahip olmaları demektir. Böylece anaerobik faz, fosfor depolayan mikroorganizmaların seçimi ve gelişimi ile sonuçlanır. Fosfor gideren bakteriler nispeten yavaş büyüyen bakteriler olup basit karbonhidratları tercih etmektedirler. Dolayısıyla anaerobik faz olmaksızın konvansiyonel aktif çamur sistemlerinde önemli miktarda bulunamayabilirler (Stensel, 1991). Bu mekanizma biyolojik fosfor giderme seviyesinin normal bakteriler tarafından fermente edilen sübstrat miktarı ile doğrudan ilgili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak da bu fermantasyon ürünlerinin giriş BOI' sinin çözünmüş kısmından çıkarıldığı kabul edilmektedir. Çünkü partiküler sübstratın hidrolizi ve dönüşümü için yeterli süre yoktur. Anaerobik bölgede herhangi bir aerobik veya anoksik elektron alıcısı bulunmamasına rağmen çözünmüş BOI'de azalma görülmektedir.

Buna karşılık çözünmüş fosfor konsantrasyonu anaerobik bölgede artarken aerobik bölgede düşük konsantrasyonlara kadar inmektedir (EPA, 1987). Yüksek fosfor içerikli bir çamurun sistemden uzaklaştırılması sonucu fosfor giderimi gerçekleşmektedir. Bu mekanizma ile saf kültürde ve değişik koşullarda yapılmış olan birçok çalışmada çamurun fosfor içeriği için %6 ile %20 arasında değişen çok farklı değerler gözlenmiştir. (Arvin, 1985).

Dolayısıyla BFG'nde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri, fosforun aerobik fazda mikroorganizmalarca depolanmasından sonra, çamurun, arıtmanın daha sonraki adımlarında anaerobik şartlar altında kalmamasıdır. Bu taktirde fosfor tekrar ortama salınacağından çıkış fosfor konsantrasyonunun artması tehlikesi söz konusudur (Daigger ve Polson, 1991).

Biyolojik olarak fosforu giderebilen organizmaların hakim olduğu BFG sistemlerinin bir avantajı ise kötü çökeltme karakteristiklerine sebep olan filament bakterilerinin büyümesinin önlenmesidir (Stensel, 1991).

Tasarım Parametreleri ve Proses Etkisi

Arıtma sisteminde fosforun uzaklaştırılması sadece çamur atılması yoluyla olduğundan, fosfor giderme verimi mikroorganizmanın fosfor içeriğinin ve çamur yaşının bir fonksiyonudur. BFG sistemlerinde atıksuyun tamamının anaerobik bölgeye verilmesi sonucu Poly-P bakterilerine büyüme avantajı sağlandığından büyüme, kısıtlayıcı faktörle dengeye ulaşacak şekilde olacaktır. Kısıtlayıcı faktör hemen hemen bütün evsel atıksularda ya KOI ya da fosfordur. Eğer KOI kısıtlayıcı ise poly-P bakterileri dominant olacağından UAKM'nin P içeriği de yüksek olacaktır.

Tam tersine eğer P kısıtlayıcı ise çıkıştaki çözünmüş fosfor konsantrasyonu yüksek olacaktır. Fazla KOI Poly-P olmayan aerobik bakterilerin büyümesi için yeterli olabilir fakat buna karşılık Poly-P bakterileri ortamda dominant olamayabilirler. Bu yüzden anaerobik bölgeye giren atıksuyun KOI/P oranı hem çamurun fosfor içeriğini hem de çıkış P konsantrasyonunu belirleyecektir. Bu iki parametre de KOI/P oranı ile ters orantılıdır (Randall v.d., 1992).

KOI/P oranının yanı sıra, KOI'nin kolay ayrışan fraksiyonu, toplam çamur bekletme süresi anaerobik bölgenin bekletme süresi, aerobik bölgenin bekletme süresi gibi atıksuya ve sistem tasarımına ait parametreler P giderimi üzerinde etkili olmaktadır. Tasarım için seçilen çamur yaşı değeri arıtma ihtiyacının bir fonksiyonu olacaktır ve sistem BOI giderimi, nitrifikasyon veya nitrifikasyon-denitrifikasyon için tasarlanırsa yükselecektir. Uzun çamur yaşları düşük çamur oluşumu ile sonuçlanmakta bu da fosforun atılan çamurla uzaklaştırılması dolayısıyla BFG miktarını düşürmektedir. İki ayrı fosfor içeriğine sahip biyokütle göz önüne alındığında, uzun çamur yaşlarında çamurun fosfor içeriğinin düşmesiyle giderilen P başına kullanılan BOI miktarı artmaktadır. Dolayısıyla daha uzun çamur yaşı gerektiren sistem tasarımlarının, istenen çıkış fosfor konsantrasyonu değerini sağlayabilmek için daha yüksek BOI kullanımına ihtiyacı olmaktadır. Bu yüzden Bardenpho sistemi aynı giriş BOI konsantrasyonu için Phoredox sisteminden daha az fosfor giderimine sahiptir (Stensel, 1991).

Proses seçiminde ayrıca çıkış suyunda beklenen nitrat konsantrasyonu da önemli rol oynamaktadır. Örneğin, tam denitrifikasyon isteniyorsa ve atıksuyun KOI/N oranı bunu mümkün kılıyorsa 5 kademeli Bardenpho prosesi kullanılabilir.

Kısmi denitrifikasyon yeterli ise UCT prosesinde olduğu gibi iç geri devirle anaerobik bölgeye nitrat girişi önlenebilir. Bu nedenle bazı VIP (UCT) pilot çalışması verileri, bu prosesin A/O veya A²/O proseslerinden daha fazla fosfor depolama kapasitesi olduğunu göstermiştir.

Sonuçlar gerçekte anaerobik bölgeye nitrat ve çözünmüş oksijen girişinin önlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Özellikle azot ve fosforun birlikte giderilmek istendiği proseslerde bu faktörün önemi artmaktadır.

UCT/VIP konfigürasyonu anaerobik bölgenin daha iyi korunmasını sağladığından aerobik elektron alıcılar yüzünden sistem performansının düşme ihtimali de daha az olmaktadır (Randall v.d., 1992).

Anaerobik bölgenin bekletme süresi Poly-P bakterilerince depolanacak uçucu yağ asitlerinin (VFA) üretilmesine izin verecek uzunlukta olmalıdır. Çoğu durumda bu süre BFG sistemlerinde rasgele olarak 1-2 saat arasında seçilmektedir. VFA'nın alınma hızı üretilme hızından daha fazla olduğundan anaerobik bölgenin boyutlandırılmasında VFA'nın üretilme hızı göz önüne alınmalıdır. Aerobik bekletme süresi ile ilgili yapılan bazı kesikli deneyler 1-2 saatin yeterli olduğunu göstermektedir.

BFG sistemlerinde biyokütlenin anaerobik şartlar altında kalması sonucu önemli miktarda fosfor salımı olabileceğinden çamur prosesi sırasında dikkatli olunmalıdır.

Yerçekimli çöktürme yerine çözünmüş hava flotasyonu kullanılarak anaerobik şartların oluşmasından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır (Stensel, 1991).

Kullanılabilir sübstrat miktarı

BFG mekanizmasını açıklamak üzere geliştirilen modeller, fosfor depolayan organizmalar için organik fermantasyon ürünlerinin bulunmasının önemini göstermektedir.

Anaerobik bölgede sağlanan asetat ve propiyonatın miktarı arttıkça fosfor giderme verimi de artacaktır. Fermantasyon ürünleri anaerobik bölgede fosfor depolayan bakteriler tarafından, üretildikleri anda asimile edildiklerinden verilen bir atıksu için Poly-P bakterilerinin kullanacağı sübstratın miktarını doğrudan ölçmek mümkün değildir. Bu da fosfor giderme kapasitesinin tanımlanmasını güçleştirir. Bununla beraber veriler BOI/P oranının 20-30 arasında olmasının nispeten düşük çamur yaşına sahip sistemlerde 1 mg/l't'nin altında çıkış fosfor konsantrasyonları ile sonuçlanacağını göstermektedir (Stensel, 1991).

Toplam KOI/TP oranı tasarım hakkında bir fikir verebilir. Bununla beraber gerçekte gözlenen P giderimi Poly-P bakterilerinin aerobik bölgeye girdiklerinde depolamış oldukları sübstrat miktarına bağlıdır. Dolayısıyla anaerobik bölgedeki depolamayı etkileyen faktörler önemlidir.

Bunlardan yukarıda belirtilen VFA'lerin miktarı, cinsi, elektron alıcılarının varlığı, sıcaklık ve pH'nın yanı sıra anaerobik bölgede bulunan katyonlar da sübstrat depolanmasının tamamlanmasında önemli rol oynamaktadırlar. Çözülmüş fosforun anaerobik bölgede salınması sırasında bazı metal iyonlarının da salınıp sonra tekrar alındığı gözlenmiştir. Fosforla birlikte salınan en yaygın katyonlar Mg, K ve az miktarda Ca'dur. Dolayısıyla fosforun salınabilmesi ve tekrar alınabilmesi için potasyum ve magnezyumun her ikisinin de ortamda bulunması gerekmektedir. Gerekli olan minimum miktarlar ise magnezyum ve potasyum için sırasıyla 0,28 ve 0,25 mol/salınan mol P olarak belirtilmektedir. Bu değerler genel olarak çoğu atıksuda bulunan miktarların altındadır ve çok nadiren kısıtlayıcı olurlar.

Aerobik bölgede fosfor gideriminin başlayabilmesi için ayrıca uçucu yağ asitlerinin tamamen bitmiş olması gerekmektedir. Bu yüzden VFA'ler anaerobik bölgede tamamen asimile edilmemişse aerobik bölgeyi büyütmek gerekir.

İleri biyolojik fosfor giderimi atıksu arıtımında oldukça karmaşık ve hızla gelişen bir konudur. BFG sistemlerinin verimi başta giriş atıksu özellikleri olmak üzere çok sayıda parametreden etkilenmektedir.

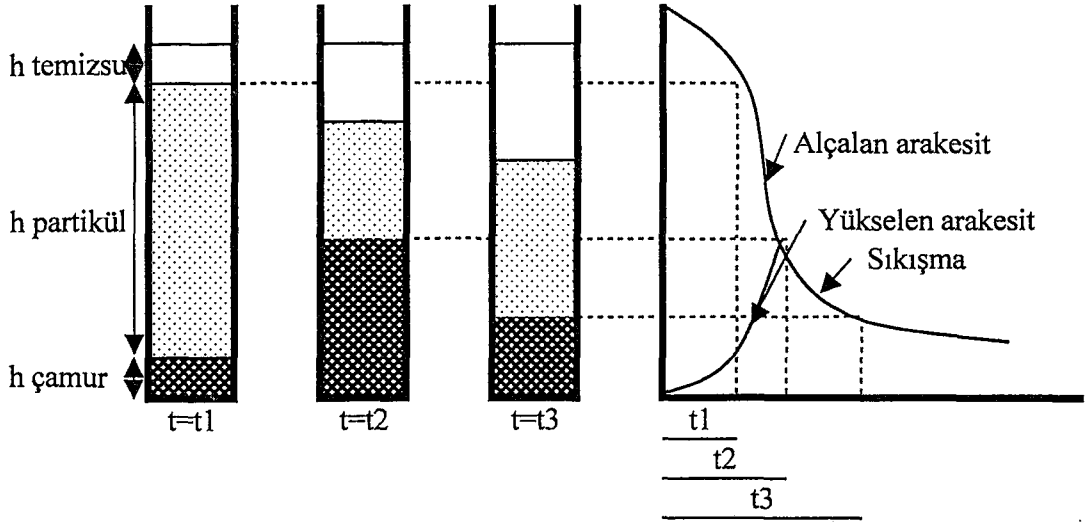
Dolayısıyla yüksek bir fosfor giderme verimi gerektiren tasarımlar yapılmadan önce atıksu karakterizasyonunun da çok iyi belirlendiği laboratuvar ölçekli çalışmaların yanı sıra, yerinde bir pilot tesis çalışması yapılarak sistemin, BFG amaçlanan atıksu için uygulanabilirliği araştırılmalıdır. Tesisin kurulmasından sonra ise işletilmesinin ve gözlenmesinin konvansiyonel aktif çamur sistemlerine göre çok daha dikkatli ve kontrollü yapılması gerektiğinin önemi açıktır.

5.3.1.5. Son çöktürme tankları

Arıtma tesisi çıkışında berrak bir çıkış suyunun sağlanması için biyolojik arıtma proseslerinde faaliyet gösteren mikroorganizmaların arıtılmış sudan ayrılmaları gereklidir. Bu katı/sıvı ayırımında farklı metotların kullanılması mümkün olsa da, (çözünmüş hava ile yüzdürme, santrifüjle ayırma vb.) yaygın olarak yerçekimi etkisi ile fiziksel bir ayrılma sağlayan çöktürme havuzları kullanılır.

Tip III, engellenmiş veya bölgesel çökme olarak isimlendirilen model son çöktürme havuzlarında partiküllerin gösterdiği davranışa uyan ve tank içindeki partiküllerin davranışını açıklayan bir modeldir (Clarifier design 1985). Bu havuzlardaki partikül davranışı zaman zaman Tip II olarak isimlendirilen Yumaklı Çökelmeye uysa da büyük bir çoğunlukla Tip III'e daha uygundur. Engellenmiş çökelmeye uyan süspansiyon içindeki partikül konsantrasyonu, taneli veya yumaklı çökemedeki partikül konsantrasyonundan çok daha fazladır. Ayrıca engellenmiş çökme modeline uyan partiküllerin büyüklükleri, taneli veya yumaklı çökme modeline uyan partiküllere göre değişken değil homojendir. Bunun sonucu olarak birbirlerine temas halindeki partiküller bölgesel olarak veya bir battaniye halinde çökmeye ve birbirlerine göre olan pozisyonlarını korumaya meyillidirler. Şekil 5.5 de görüldüğü gibi, partiküllerin çökmesine paralel olarak biyolojik flokların oluşturduğu çamur örtüsü üstünde bir temiz su bölgesi (arakesit) oluşmaya başlar ve zamanla çamur örtüsünün havuz tabanına doğru hareketi sebebiyle bu arakesit aşağı doğru kayar.

Partiküller çökmeye devam ederken, havuz tabanına yaklaştıkça battaniye içindeki partiküllerin fiziksel temasları daha da artmış olduğundan, partiküler madde bölgesinin altında bir çamur tabakası oluşur ve bu iki faz arasında da bir arakesit meydana gelir ve bu arakesit ise zamanla yukarı doğru kayar (Tchobanoglous ve Burton 1991).



Şekil 5.5. Engellenmiş çökeltmede partiküllerin davranışı

Böylece havuz içinde yüzeydeki temiz su bölgesinin hemen altında, giriş atıksuyundaki partikül konsantrasyonundan başlayıp sürekli artarak tabanda maksimuma ulaşan bir konsantrasyon dağılımı oluşur.

Havuz içinde kararlı dengeye ulaşıldığında bu arakesitlerin hareketi durur ve yüzeydeki temiz su bölgesinin altında bulanık bir tabaka ve bunun da altında diğer arakesiti ile sınırlanmış çamur tabakası sabit yükseklikler halinde kalır.

Aktif çamur sistemlerinde biyolojik flokların çökmesi irdelendiğinde başlangıçtaki süspansiyonun katı madde konsantrasyonu 2.000-7.000 mg/lt arasında kabul edilebilir. Bu durumda tabandaki çamurun yaklaşık %98-99 lik kısmı sudur. $t < t_2$ anında süspansiyonun üstündeki arakesit 0.001 m/sn civarında bir hızla alçalır. Çamur yatağının üst kısmı ise 0.004 m/sn lik bir hızla yükselir. $t > t_2$ anında ise sıkışma çok daha yavaş gerçekleşir ve zamanla azalmak kaydı ile $(2-0.02) \times 10^{-3}$ m/sn lik bir hızla gerçekleşir (Qasım 1999).

Bu havuzlar ön çöktürme havuzlarında olduğu gibi genellikle belirli bir hidrolik bekletme süresinin sağlandığı, türbülansın minimum tutulduğu, havuz tabanına çökelen maddelerin bir sıyırıcı yardımıyla çamur toplama konisine yönlendirildiği ve yüzebilen maddelerin çıkış savağına geçmesinin önlenmesi için dalgıç perdeler ile donatılmış dikdörtgen veya daire planlı havuzlardır.

Havalandırma havuzundan sonra yapılan çöktürme havuzunun temelde üç fonksiyonu vardır (IWAQ Report 1997).

Bunlardan birincisi, arıtma tesisi çıkış akımındaki partiküler madde konsantrasyonunun istenilen düzeyde olmasını sağlamak, ikincisi, çökelme tankı içinde çökelen partiküllerin yoğunlaşmasını ve böylece biyolojik sistemin gereği olan geri devir işlemi için havuz tabanında sürekli optimum çamur konsantrasyonunun oluşmasını temin etmek ve üçüncü olarak, pik debilerin olduğu saatlerde havalandırma havuzundan kaçan flokların depolanacağı bir hacim sağlamaktır. Bu üç fonksiyondan birinin sağlanamaması durumunda son çöktürme tankı çıkış savağından aşırı miktarda katı madde kaçışı olacaktır.

Son çöktürme tankının bu üç fonksiyonu yerine getirebilmesi tankın doğru olarak tasarımına ve işletilmesine yakından bağlıdır.

Tasarıma etkiyen parametreler temelde dört ana başlık altında genellenebilir.

- 1) Atıksuya bağlı olan debi değişimleri gibi hidrolik özellikler,
- 2) Giriş yapısı, çıkış yapısı gibi tanka ait fiziksel özellikler,
- 3) Rüzgar sonucu oluşan dalga hareketleri gibi saha koşulları,
- 4) Flok yapısına bağlı olan çamurun çökelme ve sıkışma özellikleri,

Bu faktörlerin hepsi önemli olmakla beraber son çöktürme tankı tasarımı için hayati önem taşıyanları, atıksu debi değişimleri ve çamurun özellikleridir.

Çöktürme havuzlarının yoğunlaştırma fonksiyonu

Çamur hacim indeksi ve son çöktürme tankında seçilmiş olan yoğunlaştırma süresi havuz tabanındaki çamurun konsantrasyonunu belirlemektedir. Çöktürme tanklarındaki yoğunlaşma süreci çamurun çökelme ve sıkışma özelliklerinin yanında reaktördeki katı madde konsantrasyonuna da bağlıdır (ATV-DVWK-A131-E May 2000).

Arıtma tesisinin kapasitesini arttırabilmek için, son çöktürme tankının boyutunun büyütülmesi, çamurun çökelme özelliklerinin arttırılması (kimyasal madde dozlaması) veya havalandırma havuzundaki katı madde miktarının değiştirilmesi uygulanabilir. Görüldüğü gibi havalandırma havuzundaki katı madde konsantrasyonu ile son çöktürme tankı boyutu arasındaki açık ilişki, bu iki proses yapısının birbirleri arasında optimum maliyete dayalı olarak tasarlanabilmesini sağlar. Askıda katı madde miktarı, havalandırma havuzunun hacmi ile ters orantılı değişirken, son çöktürme tankının yüzey alanı ile doğru orantılı olarak değişir. Her iki proses ünitesinin de optimum olarak tasarlanabileceği katı madde konsantrasyonu için bir genelleme yapılabilir. Ön çöktürme uygulanmayan atıksularda ve/veya organik madde içeriği yüksek olan atıksularda veya havalandırma tankının yüksek çamur yaşlarına göre tasarlanmasında veya yağışlı hava pik debisiyle ortalama debi arasındaki oranın çok büyük olması durumunda veya çökelme özelliği iyi olmayan çamuru teşvik edecek diğer durumlarda, havalandırma havuzu ve son çöktürme tankının maliyeti birlikte artmaktadır.

Atıksuyun organik madde içeriğinin düşük olduğu durumlarda havalandırma havuzu optimum katı madde konsantrasyonu 2.000-3.000 mg/l'te, atıksuyun organik madde içeriğinin yüksek ve/veya uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinin seçilmesinde havalandırma havuzundaki katı madde için 4.000-6.000 mg/l'te arasındaki konsantrasyonlar her iki üniteyi de optimum boyuta getirir.

Havuz tabanında çökelen çamurun, istenmeyen denitrifikasyon sonucunda oluşan azot gazı yardımıyla yüzmesinin engellenmesi ve biyolojik olarak hücre bünyesine alınmış olan fosforun tekrar salınmasının engellenmesi için en kısa sürede çamur alma sistemi ile havuz içinden çekilmesi gereklidir. Diğer yandan son çöktürme tankı içindeki yoğunlaşma, havuz tabanındaki çamur tabakasının kalınlığı ve çamurun burada uzun kalması ile artmaktadır. Yoğunlaştırma süresinin son çöktürme verimi üzerindeki önemli etkisinden dolayı arıtma tesisinin genel amacına göre değişen son çöktürme tankı tasarımında etkili olan yoğunlaştırma süreleri Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 Arıtma derecesine bağı olarak önerilen ve son çöktürme tankı tasarımında kullanılacak yoğunlaştırma süreleri (ATV-DVWK-A131-E May 2000).

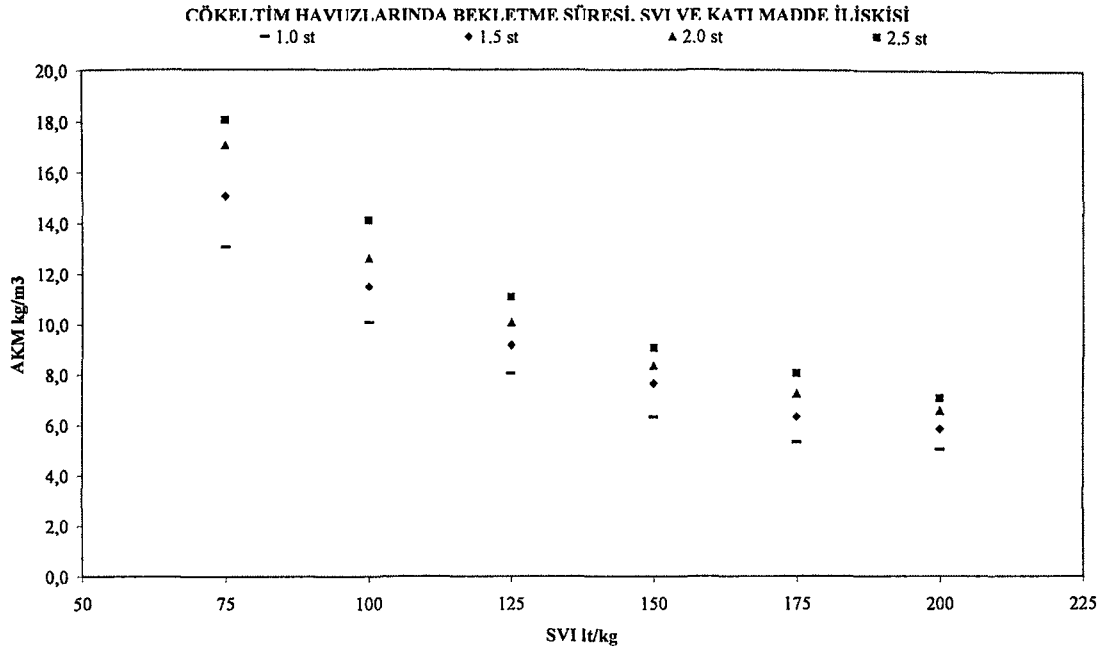
Kullanılan Biyolojik Süreç	Önerilen Yoğunlaştırma Süresi st
Aktif Çamur (nitrifikasyon yok)	1.5-2.0
Aktif Çamur (nitrifikasyon var)	1.0-1.5
Aktif Çamur (denitrifikasyon var)	2.0-2.5**

**Bu yoğunlaştırma süresinin son çöktürme havuzu tasarımında kullanılması durumunda biyolojik reaktörde yüksek verimde çalışan bir denitrifikasyon sisteminin olduğu düşünülmektedir. Bu yoğunlaştırma süresi sadece düşük SVI değerine sahip çamurlarda ve düşük geri devir oranlarında seçilmelidir.

Seçilen yoğunlaştırma süresinin dışında, geri devir hattındaki askıda katı madde konsantrasyonu da son çöktürme tankı tabanındaki katı madde konsantrasyonunu etkilemektedir. Çamur geri devir miktarı, çamur alma sistemi ile sistemden çekilen çamurda sıyrıcı mekanizmasının yarattığı kısa devrelerin sebep olduğu seyrelme etkisinin dahil edilmesi ile hesaplanmaktadır.

Son çökelme tankının tabanında oluşacak olan yoğun çamur konsantrasyonu yoğunlaşma süresinin ve SVI değerinin kullanıldığı ampirik bir ifade ile hesaplanır.

Bu konsantrasyon çamur alma sistemindeki ortalama katı madde konsantrasyonu olarak düşünülmektedir. Bekletme süresi ve SVI değerine bağı olarak havuz tabanındaki katı madde konsantrasyonu Şekil 5.6 da verilmiştir.

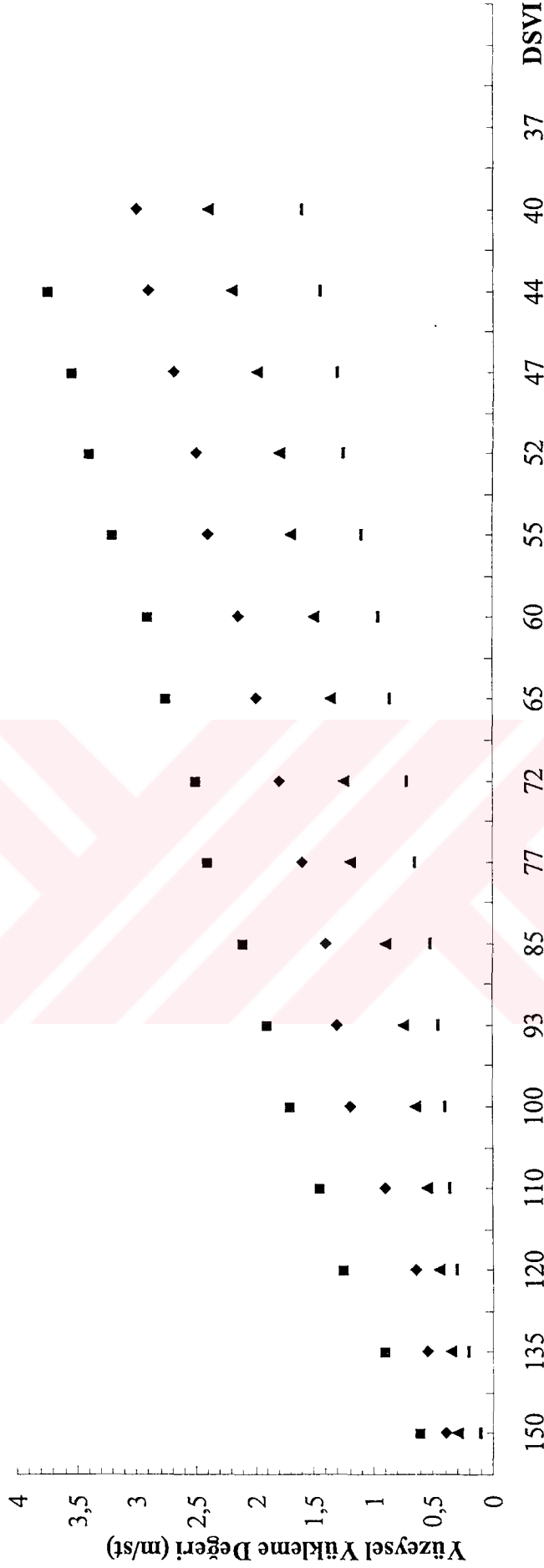


Şekil 5.6 Çökeltim havuzlarında bekletme süresi ve SVİ değerine bağlı katı madde konsantrasyonu (ATV-DVWK-A131-E May 2000).

Tabanda elde edilen katı madde konsantrasyonu, seçilen sıyrıcı tipine bağlı olarak 0.5-0.7 arasındaki bir katsayı ile azaltılarak geri devir hattındaki katı madde konsantrasyonu hesaplanır. Emişli tipi sıyrıcı kullanılması durumunda bu katsayı 0.5, klasik paletli tip sıyrıcı kullanılması durumunda ise bu katsayı 0.7, olarak hesaba dahil edilir (ATV-DVWK-A131-E May 2000). Şekil 5.7 de havalandırma havuzundaki AKM konsantrasyonu ile çökeltim tankı tasarımına esas alınan yüzey yüklemesi arasındaki bağıntı SVİ değerini de dikkate alacak şekilde verilmiştir (IAWQ Scientific Report No 6 1997).

ÇAMURUN ÇÖKELME ÖZELLİĞİNE KARŞI YÜZEYSEL YÜKLEME DEĞERİ

■ 2,5 g/l ♦ 3,5 g/l ▲ 4,5 g/l - 6 g/l



Şekil 5.7 Çamurun ÇökElme Özelliğİ ile YüzeySEL YüklemE Arasındaki İlişki (IAWQ Secientific Report No 6 1997)

Çöktürme havuzlarının katı/sıvı ayırma fonksiyonu

Son çöktürme tanklarının yoğunlaştırma fonksiyonu aynı öneme sahip olmasına rağmen katı/sıvı ayırma fonksiyonundan daha fazla araştırılmıştır. Genellikle son çöktürme tankına giren toplam katı madde miktarının %98 veya daha fazlası havuz içinde depolanır ve/veya yoğunlaştırılır. Sadece %2 lik bir kısmı çıkış savağından deşarja karışır ve çıkış suyu kalitesini belirler. Çıkış suyundaki katı madde miktarının fazla olması, biyolojik arıtmanın içinde bir problemten kaynaklanabilir (zayıf flok oluşması vb.) veya son çöktürme tankının yanlış tasarımından meydana gelir. Çökelme özelliğı iyi olan bir çamurda, son çöktürme tankı çıkış savağında 10 mg/lt den daha fazla katı madde kaçacağı olması beklenmemelidir (ATV-DVWK-A131-E May 2000).

Biyoflokülasyon sonucunda yeterli büyüklüğe erişmiş olan bakteriler havalandırma havuzundan çıkıp son çöktürme tankının giriş yapısına ulaştıklarında, son çöktürme tankının yüzey alanı, su derinliğı, giriş yapısının boyutları, çamur toplama ve sıyırma sisteminin etkisinde kalır ve çıkış AKM konsantrasyonu tüm bu parametrelerden etkilenir. Yoğunlaşma fonksiyonunu yerine getirecek şekilde optimize edilmiş bir tankın çıkış AKM miktarının da istenilen düzeyde kalmasını sağlayacak şekilde olduğu düşünülebilir. Yeterli derinlikte ve uygun yüzeysel yükleme değerine göre tasarlanmış olan son çöktürme tankı da gerekli yoğunlaştırma fonksiyonunu sağlar.

Son çöktürme tankının yoğunlaştırma fonksiyonunu tam olarak yerine getirebilmesi için havalandırma havuzundaki AKM konsantrasyonu 2.000 mg/lt değerinde seçilmiş ise son çöktürme tankının kenarındaki net su derinliğı 3 m den az tutulmamalıdır. Havalandırma havuzu AKM konsantrasyonunun her 1.000 mg/lt artışına karşın bu derinlik 0.3 m arttırılmalı ve 6.000 mg/lt lik bir konsantrasyonda minimum 4.2 m olmalıdır (US EPA Process Design Manuel 1997).

Normal işletme şartları altında çamur yatağıının üst noktası ile temiz su bölgesi arasındaki kesişme noktasının çıkış savağına olan mesafesi 1.5 m den az ve çamur yatağı yüksekliğı 1.2 m den daha fazla olmamalıdır.

Son çöktürme tanklarından fazla katı madde çıkışı olmasının nedenleri şu ana başlıklar altında toplanabilir.

- 1) Hidrolik kısa devreler sonucunda oluşan uniform olmayan hız dağılımları sebebiyle çamur yatağının üst kısmından kalkan çamurun çıkışa karışması.
- 2) Çamur yatak yüksekliğinin girişteki katı madde konsantrasyonunun çok fazla olması sebebiyle yükselmesi.
- 3) Kontrol dışı denitrifikasyon olması sebebiyle azot gazının oluşması ve gaz kabarcıklarını yüzdürme etkisi ile çamur kabarması.
- 4) Yetersiz çamur sıyırma ve çamur alma sistemi olması.
- 5) Flok kırılması yada yetersiz floklaşma olması sebebiyle çökelme karakteristiklerinin azalması.

Çöktürme havuzlarının çamur depolama fonksiyonu

Çöktürme havuzlarının bu fonksiyonu, yağışlı hava pik debisinin meydana geldiği durumlarda ortaya çıkan çok yüksek yüzeysel yükleme değerlerinin çıkış suyu kalitesinin bozulmadan ortadan kaldırılmasını sağlar. Bu durumun oluşması halinde, çıkış suyu standartlarının korunması için tasarımda, maksimum saatlik debiyle birlikte havalandırma havuzundan son çöktürme havuzuna taşınacak olan biyokütlenin, son çöktürme tankındaki katı madde yüklemesi değerinin üst sınırını aşmayacak ve gerekli yoğunlaşma süresini sağlayacak şekilde tasarlanmasına dikkat edilmelidir. Almanya’da kullanılan ATV A-131’e göre havalandırma havuzundaki bakteri kütlelerinin %30 luk kısmının yağışlı hava maksimum saatlik debisi ile son çöktürme tankına taşınabileceği kabul edilmiştir. Böylece son çöktürme havuzunun derinliğinin hesabında buradan gelecek biyokütlenin tank içinde belirli bir süre depolanması için bir hacim oluşturulmuştur. Bu yöntemle göre gerekli olan hacmin hesaplanmasına esas alınan çamur bekletme süresi 1.5 saat olmaktadır.

Son çöktürme havuzlarının genel tasarım parametreleri

Daha öncede bahsedildiği gibi son çöktürme havuzlarının tasarımlarının doğru olarak yapılması için, yağışlı hava maksimum saatlik atıksu debisinin, çamur çökelme özelliklerini ifade eden çamur hacim indeksi değeri ve havalandırma havuzundaki askıda katı madde konsantrasyonu doğru olarak bilinmelidir.

Çöktürme tankının tasarımına başlarken;

- 1) Çökelme tankının geometrisine karar verilmelidir,
- 2) Tankın yoğunlaştırma süresi seçilmelidir,
- 3) Tankın çamur depolama süresi seçilmelidir,
- 4) Geri devir sistemi, çamur alma sistemi seçilmelidir,
- 5) Giriş ve çıkış yapılarının seçimi yapılmış olmalıdır,

Bu parametreler A-131-E'ye göre aşağıdaki gibi uygulanmaktadır.

- 1) Son çöktürme tanklarının çapı veya uzunluğu maksimum 60 m olmalıdır.
- 2) Çamur hacim indeksi $50 \text{ lt/kg} < \text{SVI} < 200 \text{ lt/kg}$ arasında olmalıdır.
- 3) Seyreltilmiş çamur hacim indeksi değeri $\text{DSVI} < 600 \text{ l/m}^3$ olmalıdır.
- 4) Geri devir miktarı aşağıdaki gibi alınmalıdır.
 - a) Yatay akışlı tanklarda maksimum yağışlı hava debisinin %75 eşit veya küçük
 - b) Düşey akışlı tanklarda maksimum yağışlı hava debisinin %100 eşit veya küçük
- 5) Havalandırma tankındaki AKM konsantrasyonu 1.000 mg/lt den fazla olmalıdır.

Burada verilmiş olan değerler son çöktürme havuzunun mansabında filtrasyon gibi ileri arıtma ünitelerinin bulunması durumunda farklı olarak seçilebilir.

Böylece havuz çapı küçülür ve buna bağlı olarak havuz çıkışındaki AKM konsantrasyonu artar. Ancak bu artış mansaptaki proses üniteleri tarafından giderileceği için arıtma tesisinin son noktasındaki çıkış suyu kalitesini etkilemez.

5.3.1.6. Çamur yoğunlaştırma sistemleri

Atıksu arıtma tesislerindeki çamurların başlıca kaynakları, ızgarada tutulan maddeler, kum tutucuda ayrılan kum, yüzebilen maddeler, köpük ve yağlar, ön çöktürme çamuru, biyolojik fazla çamur, eğer varsa filtrasyon sistemlerinin geri yıkanması sırasında oluşan çamurlar, proses gereklilikleri doğrultusunda sisteme dozlanan kimyasal maddelerin yapmış oldukları bileşiklerden kaynaklanan çamurlar olarak sayılabilir.

Bu kaynaklar içinde en önemli olanı ön çöktürme çamurları ile biyolojik fazla çamurdur. Bazı uygulamalarda sistemden uzaklaştırılmak istenilen biyolojik fazla çamur ön çöktürme tankına verilerek buradan ön çöktürme çamuru ile homojen hale gelmiş tek bir çamurun atılması sağlanır.

Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların uzaklaştırılmasında izlenen yöntemler çoğunlukla; çamurların yoğunlaştırılmasını, stabilize edilmesini şartlandırılmasını ve susuzlaştırılıp katı madde miktarının artırılarak son uzaklaştırma noktasına aktarılmasını kapsar.

Çamurların özellikleri

Arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurlar organik ve inorganik maddeler içerirler. İçerdikleri maddenin cinsine göre, çamurun oluşma ve işleniş biçimine göre bu özellikler değişim gösterir. Ön çöktürme çamuru, atıksu içindeki çökebilir maddeleri içerirken, biyolojik fazla çamur, çözünmüş organik maddelerin giderilmesi sürecine bağlı olarak meydana gelmiş bir çamurdur. Bu nedenle biyolojik süreç olarak seçilmiş prosesin özelliklerine ve işletme koşullarına göre değişik özellikler gösterir. Çeşitli proseslerden kaynaklanan çamurların son uzaklaştırma noktasına gönderilmeden uygulanabilecek olan yoğunlaştırma ve susuzlaştırma işlemleri Tablo 5.8 de genel olarak verilmiştir. Bunların dışında çamurların fiziksel özellikleri Tablo 5.9 de, kimyasal özellikleri de Tablo 5.10'da ayrıca detayları ile gösterilmiştir.

Evsel atıksuların içindeki inorganik maddelerin özgül ağırlığı 2.0-2.5 ve organik maddelerin özgül ağırlığı da 1.2-1.3 t/m³ civarındadır (Qasım 1999).

Tablo 5.8 Yaygın Olarak Kullanılan Çamur İşleme Prosesleri ve Fonksiyonları (Tchobanoglous ve Burton 1991).

Çamur İşleme Prosesi	Prosesin Temel Uygulaması
Statik Yoğunlaştırma	Çamurun hacminin azaltılması için katı maddelerin yerçekimi yardımıyla konsantre edilmesi için uygulanan bir yöntem olup ön çöktürme çamuru, biyolojik fazla çamur veya karma çamurlara uygulanır.
Çözünmüş Hava İle	Basınç altında çözünmüş hava ile doyurulmuş olan akışkanın çamurla teması sonucunda ortaya çıkan hava kabarcıklarının
Yüzdürme	çamur partiküllerinin yüzeyde toplayarak katı madde miktarının artırıldığı bir yöntemdir. Çoğunlukla biyolojik fazla çamurlar ve kimyasal çöktürme çamurları için uygulanır.
Mekanik	Yerçekimi kuvvetinin 100- 600 katı daha fazla kuvvet oluşturan döndürme hareketi ile çalışan santrifüj sistemleri, düşük hızda
Yoğunlaştırma	hareket eden bantların süzmesiyle çamurun yoğunlaşmasının sağlanması veya düşük hızlarda dönen perfore edilmiş tamburların kullanılması ile katı madde miktarının artırılmasıdır.
Kimyasal Oksidasyon	Çamurun içindeki patojen organizmaların ortadan kaldırılması, bunun sonucunda çamurun kötü kokmasının önlenmesi ve daha kolay susuzlaştırılması için uygulanan bir yöntem olup çoğunlukla bu amaçla ozon, klor, peroksit gibi oksidantlar kullanılır.
Kireçle Stabilizasyon	Aşırı kireç dozlaması sonucunda çamurun pH değerinin 12 ve/veya daha büyük bir değerde tutulmasıdır. Bu değerler sağlandığı sürece çamurun koku yaratması önlenmediği gibi susuzlaştırılması kolaylaşır ve patojen organizmalar giderilir.
Havayla Stabilizasyon	Genellikle küçük tesislerde uygulanan bir yöntem olup çamurun 10-15 gün gibi uzun bir süre havalandırılması ile stabilize olmasıdır. Patojen organizmalar giderilir ve susuzlaşma özelliklerinde artış sağlanır.
Havasız Stabilizasyon	Çamurun havasız ortamda reaksiyona girmesi sonucunda stabilize edildiği, patojen organizmaların giderildiği, çamur miktarının azaltıldığı ve bu işlemlerin sonucunda metan gazı elde edilen bir prostestir. Elde edilen metan gazının elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile tesis genelinde kullanılan enerjinin bir kısmı geri kazanılmış olmaktadır.

Tablo 5.8 Yaygın Olarak Kullanılan Çamur İşleme Prosesleri ve Fonksiyonları (Tchobanoglous ve Burton 1991) devamı

Kimyasal Şartlandırma	Çamurun daha kolay suyunu bırakarak daha yüksek verimde susuzlaştırılması için çamur içine demir tuzları, kireç veya polielektrolit gibi kimyasal maddelerin dozlanmasıdır.
Termal Şartlandırma	Aritma çamurlarının stabilize edilmesi ve şartlandırılması için 100-200 santigrat dereceye kadar ısıtılması uygulamasıdır.
Çamur Çamur Kurutma yatakları	Çamurun su içeriğinin azaltılması için kullanılan bu yöntemde sulu çamur, içinde değişik yüksekliklerde ve kalınlıkta kum olan sıg bir havuza alınır. Kum tabakasından süzülen su drenaj sistemi ile tesise döndürülürken kumun üzerinde kalan çamur güneş ışığı yardımıyla kurur ve uzaklaştırılır.
Santrifüj Sistemleri	Mekanik yoğunlaştırıcılarda bahsedilen sistemlerden olan, dekantörlerde yüksek devirlerde döndürülen çamurun merkezkaç kuvveti yardımıyla sıvı/katı ayırımına tabi tutulması sonucunda çamurun susuzlaştırılması işlemidir. Burada şartlandırıcı olarak polielektrolitler kullanılır.
Vakum Filtreler	Çamurun susuzlaştırılması için sulu çamur içinde döndürülen ve üzerindeki filtre bezine negatif basınç uygulayan bir sistemdir. Sulu çamur içinde düşük devirde döndürülen tambur çamurun dışına çıkınca negatif basınç sayesinde filtre yüzeyinde kek oluşur.
Filtre Pres	Düşey pozisyonda duran taşıyıcı plakalara bağlı olan filtre bezi içinden yüksek basınç altında sulu çamurun süzülmesi ile çalışan bu sistemin çıkışındaki katı madde miktarı ağırlıkça % 35 civarındadır.
Bant Pres	Yatay ve yatayla belirli bir açı yapan bantlar arasında düşük bir hızda geçirilen sular çamur bantların sıkışması sonucunda artan basınçla suyunu bırakır.
Toprak Şartlandırma	Kompostlama işlemine tabi tutulan arıtma çamurları daha sonra toprak şartlandırılması için kullanılırlar. Çamurun içindeki azot ve fosfor bitkiler tarafından tutulur. Kompostlamanın dışında çamurların 370 santigrat derecede kurutulması ile elde edilen formu da toprak şartlandırıcı olarak kullanılmaktadır.

Arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların işlenmesinde uygulanan farklı yöntemlerin farklı verimleri vardır. Verim dışında kullanılacak proseslerin seçilmesinde tesir eden diğer unsurlar, yatırım ve işletme maliyetleri, işletme ve bakım kolaylıkları, yan ürün oluşumları (biyogaz), iklim ve yerel koşullar olarak sıralanabilir. Arıtma tesislerinden oluşan çamurların işlenmesi sırasında büyük miktarda süzüntü suyu ve/veya filtrat oluşur. Bu tip suların karakterleri kendi başlarına deşarj edilmeye müsaade edilmeyecek kadar kirlidir. Bu nedenle bu tip sular geri dönüş suları olarak adlandırılır ve arıtma tesisinde biyolojik arıtma öncesine döndürülür.

Çamur işleme proseslerinde kullanılan metotlara bağılı olarak yüksek miktarda organik madde, azot ve fosfor içeren bu geri dönüş suları arıtma tesisi girişinde gerek miktar gerekse kirletici yükü bakımından tasarım içinde dikkate alınmalıdır.

Geri dönüş suları içindeki ilave yükler özellikle biyolojik azot ve fosfor giderimi yapan tesislerin tasarımında önemli rol oynamaktadır. Özellikle çamur işleme sistemlerinin tasarımında ortalama debide oluşacak çamur miktarının %25 lik kısmı kadar ek kapasiteye göre tasarlanması, maksimum debinin uzun süreler için oluştuğı dönemlerde emniyetli kalınması açısından faydalı olmaktadır.

Çamur işleme sistemleri genel olarak arıtma tesislerinin en büyük koku kaynağıdır. Buradan oluşan kokunun önlenmesi için farklı yöntemler kullanılır. Koku yaratan yapıların bina içinde inşa edilmesi veya üzerinin kapatılması sonucunda oluşan hacimlerden alınan havanın havalandırma havuzuna beslenmesi veya çeşitli tip (kimyasal veya biyolojik) koku tutma kolonlarından geçirilmesi en yaygın yöntemlerdendir.

Tablo 5.9 Çeşitli Tip Çamurların Fiziksel Özellikleri (Qasım 1999)

Çamur Kaynağı	Özellikleri	Katı Madde Yüzdesi %	Katının Özgül Ağırlığı Ton/m ³	Çamurun Özgül Ağırlığı Ton/m ³
Ön Çöktürme Çamuru	Kuvvetli kokusu olan, grimsi siyah kaygan yapılı % 60-70 oranında uçucu katı madde içeren bir çamurdur. Havasız ortamda veya hava ile çürütülür.	4-8	1.4	1.02
Aktif Çamur	Tazeyken toprak kokusuna sahip, kahverengi biyolojik flok yapısında % 70-80 oranında uçucu katı madde içeren bir çamurdur Havasız ortamda veya hava ile çürütülür. Havasız ortamda kısa süre içinde siyaha döner ve keskin olmayan koku yaratır..	0.8-2.0 son çöktürmeden 0.2-0.6 havalandırmadan	1.25	1.005

Tablo 5.10 Çeşitli Tip Çamurların Kimyasal Özellikleri (Qasım 1999)

Bileşenler	Ön Çöktürme Çamuru	Aktif Çamur	Çürütülmüş Karışık Çamur
pH	5.0-6.5	6.5-7.5	6.5-7.5
Toplam katı madde %	3-8	0.5-1.0	5.0-10
Uçucu katı madde (kuru ağırlıkça)	60-90	60-80	30-60
Alkalinite CaCO ₃ olarak	500-1.500	200-500	2.500-3.500
Protein % kuru madde	20-30	32-41	15-20
Azot % kuru madde	1.5-4.0	3.5-8.5	1.6-6.0
Fosfor % kuru madde	0.8-2.8	2.0-7.0	1.4-4.0
Kalorifik değeri kJ/kg	15.000-24.000	12.000-16.000	6.000-14.000

Çamur işleme sistemlerinin seçimi ve tasarımı, çamurun depolanması, iletilmesi (borulama) karıştırılması, yoğunlaştırılması, stabilize edilmesi, şartlandırılması ve susuzlaştırılması gibi birçok adım dikkatle değerlendirilmelidir.

Statik yoğunlaştırıcılar (yerçekimiyle çalışan yoğunlaştırıcılar)

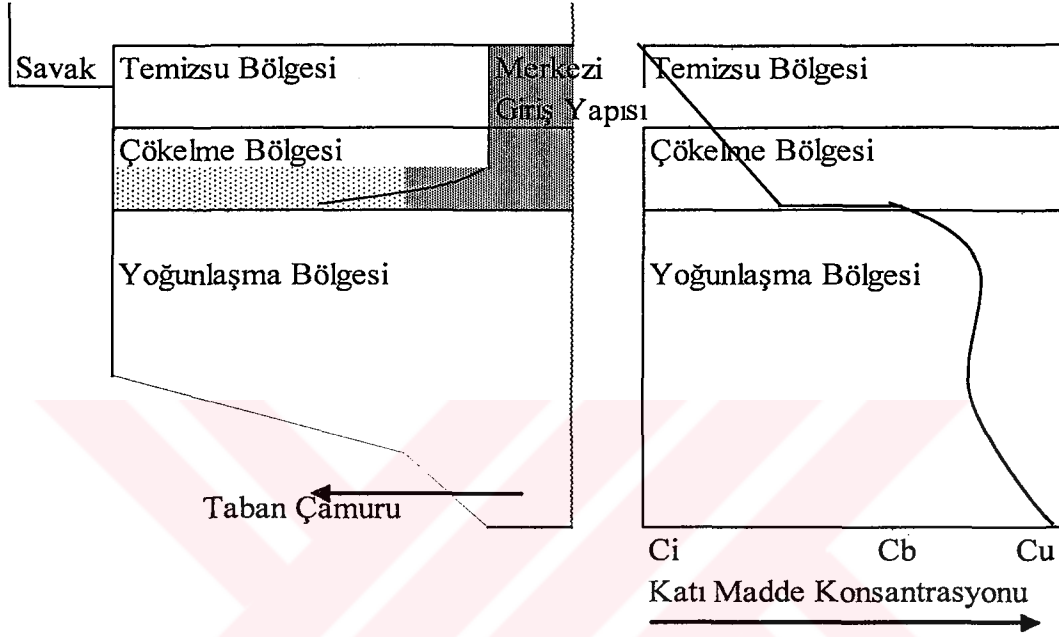
Statik yoğunlaştırıcılar ön veya son çöktürme havuzları ile aynı prensipte çalışan yapılardır. Dairesel olarak inşa edilir ve bir sıyrıcı yardımıyla taban çamuru havuzun merkezine doğru toplanırken, yüzücü çamurlar da yüzey sıyrıcısı yardımıyla köpük haznesine aktarılır. Statik yoğunlaştırıcılarda düşey kesit boyunca farklı üç tabaka bulunmaktadır.

Bunlardan en yukarıda olanı nispeten az miktarda katı madde içeren üst su bölgesidir. Bunun altında çökelme bölgesi bulunur ki buraya beslenen ham çamur, içindeki parçacıkların ağırlığı nedeniyle tabana doğru hareket ederken bir miktar temiz su yukarı doğru yönlenir. Çökelme bölgesinin altında ise yoğunlaşma bölgesi bulunmaktadır.

Bu bölgedeki katı maddeler sürekli olarak sisteme alınan çamurun içindeki katı maddelerin ağırlığı sebebiyle sıkışarak havuzun tabanına doğru hareket eder ve buradaki katı madde konsantrasyonunun artmasına neden olur (Qasım 1999).

Bu işlem havuz içinde bulunan ve düşük devirle dönerek oluşan flokları parçalamadan floklara bağlı olan gaz kabarcıklarının ve suyun havuzun üst tabakalarına doğru hareketine yardımcı olan bir sıyırıcı yardımıyla daha da hızlanır.

Şekil 5.8'de evsel atıksu arıtma tesislerinde kullanılan klasik bir statik yoğunlaştırıcının düşey kesiti, kesit boyunca katı madde konsantrasyon dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Statik Yoğunlaştırıcılarda Konsantrasyon Dağılımı (Qasım 1999).

Statik yoğunlaştırıcılardaki çökeltme karakteristiği, partiküler veya yumaklı çökeltmeden farklı olarak katı maddelerin birbirlerine temas ettikleri noktalarda taşıyıcı destek olmasından dolayı farklılık gösterir. Bu partiküllerin sıkışıp daha az hacim işgal etmesi için üzerlerindeki diğer partiküllerin yeterince ağırlık oluşturmaları ve oluşan bu kuvvet aracılığı ile tabana doğru hareket etmelerinin sağlanması gereklidir. Herhangi bir zamandaki konsolidasyon çamur yatağındaki derinlik değişimi ile orantılıdır, maksimum konsolidasyon ise uzun bekletmeyle sağlanır. Bu nedenle statik yoğunlaştırıcılar sıkışma bölgesi içinde çalışan sıyırıcılar ile donatıldığında verimleri artış gösterir (Qasım 1999).

Statik yoğunlaştırıcılar, çamur işleme sistemlerinin önünde bir depolama hacmi oluşturarak ve farklı özellikteki çamurların homojenizasyonunu sağlayarak katı madde konsantrasyonundaki artışa ek olarak genel çamur sistemi üzerinde pozitif etkide bulunur.

Çoğunlukla aktif çamur sistemlerinde ön çöktürme ve biyolojik fazla çamurun yoğunlaştırılması, damlatmalı filtre çamurları ve kimyasal çamurların yoğunlaştırılması için kullanılırlar.

Ön çöktürme çamuru veya kimyasal çamurlar kolayca yoğunlaşırken biyolojik fazla çamurun varlığı yoğunlaşma verimini azaltır. Çünkü biyolojik floklar yavaş çökelirler ve tabakalaşmaya karşı dirençlidirler. Bu nedenle statik yoğunlaştırıcıların çıkış katı madde konsantrasyonu, giriş katı madde konsantrasyonunun iki ila beş katı kadar fazlası olabilir. Bu tamamen çamurun özelliğine ve yoğunlaştırıcının tasarımına bağlıdır.

İyi işletme koşulları altında ve çamur yatak yüksekliğinin yeteri kadar olması durumunda statik yoğunlaştırıcılardan alınan maksimum çamur konsantrasyonu % 10 civarındadır. Çamur hacim oranı; yoğunlaştırıcı içinde tutulan çamur yatağı hacminin yoğunlaştırıcıdan günlük olarak çekilen yoğun çamur debisine bölünmesi ile hesaplanır. Bu değerin 0.5 ila 2.0 gün arasında olması gereklidir (Qasım 1999). Çamur hacim oranının daha büyük değerleri için daha yoğun çıkış konsantrasyonları elde edilse de uzayan hidrolik bekletme süresi sebebiyle yoğunlaştırıcı içinde gaz patlamaları veya çamur yüzmesi sorunları görülmektedir.

Statik yoğunlaştırıcıların boyutlandırılmasında, hidrolik ve katı madde yükleri ile hesaplanmış olan minimum yoğunlaştırıcı alanı, yoğunlaştırıcının kenar su derinliği ve taban eğimi önemli parametreler olarak sayılabilir. Farklı özellikteki çamurlar için verilmiş olan katı madde yükleme değerleri ve giriş çıkış katı madde konsantrasyonları tasarım değerleri olarak Tablo 5.11'de verilmiştir.

Ön çöktürme çamuru için hidrolik yüzey yükü $16-32 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gün}$, biyolojik fazla çamur için $4-8 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gün}$ ve karışık çamurlar için ise $6-12 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gün}$ olarak alınabilir. Bu değerlerin dışında kalınması durumunda bazı işletme problemleri yaşanır (Qasım 1999).

Örneğin hidrolik yüzey yükü değerinin aşılması durumunda, savaklanan üst suyun içindeki katı madde konsantrasyonu olması gerekenden daha fazla olacaktır.

Bunun tersine, düşük olması durumunda ise tank içinde septik koşulların oluşmasına sebep olur. Bu durumun önlenmesi için çıkış suyundan alınan hat ile hidrolik yüzeysel yükleme değeri artırılabilir.

Normal koşullar altında kenardaki su derinliği 3-4 m arasında değişirken taban eğimi 2:12, 3:12 arasında seçilir. Hidrolik bekletme süresi 24 saat civarında olmalıdır (Qasım 1999).

Statik yoğunlaştırıcılar, tabanda yoğunlaşan çamuru merkeze yönlendiren dip sıyrıcısı, yüzebilen maddeleri ve köpükleri toplayabilen yüzeysel sıyrıcı, yüzebilen maddelerin üst su toplama savağına karışmasını önleyen dalgıç perde ve üst su toplama savağı ile donatılmalıdır.

Çözünmüş hava ile yüzdürme

Genellikle biyolojik fazla çamurların ve kimyasal çamurların yoğunlaştırılması için kullanılan bir sistemdir. Katı madde içeren çamurlu suya, yüksek basınç altında hava ile doyurulmuş diğer bir akışkanın (su) temas ettirilmesi sonucunda, yoğunlaştırma tankındaki basıncın daha düşük olması (atmosfer basıncı) sebebiyle oluşan çok küçük boyutlu hava kabarcıklarının katı maddelere tutunarak onların yüzeyde toplanmasını sağlaması ile çalışan bir sistemdir. Bu tip yoğunlaştırıcıların statik yoğunlaştırıcılara olan üstünlüğü, kendi ağırlığı ile uzun zamanda çöküp sıkışan partiküllerin çok kısa zamanda hava kabarcıkları yardımıyla birleştirilmesidir. İşlem daha kısa zamanda tamamlandığı için gerekli havuz boyutları statik yoğunlaştırıcılara göre daha küçüktür. Giriş katı madde konsantrasyonu iki -sekiz kat artırılabilir. Normal koşullar altında tasarlanmış bir sistemin çıkış katı madde konsantrasyonu %4-5 arasındadır (Qasım 1999).

İki temel tip yüzdürme sistemi bulunmaktadır. Birincisinde giriş çamur akımının tamamı veya bir kısmı basınçlandırılır ki bu genellikle tercih edilmeyen bir yöntemdir. Bu yöntemin temel problemi çamur hattında yüksek basınçlı bir pompa sisteminin kurulmasıdır ki genellikle işletmede problem riskini artırır.

Diğer yöntemde ise yoğunlaştırıcı çıkış suyu basınçlandırılarak havuza geri döndürülür. Burada işletme problemi ortadan kaldırılmıştır. Her iki sistemde alüm, demir tuzları veya polielektrolit ilavesi yapılarak sistemin katı madde tutma verimi artırılabilir.

Çözünmüş hava ile yüzdürme, taşıyıcı akışkan içinden yüzebilen maddelerin (katı madde, elyaf, yağ vb) ayrılması için 50-100 mikron boyutundaki hava kabarcıklarını taşıyıcı ortama aktarılmasıdır.

Çözünmüş hava ile yüzdürme prensibi ile çalışan yoğunlaştırıcılardaki en önemli tasarım parametreleri; hava/katı oranı, katı madde yükleme değeri, hidrolik yükleme değeri ve kimyasal madde dozajı olarak sayılabilir. Bu parametrelerin hepsi laboratuarda yapılan test çalışmaları boyunca değiştirilir ve en uygun tasarım bilgileri elde edilir.

Çözünmüş hava ile yüzdürme sistemi ile tasarlanmış bir yoğunlaştırıcı, çamur besleme pompası kompresör, yüzdürme tankı ve yüzey sıyırıcısı, kimyasal madde hazırlama-depolama ve dozlama sistemi ve yoğun çamur pompası ile donatılmalıdır.

Bu tip sistemler çoğunlukla askıda kültürlerin kullanıldığı biyolojik fazla çamurlara uygulanmaktadır.

Örneğin aktif çamur, uzun havalandırmalı aktif çamur veya askıda nitrifikasyon denitrifikasyon yapan sistemler gibi. Çamurun çökme karakteri bozuldukça $SVI > 200$ yüzdürme sistemleri ile yoğunlaştırmadan elde edilen verim de düşmekte veya polimer ihtiyacı artmaktadır. Ayrıca katı madde yüklemesinin belirli bir değerden daha fazla artırılması verimde ani düşüslere yol açmaktadır. Bu değer $470 \text{ kg/m}^2\text{-gün}$ değerinin üzerine çıktığında verimde önemli azalmalar saptanmıştır. (Tchobanoglous ve Burton 1991). Bu sisteme ait genel tasarım değerleri Tablo 5.12'de verilmiştir.

Santrifüj (dekantör) sistemleri ile çamur yoğunlaştırma

Santrifüj işlemi ile yaratılan ve yerçekimi kuvvetinden yüzlerde kez daha büyük olan merkezkaç kuvvetin etkisi ile çamurun içindeki katı maddeler ayrılarak çamur yoğunlaştırılır veya susuzlaştırılır.

Mekanik yoğunlaştırıcılardan olan santrifüjler temelde üç değişik modele sahiptirler, sepet tipi santrifüjler, disk tipi santrifüjler ve çanak tipi santrifüjler. Sepet tip olanları kesikli olarak çalışan sistemlerden olduğu için yaygın olarak kullanılmaz, disk tipler sürekli olmalarına rağmen kum vb. gibi atıksu çamuru içinde fazlasıyla bulunan maddelere karşı aşırı hassastır.

Çanak tipi modeller arıtma tesislerinde en çok uygulama bulmuş olan modeldir. Burada çoğunlukla yatay olarak yerleştirilmiş, aks boyunca çapın değişim gösterdiği silindirik bir çanak ve çanağın içinde tutulan katı maddeleri dışarıya taşıyan spiral bir helezon bulunmaktadır (Qasım 1999).



Tablo 5.11 Statik Yoğunlaştırıcı Tasarım Değerleri (Tchobanoglous ve Burton 1991).

Çamur Tipi	Giriş Katı Madde Konsantrasyonu %	Çıkış Katı Madde Konsantrasyonu %	Katı Madde Yükleme Değeri kg/m ² -gün	Katı Madde Tutma Oranı %	Üst Su Katı Madde Konsantrasyonu mg/lt
Ön Çöktürme Çamuru	1.0-7.0	5.0-10.0	90-144	85-98	300-1.000
Damlatmalı Filtre Çam	1.0-4.0	2.0-6.0	35-50	80-92	200-1.000
Biyolojik Fazla Çamur	0.5-1.5	2.0-4.0	10-35	60-85	200-1.000
Karışık Çamur	0.5-2.0	4.0-6.0	25-80	85-92	300-800

Tablo 5.12 Çözülmüş Hava İle Yüzdürme Sistemiyle Çamur Yoğunlaştırma Sistemlerinin Tasarım Parametreleri (Qasım 1999)

Çamur Tipi	Hava / Katı Oranı	Katı Madde Yüğü kg/m ² -gün	Hidrolik Yüğü m ³ /m ² -gün	Polimer Dozajı mg/kg	Katı Madde Tutma Oranı %	Üst Su Katı Madde Konsantrasyonu mg/lt
Ön Çöktürme Çamuru	0.04-0.07	90-200	90-250	1.000-4.000	80-95	100-600
Biyolojik Fazla Çamur	0.03-0.05	50-90	60-180	1.000-3.000	80-95	100-600
Damlatmalı Filtre Çamuru	0.02-0.05	50-120	90-250	1.000-3.000	90-98	100-600
Karışık Çamur	0.02-0.05	60-150	90-250	1.000-4.000	90-95	100-600

Sürekli olarak sisteme beslenen çamurun içindeki katı maddeler santrifüj etkisiyle çanağın cidarlarına yapışır ve biraz daha farklı hızla dönen helezon yardımıyla diğer uçtan çanağın dışına alınır. Bu tip yoğunlaştırıcılar yetişmiş personel, yüksek elektrik ve bakım ihtiyacının yanında yatırım bedellerinin fazla olması nedeniyle zorunlu şartlar oluşmadıkça (yer azlığı veya zor yoğunlaşan çamur olmaması) tercih edilmezler. Genellikle çamur miktarını 0.2 m³/sn den fazla olduğu tesislerde ekonomik olmaktadır (Tchobanoglous ve Burton 1991). Santrifüj sistemleri ile çamur yoğunlaştırma ünitesinin tasarımı için kullanılması gereken parametreler Tablo 5.13’de verilmiştir.

Tablo 5.13 Santrifüj Çamur Yoğunlaştırıcıların Tasarım Parametreleri (Qasım 1999).

Parametre	Değer Aralığı
Çanak Çapı	36-152 cm
Kapasite	38-3.600 lt/dk
Yerçekimi Kuvveti	Yerçekiminin 1.400-2.300 katı fazlası
Çamur Besleme Konsantrasyonu	0.3-2.0 %
Yoğun Çamur Konsantrasyonu	5-8 %
Katı Madde Tutma Oranı	85-98 %
Polimer Dozajı	0-3 kg/ton kuru madde

Günümüzdeki uygulamaları özellikle biyolojik azot ve fosfor giderimi yapan tesislerin yaygınlaşması ile artmıştır. Bunun temel nedeni anaerobik koşulların çamur yoğunlaştırma tanklarında yarattığı işletme sıkıntılarının önlenmesidir.

Eğer çamur, statik tip yoğunlaştırıcıda uzun süre bekletilirse denitrifikasyon sonucu çamur kabarması görülmektedir. Ayrıca anaerobik koşulların oluşması durumunda biyolojik olarak hücre bünyesine alınan aşırı fosforun tekrar salımı ve üst su yardımıyla arıtma tesisinin başına dönmesinin yarattığı sorunlar giderilmelidir. Santrifüj sistemleri ile çamur yoğunlaştırılması sırasında gerekli olan ekipmanlar, çamur besleme pompası, kimyasal madde çözelti hazırlama ve dozlama sistemi, filtrat pompası ve yoğun çamur pompasıdır. Sistem performansına etki eden önemli parametreler arasında, beslenen çamurun kuru madde içeriği, dozlanan kimyasal madde miktarı (polielektrolit), çanağın devir sayısı sayılabilir.

Bant filtreler ile çamur yoğunlaştırma

Çamur susuzlaştırma amacıyla kullanılan bant filtrelerin yoğunlaştırma prosesi için adapte edilmesinden sonra, mekanik yoğunlaştırıcılar arasında yaygın olarak yerini almıştır. Özellikle biyolojik fazla çamur gibi konsantrasyonu %2 den daha küçük olan çamurların efektif olarak yoğunlaştırılması için kullanılırlar (Qasım 1999). Bu cihazlarda belirli genişlikteki bir bandın yatay olarak ayarlanabilir bir hızda hareket etmesi sağlanmıştır. Bant başında polielektrolit ile floküle olmuş çamurun bant genişliği boyunca homojen olarak dağılmasını sağlayan bir dağıtıcı bıçak bulunmaktadır. Çamur flokları bantın üzerine yayıldığında yerçekimi etkisiyle bünyesindeki suyu bırakmaya başlar. Bantın yürüyüş hızı çamurun özelliğine göre ayarlanarak bantın sonunda elde edilecek kuru madde konsantrasyonu ayarlanır. Bant üzerinde düşey olarak yerleştirilmiş olan plastik malzemeden yapılmış özel profil yapısında olan dağıtıcılar bulunmaktadır. Bu dağıtıcılar yardımıyla çamurun bant üzerindeki yönü değiştirilerek içindeki suyu bırakmasına yardımcı olunur. Üzerindeki çamuru bırakan bant presin başına dönmek üzere alt kısma geçtiğinde burada bantın basınçlı su ile yıkanması sağlanır ve bant yeniden çamurla temasa geçmek üzere hazırlanmış olur. Bant preslerin tasarımında kullanılan parametreler arasında, dozlanan polimer miktarı, bat yürüme hız, giriş çamur konsantrasyonu sayılabilir. Polimer dozlaması 1.5-4.5 gr/kg kuru çamur (Qasım 1999) olarak değişmekte olup en uygun değer laboratuvar çalışması ile bulunur. Giriş çamur konsantrasyonunun %0.5-1.6 arasında değiştiği durumlarda her metre bant genişliği başına beslenebilecek olan çamur debisi 6-16 lt/sn arasında değişmektedir. Bu durumda elde edilecek yoğun çamur konsantrasyonu da %4-8 arasında olmaktadır. Beslenen çamurun özelliğine ve kuru madde içeriğine göre birim bant genişliği başına uygulanabilecek çamur debisi veya katı madde yüklemesi de değişmektedir.

Döner tambur yoğunlaştırıcı

Mekanik yoğunlaştırıcıların diğer bir tipi de döner tambur yoğunlaştırıcılardır. Burada yatay eksenle küçük bir açı yapacak şekilde yerleştirilmiş, belirli delik çapı olan malzeme ile kaplanmış silindirik bir tamburun düşük devirle döndürülmesi sonucunda floküle edilmiş partiküllerin yerçekimi etkisi ile suyunu bırakması sonucunda beslenen çamurun yoğunlaştırılması sağlanır.

Yoğunlaşan çamur tambur boyunca tamburun içinde bulunan helezonun yardımıyla hareket eder. Uygun şekilde şartlandırılmış biyolojik fazla çamurun %3-4 mertebesine kadar yoğunlaştırılması sağlanabilir. Ayrıca bu tip yoğunlaştırıcıların bant pres tipi çamur susuzlaştırma sistemleri ile birlikte paket olarak yoğunlaştırma-susuzlaştırma uygulamaları da bulunmaktadır. Düşük yer ihtiyacı göstermeleri, yetişmiş insan gücüne gerek duymamaları, düşük enerji giderleri sayesinde yaygın olarak kullanılan bir mekanik yoğunlaştırıcıdır. Tasarım parametresi olarak, saatteki dönüş sayısı 5-20 devir/saat verilebilir (Qasım 1999). Bu tip yoğunlaştırıcılarda gerekli olan polielektrolit dozlaması Tablo 5.14’de verilmiş olan polielektrolit dozajları ile benzerlik göstermektedir.

Her koşulda hangi tip mekanik yoğunlaştırıcı seçilirse seçilsin laboratuarda özellikle uygulamanın yapılacağı çamur üzerinde flokülasyon verimi test edilmeli ve uygun tip polielektrolit ve uygun dozaj belirlenmelidir.

Tablo 5.14 Çeşitli Mekanik Yoğunlaştırıcılar İçin Polimer Dozajı (Tchobanoglous ve Burton 1991).

Çamur Tipi	Çözülmüş Hava Yüzdürmesi kg/ton	Çanak Tip Santrifüj Kg/ton	Sepet Tip Santrifüj kg/ton	Bant Pres Kg/ton
Aktif Çamur	2-10	0-4	1-3	2-7
Havasız Çürümüş Çamur	-	4-8	-	-
Havayla Çürümüş Çamur	-	4-8	-	-

Yoğunlaştırıcıdan kaynaklanan geri dönüş sularının özellikleri

Sadece ön çöktürme çamurlarının yoğunlaştırılması

Ön çöktürme çamurunun statik yoğunlaştırıcılar kullanılarak işlenmesinde uzun çamur bekletme süresi ve sıcaklığın etkisi ile oluşan biyolojik bozunma sonucunda ortaya çıkan uçucu asitler denitrifikasyon uygun KOI/TKN oranının sağlanamadığı durumlarda veya biyolojik fosfor giderimi için sübstrat olarak kullanılabilir.

Eğer ilave karbon kaynağına ihtiyaç yoksa tesisin başına döndürülen bu akımdaki organik madde yükünün ve anaerobik koşulların gerçekleşmesiyle salınan fosfor yükünün giriş konsantrasyonu üzerine olan etkisi dikkate alınmalıdır.

Statik yoğunlaştırıcıda meydana gelen uzun bekletme süresi boyunca çamur içindeki uçucu katı maddelerin bir kısmı hidroliz neticesinde kısa zincirli uçucu asitlere dönüşür. Organik azotun bir kısmı da hidroliz sonucunda amonyum azotuna dönüşür ve bunun sonucunda giriş azot yükünü yaklaşık %1-2' si, fosfor için ise bu değer giriş fosfor yükünün %5'i kadar ilave bir yük gelir. Bütün bu dönüşümler statik yoğunlaştırıcıdaki çamurun sıcaklığına ve bekletme süresine bağlıdır. Normal koşullar altında hidroliz verimi toplam KOI değerinin %10-15'i kadar olmaktadır (ATV-DVWK- AK1 2000). Hidroliz sonrası ortaya çıkan KOI'nin %80 lik kısmı kısa zincirli uçucu asitlerdir.

Sadece biyolojik fazla çamurun yoğunlaştırılması

Biyolojik fazla çamurun yoğunlaştırılması için statik yoğunlaştırıcının kullanılması ve sıcak iklimlerde ve uzun bekletme sürelerinin olduğu tasarımlarda, ön çöktürme çamuru için söylenenler bu çamur içinde geçerlidir.

Ancak biyolojik çamurların yoğunlaştırılması için mekanik yoğunlaştırıcıların kullanılması durumunda (bant yoğunlaştırıcı, santrifüj yoğunlaştırıcı vb.) oluşacak filtratın özellikleri arıtma tesisi deşarj suyundan çok farklı olmayacaktır. Çünkü mekanik yoğunlaştırıcılar çalışma prensipleri gereği biyolojik flokların yapısını bozmaksızın sadece bünyesinde bulundurdıkları suyu bırakmalarını sağlar. Bu nedenle bekletme süresinin etkisi ortadan kalktığı için hidrolizinde gerçekleşmesi düşünülemez.

Filtratın içinde buluna katı maddelerde biyolojik flokların kendisi olduğu için arıtma tesisinin girişine gönderilen bu katı madde yükü biyolojik geri devir gibi değerlendirilebilir (ATV-DVWK- AK1 2000).

Ön çöktürme ve biyolojik fazla çamurun birlikte yoğunlaştırılması

Biyolojik fazla çamurun ön çöktürme tankına verildiği ve buradan iki farklı çamurun tek bir çamur olarak geri alınmasıyla yada farklı alınıp yoğunlaştırma öncesinde çamurların karıştırılmasıyla oluşan bir durumdur.

Çamur yoğunlaştırma için kullanılan sisteme bağlı olarak meydana gelecek olan bekletme süresine bağlı olarak hidroliz sürecinin gerçekleşmesi mümkündür. Özellikle biyolojik fosfor giderimi yapılan sistemlerde önemli ölçüde fosfor salımı gerçekleştiği için geri dönüş suları içinde büyük miktarlarda fosfor bulunur.

Statik yoğunlaştırıcıların kullanıldığı durumlarda çamur yoğunlaştırma tabakası içinde yeterli bir karışım yoksa salınan fosforun geri dönüş suyuna karışması çok fazla olmayabilir (Jardin. N. 1995). Ancak her koşulda çamur susuzlaştırma işlemi sonrasında yeterli türbülans sağlanacak ve bu yük tesis başına dönecektir.

Yoğunlaştırıcı tipinin seçimi

Yoğunlaştırıcının tasarımı yapılmadan önce çamurun ve/veya çamurların özellikleri, miktarları, işletme koşulları, kullanılabilir alanın olması, iklim koşulları vb. bilgilerin toplanıp değerlendirilmesi yoğunlaştırıcının tipin seçilmesi için gereklidir. Bu işlem için uygulanacak yolu sırasıyla tanımlarsak;

- 1) Ortalama günlük debi için kütle dengesi kurulmalı ve yoğunlaştırılacak tüm çamurların miktarı ve özellikleri belirlenmeli.
- 2) Eğer ön çöktürme çamuru, biyolojik fazla çamur ve kimyasal çamur bulunuyorsa bu çamurların kuru madde içerikleri için gerçekçi değerleri kullanılmalı ve buradan hesap edilen çamur debileri yoğunlaştırıcı tasarımında kullanılmalıdır.
- 3) Ortalama debi için yapılmış olan hesapların pik durumlarında dikkate alınması amacıyla belirli bir oranda arttırılması (tercihen %5-20) gereklidir.
- 4) Yoğunlaştırıcı tipinin seçimi için tesisin büyüklüğü (günlük fazla çamur miktarı) hava sıcaklığı, seçilmiş olan proses (biyolojik azot ve/veya fosfor giderimi var mı?) kullanılabilir alan gibi parametreler irdelenmelidir.

5.3.1.7. Çamur stabilizasyon (çürütme) sistemleri

Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların alıcı ortama zarar vermeden, yönetmeliklere uygun olarak uzaklaştırılması için uygulanacak yöntemlerin yatırım bedeli arıtma tesisinin toplam yatırım bedelinin %40-50 si kadar olmaktadır.(WPCF 1985 No 9).

Çamur stabilizasyonunun temel amaçları, çamur içindeki patojen organizmaların miktarının azaltılması, (koku probleminin ortadan kaldırılması) çamur içindeki organik maddelerin istenmeyen koşullar altındaki bozunmasının önlenmesidir. Bu amaçlara ulaşılması uygulanan stabilizasyon yönteminin çamur içindeki organik kısmın veya uçucu katı maddelerin üzerindeki etkisine bağlıdır.

Patojenlerin varlığını sürdürmesi, organik maddelerin bozunması ve buna bağlı olarak istenmeyen kötü kokuların oluşması ancak organizmaların çamurun organik madde içeriğinin azaltılmaması durumunda oluşur. Bu istenmeyen koşulların elimine edilmesi için, çamurun içindeki organik maddelerin biyolojik olarak giderilmesi, uçucu maddelerin kimyasal oksidasyona tabi tutulması, kimyasal madde dozlamasına bağlı olarak çamur içindeki istenmeyen organizmaların giderilmesi ve ısı veya diğer yöntemler ile çamurun sterilize edilmesi yöntemlerinden biri yada birkaçı tekil olarak veya birlikte olarak uygulanabilir.

Bu metotlardan birinin seçilmesi öncelikle susuzlaştırılmış çamurun nihai kullanımına yada depolanacağı yerin özelliklerine bağlıdır. Günümüzde özellikle orta veya büyük ölçekteki tesislerde havasız çamur stabilizasyonu metodu, yan ürün olarak enerji elde edilmesi gibi bir avantajından dolayı ve ayrıca kimyasal ihtiyacı göstermemesi sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Proses seçimi

Stabilizasyon yöntemin seçimindeki en önemli faktörlerden bir çamurun son kullanım veya uzaklaştırma noktasının belirlenmesidir. Geçerli olan yönetmelikler ve standartlar uygulanacak prosesin seçimine, tasarım değerlerine ve tasarımda kullanılacak emniyet faktörlerine ışık tutmaktadır.

Türkiye’de geçerli olan Katı Atık Yönetmeliğine göre, Arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların nihai uzaklaştırma yöntemleri üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar; düzenli depolama alanlarına boşaltım, tarımda yada toprak şartlandırmada kullanım ve sonuncu olarak da yakma tesislerinde uzaklaştırmadır. Bu yöntemlerden birinin seçimi diğerinin seçimine göre daha farklı proseslerin kullanılmasını ve buna bağlı olarak da daha farklı maliyetlerin oluşmasını gerektirir.

Tablo 5.15’de farklı çamur uzaklaştırma yöntemleri için kullanılması gereken çamur arıtma metotları verilmiştir. Arıtma çamurlarının düzenli depolama sahalarına kabul edilebilmesi için sağlaması gereken şartlar ilgili yönetmeliğin 28. maddesinde açıklanmıştır.

Madde 28 Arıtma Çamurunun Evsel Katı Atıklarla Birlikte Depolanması

“Arıtma çamurunun depolanabilmesi için içinde bulunan su oranının %65 olması gerekir.

Ancak, depo yeri işletmecileri, çamurun su oranının daha fazla olması halinde, deponun stabilizesini bozmayacağı, koku problemi ortaya çıkarmayacağı kanaatine varırlarsa, su oranı %75’e kadar olan çamurları kabul edebilirler.”

Tablo 5.15 Çamur Uzaklaştırma Yöntemine Göre Çamur Arıtma Sistemleri

Uzaklaştırma Metodu	Uygulanacak Arıtma Prosesi
Depolama Alanlarında	Yoğunlaştırma ve susuzlaştırma KM>%20
Tarımda Kullanma	Yoğunlaştırma, stabilizasyon, susuzlaştırma KM>%20
Yakma	Yoğunlaştırma, susuzlaştırma KM>%30

Bu bilgiler ışığında Türkiye’deki evsel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları, %35 kuru madde içeriği olacak şekilde susuzlaştırıldıktan sonra çöp depolama sahalarına verilebileceği için stabilizasyon metotlarından en uygunun seçimi için tasarımcılar serbest bırakılmıştır.

Türkiye de geçerli olan yönetmeliklerde, gerekli olan stabilizasyon işleminin verimini gösteren, zaman zaman farklı proseslerin karşılaştırılmasını sağlayan, en önemli iki parametre (çamurun içindeki organik madde miktarı ve patojen organizmaların oranı) ile ilgili bir düzenleme yoktur.

Yönetmeliklerin ve çamurun son uzaklaştırma noktasının özelliklerinin dışında proses seçimi için dikkat edilmesi gereken diğer noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1) Stabilizasyon sisteminin yatırım maliyeti,
- 2) Stabilizasyon sisteminin işletme maliyeti,
- 3) Kullanılabilir arazi durumu,
- 4) İklimsel özellikler,
- 5) Stabilize edilmesi gereken günlük çamur miktarı,
- 6) Diğer çamur işleme sistemleri ile olan ilişki,

Çamur stabilizasyonu için kullanılan yöntemler karşılaştırıldığında birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları Tablo 5.16'da verilmiştir.

Günümüzde kullanılan en yaygın çamur stabilizasyon yöntemi havasız (anaerobik) ortamda yapılan stabilizasyondur. Bu yöntemle çürütülen çamur nispeten stabildir, sistemin yatırım masrafı çok fazla değildir, metan içeren biyogaz üretimi yapması ve bu gazın kullanılarak özellikle büyük tesislerde elektrik ve ısı enerjisi elde edilmesi bu sistemi cazip kılmaktadır.

Özellikle nüfusu 100.000 kişiden az olan ve atıksu debisi 20.000-25.000 m³/gün ve daha düşük debisi olan tesislerde yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem, havadaki oksijenin kullanıldığı stabilizasyon şekli olan aerobik çamur çürütmedir.

Bu yöntemle çürütülen çamur stabil olmakla beraber anaerobik çürütmeye göre kullanılan enerji bakımından bir dezavantaja sahiptir. Buna karşın yatırım maliyeti genellikle anaerobik çürütücülere göre daha düşüktür.

Havasız ortamda çamur çürütme (anaerobik stabilizasyon)

Kapalı bir reaktör içinde anaerobik ortamda, mikroorganizmalar tarafından çamur içindeki organik maddelerin CH₄, CO₂, gibi son ürünlere dönüştürülmesi, bu sırada da çamur hacminde belirgin bir azalma sağlanmasını hedefleyen bir prosestir. Çamur içindeki partiküler maddeler mikroorganizmaların hücre dışına salgıladığı enzimler ile (hidroliz ile) çözünmüş hale getirilirler, daha sonra bu kompleks yapıları çözünmüş organik maddeler oksijensiz ortamda öncelikle kısa zincirli uçucu asitlere ve daha sonra da metan, karbondioksit, vb. ürünlere dönüştürülür (WPCF 1885 No 9).

Tablo 5.16 Çamur Stabilizasyon Sistemlerinin Karşılaştırması (WPCF 1985 No 9).

Çamur Stabilizasyon Prosesi	Seçilen Prosesin Avantajları	Seçilen Prosesin Dezavantajları
Anaerobik Çamur Çürütme Sistemi	Uçucu katı madde giderim verimleri yüksektir (%40-60). Üretilen biyogazın kullanılması durumunda net işletme giderleri düşüktür. Düşük dönüştürme oranı vardır. Patojen organizmaları yüksek bir verimde giderirler.	İşletme için yetmiş personel gereklidir. Köpük oluşumu sebebiyle işletme problemleri rapor edilmiştir. Şok yüklere dayanıklı değildir ve çevresel koşulların değişimine hassastır. Kuvvetli KOI, NH ₃ , AKM içeren üst suyu vardır. Yatırım bedeli yüksektir. Patlayıcı gaz sebebiyle güvenlik düzeyi yüksektir.
Aerobik Çamur Çürütme Sistemi	Özellikle küçük tesislerde düşük yatırım bedeli. Anaerobik çürütücülere göre üst su konsantrasyonları düşüktür. Kolay işletilir ve kontrol edilirler. Çamur kütlesinde azalma sağlarlar.	Anaerobik çürütücülere göre UAKM giderim verimleri düşüktür. pH ve alkalinite azalma yaratırlar. Sıcaklık azaldıkça verim daha da düşer.
Kompost Yapararak Çamur Çürütme	Tarımda kullanılabilen kalitede, satılabilir son ürün sağlar. Düşük yatırım gideri vardır.	Çamurun kuru madde miktarı % 40-60 arasında olmalıdır. Hava beslenmesi veya çamur kütlesinin harmanlanması gerekir.

Tablo 5.16 Çamur Stabilizasyon Sistemlerinin Karşılaştırması devamı (WPCF 1985 No 9) devamı

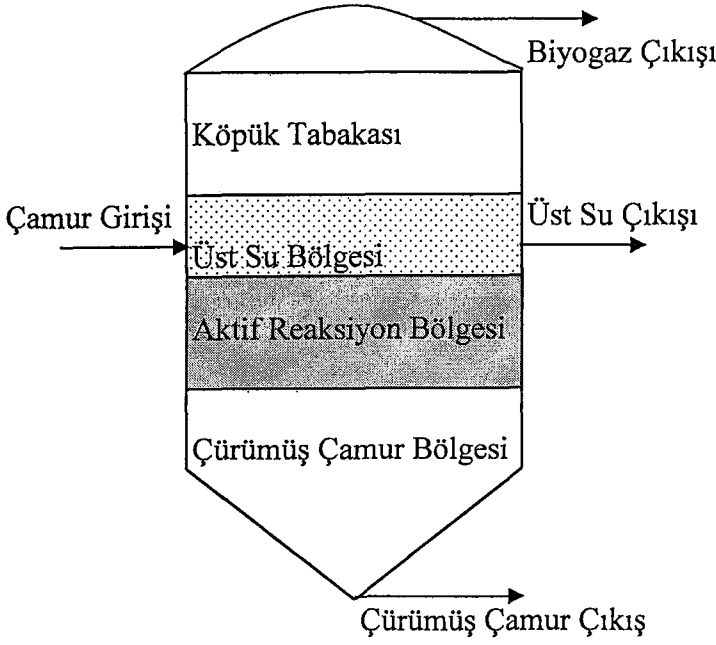
Kompost Yaparak Çamur Çürütme (devam)		Patojen organizmaların toz içerisinde dağılması riski vardır. Koku yaratır. Karbon kaynağına ihtiyaç duyar.Geniş alan ihtiyacı vardır.
Kireçle Çamur Çürütme Sistemi	Düşük yatırım maliyeti vardır. Kolay işletilir.	Bu yöntemle stabilize edilen çamur sadece
	Acil durumlarda veya kısa dönemli uygulamalarda çok başarılı bir yöntemdir.	asidik özellik gösteren alanlarda kullanılabilir. Kimyasal olarak hassas bir sistemdir. Uzaklaştırılacak çamurun katı madde miktarı artar. Buna bağlı olarak depolamanın bedeli düşünüldüğünde gayri ekonomik bir çözümdür. Son depolandığı yerde pH değerinin düşmesiyle birlikte mikroorganizmalar faaliyete geçer ve koku kaynağı oluşturur.

Bu reaksiyonlardan sorumlu olan bakteri gruplarından özellikle metan ve karbondioksit üretimi yapan metan bakterileri pH değerine, sıcaklığa ve bunlar gibi fiziksel şartlardaki değişimlere karşı çok hassastır. Özellikle pH değerinin 6.0 dan küçük olması durumunda faaliyet gösteremezler. Maksimum verimlerini mezofilik aralıkta (30-40 °C) veya termofilik aralıkta (45-60 °C) gösterirler. Son günlerdeki uygulamalar değişim gösterse de anaerobik çamur çürütücüler çoğunlukla mezofilik aralıkta ve 35 °C civarında işletilir. Termofilik aralıkta yaklaşık 50 °C de yapılan işletme uygulamalarından elde edilen çamur susuzlaştırma veriminin mezofilik çürütmeye göre daha iyi olduğunu göstermektedir (Qasım 1999).

Anaerobik çamur çürütücü tipleri

Standart (düşük hızlı) hızlı reaktörler

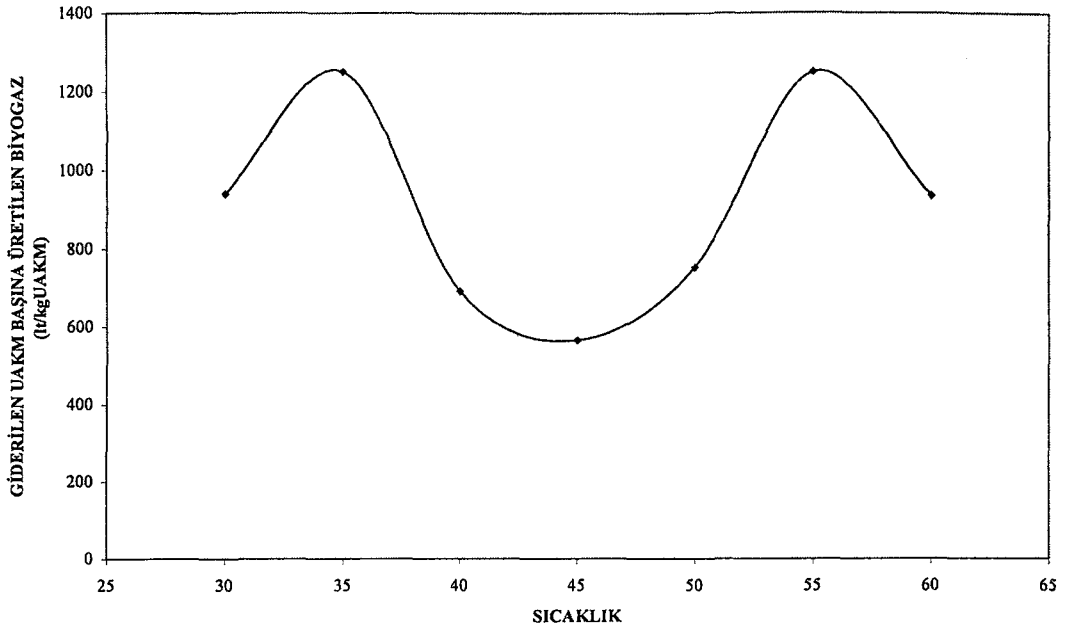
Bu reaktörler çamurun çürütülmesi, yoğunlaştırılması ve üst suyundan ayrılması fonksiyonlarının birlikte sağlandığı tip çürütücülerdir Standart hızda işletilen anaerobik çamur çürütücülerde karıştırma gibi proses verimine önemli katkı sağlayan bir uygulama yoktur. Reaktördeki kütle için karışım sadece oluşan biyogazın tank içinde yükselmesi sırasında meydana gelen hareket tarafından sağlanır. Bu karışım yeterli olmaması ve reaktörün kesikli beslenmesi sebebiyle de reaktör içindeki sıvı temelde dört tabaka oluşturacak şekilde bir faz ayırımına uğrar. Şekil 5.9'da görüldüğü gibi tabanda çürümüş çamur tabakası, bunun üzerinde reaksiyonun gerçekleştiği aktif tabaka, bunun üzerinde arıtma tesisinin başına döndürülen, yüksek miktarda amonyum ve fosfor içeren üst su tabakası ve en üstte ise köpük tabakası vardır. Bu reaktörlerin en karakteristik özelliklerinden biri de reaktöre verilen çamurun kesikli olarak beslenmesidir. Bunun yanında son derece düşük organik yükleme değerlerinin olması (0.64-1.6 kg UAKM/gün), çok uzun bekletme süreleriyle tasarlanmaları (30-60 gün) ve reaktörün ısıtılmasının opsiyonel (bazı uygulamalarda harici ısıtma vardır, bazıları ısıtılmamıştır) olması diğer özellikleri arasında sayılabilir. Bütün bu özelliklerinden dolayı bu tip çürütücüler özellikle 3.000-4.000 m³/gün atıksu arıtılan çok küçük kapasiteli tesislerde uygulama alanı bulur (WPCF 1985 No 9).



Şekil 5.9 Düşük Hızlı Anaerobik Çamur Çürütücü Kesiti (WPCF 1985 No 9)

Yüksek hızlı reaktörler

Yüksek hızlı çürütücülerin en belirgin özellikleri, reaktör içeriğinin bir karıştırma sistemiyle karıştırılarak homojen tutulması, harici bir ısıtma sistemi sayesinde reaktör sıcaklığının sürekli olarak istenilen değerde tutulması, çamurun reaktöre homojen olarak beslenmesi ve en önemlisi yüksek organik madde yüklemesi sayılabilir. Bu reaktörler oluşan biyogazın bir kısmının uygun bir borulama sistemi yardımıyla tekrar reaktöre beslenmesi ile, büyük mikserlerle, reaktör içeriğinin pompalar yardımı ile sirkülasyonunun sağlanması yöntemlerinden biriyle sürekli olarak karıştırılır. Anaerobik çamuru çürütücülerin ısıtılması reaksiyon verimi ve buna bağlı olarak gaz üretimi üzerinde büyük artış meydana gelir. Şekil 5.10'da görüldüğü gibi reaktör sıcaklığı ile giderilen organik maddeden sağlanan biyogaz üretimi arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Şekilde verilen değerler laboratuvar ortamında belirli cins çamur için ölçülmüş değerler olup farklı özellikteki çamurlarda elde edilebilecek biyogaz miktarı değişebilir. Ancak biyogaz üretim verimi ile sıcaklık arasındaki ilişki her tür çamur için aynı olacaktır. Buradan da görüldüğü gibi maksimum gaz üretimi mezofilik şartlar altında 35°C için, termofilik şartlar altında ise 55°C için sağlanmaktadır (WPCF 1985 No 9).



Şekil 5.10 Anaerobik Çamur Çürütmede Sıcaklığın Biyogaz Üretimine Etkisi (WPCF 1985 No 9).

Reaktörlerin karıştırılması hem çamurun homojenizasyonunun sağlanmasına, aktif biyokütle ile süstratın daha iyi temasına, reaktörde köpük ve yüzücü madde birikiminin olmamasına, tüm reaktör hacminin faydalı olarak kullanılmasına ve reaktörde sıcaklık, pH tabakalaşmasının olmamasına yardımcı olur.

İki kademeli yüksek hızlı reaktörler

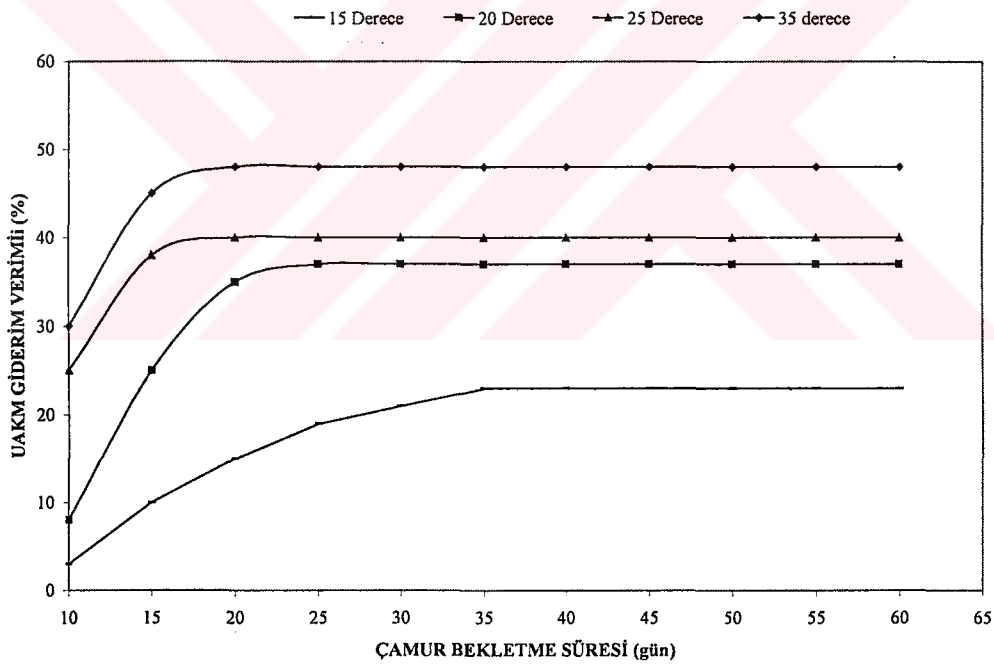
İki kademeli çürütme hızlı çürütücülerin modifiye edilmiş bir şekli olup çürütme ve katı/sıvı ayrımı fonksiyonlarının farklı iki reaktörde yapılmasıdır. Birinci tankta anaerobik çürütme gerçekleşir, ikinci reaktörde ise çürütülmüş çamurun faz ayrımı sağlanarak üst suyun arıtmanın başına döndürülmesi, çürütülmüş çamurun diğer proses adımı için transferi sağlanır. Tablo 5.17’de Düşük ve yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücülerin tasarım kriterleri verilmiştir

Tablo 5.17 Düşük ve yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücülerin tasarım kriterleri (WPCF 1985 No 9).

Parametre	Düşük Hızlı	Yüksek Hızlı
Çamur Bekletme Süresi (gün)	30-60	10-20
Organik Yük (kgUAKM/m ³)	0.64-1.60	2.40-6.41
Ön Çöktürme Çamuru m ³ /kişi	0.03-0.04	0.02-0.03
Ön Çöktürme + Biyolojik Fazla Çamur m ³ /kişi	0.06-0.08	0.02-0.04

Stabilizasyon kriterleri

Anaerobik çürütücüler, ham çamurun içindeki organik maddenin giderilmesini ve çamur hacminde azalma sağlanmasını ve çamurun stabilize edilmesi için kullanılırlar. Normal koşullar altında işletilen tipik bir yüksek hızlı çürütücüde giriş çamuru içindeki uçucu kısmın ağırlıkça %40-60 bölümü giderilir. Giderilen kısım reaktördeki çamur bekletme süresinin ve işletme sıcaklığın bir fonksiyonudur. Şekil 5.11'den de görüldüğü gibi 35 °C de işletilen bir reaktördeki UAKM giderim verimi artan çamur bekletme süresiyle artmakta ancak belirli bir noktadan sonra artış sabit kalmaktadır. Optimum tasarımın yapılabilmesi için işletme sıcaklığı ve çamur özelliklerine göre çamur bekletme süresi seçilmelidir. Şekil 5.11 laboratuarda işletilmiş bir pilot tesisin değerlerini yansıtmakta olup aynı oranda UAKM giderim verimlerinin hedeflendiği reel uygulamalarda tasarım yapılırken çamur bekletme süreleri arttırılmalıdır.



Şekil 5.11 Giderilen UAKM'nin Sıcaklıkla ve Bekletme Süresiyle Değişimi (WPCF 1985 No 9)

Anaerobik çürütme sırasında oluşan biyogaz miktarının reaktörün verimliliği açısından bir gösterge olduğu belirlmişti.

Üretilen gaz miktarı giderilen organik maddenin kompozisyonuna da bağlıdır. Tablo 5.18’de çeşitli organik maddelerin havasız ortamda çürütülmesiyle oluşacak biyogaz miktarı, Tablo 5.19 da ise reaktörden kaynaklanan üst suyun kompozisyonu verilmektedir. Bununla beraber evsel nitelikli atıksu arıtma tesisi çamurlarının çürütülmesi sırasında oluşacak biyogaz miktarı için 0.9-1.1 m³/kg UAKM aralığı kullanılabilir (WPCF 1985 No 9). Reaktörden üretilen biyogazın kompozisyonu da önemlidir. Metan ve karbondioksit biyogaz içindeki en önemli iki gaz olup bunların yanında eser miktarda azot, hidrojen, hidrojen sülfür de bulunmaktadır.

Normal koşullar altında çalışan bir çürütücüden çıkan biyogazın hacimce %65-70 lik kısmı CH₄, %30-35 lik kısmı CO₂ olmaktadır (WPCF 1985 No 9). H₂S konsantrasyonu arttıkça sistemdeki korozyon artacağı için ham atıksudaki SO₄, diğer S türevlerinin konsantrasyonuna bağlı olarak, çamur içine demir tuzları dozlanarak anaerobik reaktördeki H₂S oluşumu önlenabilir. Normal kompozisyonundaki biyogazın kalorifik değeri 19-26 Mj/m³ arasında değişmekte olup ortalama bir değer olarak 24 Mj/m³ kullanılabilir (WPCF 1985 No 9).

Anaerobik çamur stabilizasyonunun ekonomik olabilmesi için atıksu arıtma tesisinin belirli bir büyüklükte olması ve çürütülecek çamurun %50 den daha az organik madde içermemesi havasız çamur çürütmenin optimizasyonu için uygun olduğu söylenebilir (WPCF 1985 No 9)

Tablo 5.18 Giderilen Organik Madde Başına Oluşan Biyogaz (WPCF 1985 No 9)

Organik Madde Cinsi	m ³ /kg	Metan İçeriği %
Yağ	1.2-1.6	62-72
Yağ İçeren Köpük	0.9-1.0	70-75
Gres	1.1	68
Ham Lif	0.8	45-50
Protein	0.7	73

Tablo 5.19 Anaerobik Çamur Çürütme sisteminden Kaynaklanan Üst suyunun Karakterizasyonu (WPCF 1985 No 9)

Parametre	Ön Çöktürme Çamuru		Ön Çöktürme ve Damlatmalı Filtre		Ön Çöktürme ve Aktif Çamur	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
	mg/lt	mg/lt	mg/lt	mg/lt	mg/lt	mg/lt
Toplam Katı Madde	-	9.400	-	1.475	-	2.160
Uçucu Katı Madde	-	4.900	-	-	814	983
Askıda Katı Madde	660	5.000	100	7.772	100	4.500
BOI	200	1.880	135	6.000	100	2.700
KOI	-	-	2.230	4.565	200	1.400
Toplam PO ₄	-	-	85	145	63	100
NH ₃ N	-	-	-	853	253	559
Organik N	-	-	291	678	53	560
pH	-	8.0	-	7.2	7.0	7.8
Alkalinite CaCO ₃ olarak	-	-	2.555	3.780	1.349	1.434
Fenol	-	0.23	--	0.50	-	1.0

Aerobik stabilizasyon

Aerobik çamur stabilizasyonu, atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların, çözünmüş oksijenin bulunduğu ortamda faaliyet gösteren organizmaların çamur içindeki organik maddeleri kullanması sonucunda çoğalması ve böylece çamurun içindeki organik madde miktarını azalmasıdır. Burada gerçekleşen biyolojik reaksiyonlar aktif çamur prosesinde oluşanlardan farklı olarak daha çok uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesine benzer.

Ortamda çoğalmanın gerçekleşmesi için kullanılan sübstrat stabilizasyonu sağlanacak olan çamurun organik kısmıdır. Aerobik stabilizasyonda organik madde içsel solunum süreciyle elde edilir. İçsel solunum aerobik organizmaların enerji elde etmek ve çoğalmak için kullanılabilir organik madde bulamadıkları durumlarda kendi hücreleri içindeki protoplazmayı kullanmaya başlamasıdır. Aerobik çürütme prosesi boyunca hücre içeriği oksijen yardımıyla, karbondioksit, anonyum, nitrat ve suya dönüştürülür. Bu prosesin egzotermik bir işlem olması sonucunda reaksiyon sürecince ısı enerjisi açığa çıkar. Reaksiyon toplam organik madde miktarını yaklaşık %75-80 lik kısmı tamamlanincaya kadar sürer. Çünkü kalan %20-25 lik kısım hücrenin biyolojik olarak ayrışamayan bölümüdür. Bu kısım son derece düşük organik madde içermesi sebebiyle düşük enerji seviyesinde olan stabil haldeki çamur olup, çamur susuzlaştırma ve nihai depolama uygulamalarının hepsi için uygundur.

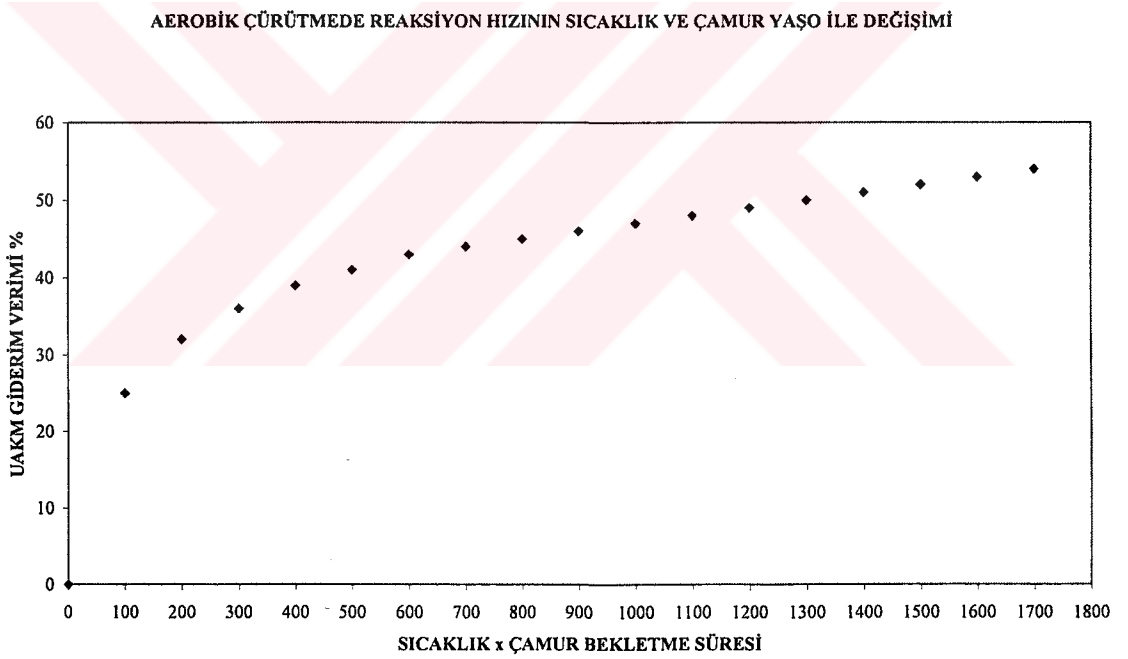
Aerobik çamur stabilizasyonu anaerobik çamur stabilizasyonu ile karşılaştırıldığında iki metodun avantaj ve dezavantajları için önemli olan göstergeler aşağıdaki gibi listelenebilir (WPCF 1985 No 9).

Stabil son ürünlerin oluşturulması, biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin giderilmesi, patojen organizmaların giderilmesi, çamurun kütlesinin ve hacminin azaltılması ve çamur susuzlaştırma prosesi için uygunluğun sağlanması.

Aerobik stabilizasyonun anaerobik çamur stabilizasyonuna göre olan avantajı, çamurun stabilizasyonu için gerekli olan şartların daha düşük bir yatırım ile, daha kolay işletilebilen bir prosesle ve daha yüksek bir verimle sağlanabilmesi, koku probleminin olmaması, tesis başına geri döndürülen üst suyun kalitesinin (BOI, KOI, AKM, TP ve TKN konsantrasyonları daha düşüktür) daha iyi olmasıdır.

Buna karşın yüksek işletme gideri (elektrik enerjisi ihtiyacı), metan gibi kullanılabilir bir yan ürün meydana getirememesi ve özellikle soğuk iklimlerde veriminin düşük olması sayılabilir. Şekil 5.12’de reaksiyon hızının sıcaklıkla değişimi verilmiştir.

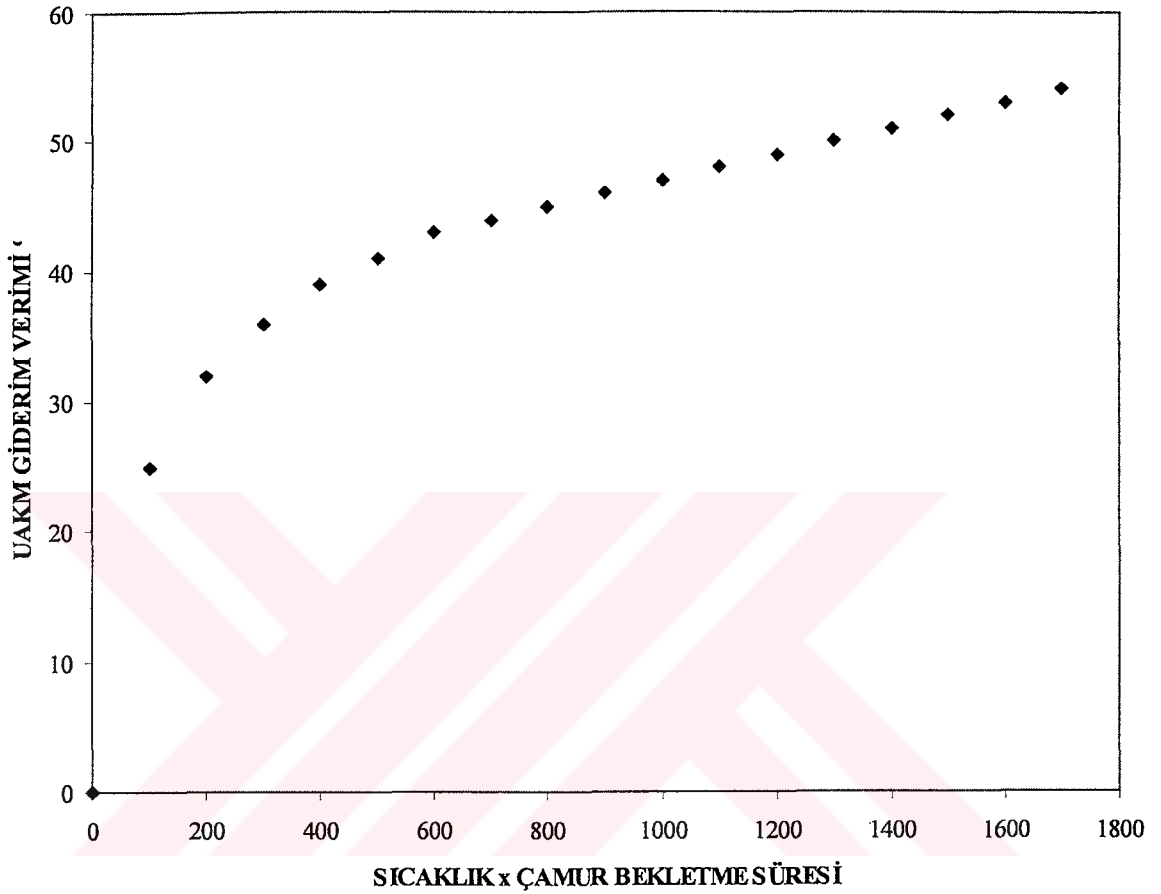
Oksijen transferi için gerekli olan yüksek enerji giderlerinin azaltılması için daha verimli çalışan havalandırma sistemlerinin kullanılması ile belirli bir gelişme kaydedilmiş olmasına rağmen bu dezavantajı hala sürmektedir. Çamur içindeki organik madde üzerinde varılan bu giderim EPA’nın çamur stabilizasyonu için tanımlanmış olduğu kuralları yerine getirmektedir (WPCF 1985 No 9). Çamurun stabilize olduğunun kabul edilebilmesi için yerine getirilmesi gereken şartlar, sadece organik madde içeriğinde belirli bir giderim sağlanması ile sınırlı olmayıp, aynı zamanda stabilize olmuş çamurun son uzaklaştırıldığı noktada koku yaratmaması, susuzlaştırma proseslerinde istenilen verime ulaşılmasının sağlanması ve patojen organizmaların giderimi üzerinde de etkili olmasıdır.



Şekil 5.12 Aerobik Stabilizasyonda Reaksiyon Hızının Sıcaklıkla Değişimi (WPCF 1985 No 9).

Aerobik çamur çürütme için gerekli olan bekletme süresi genellikle UAKM üzerinde %40-45 lik bir azalmanın sağlanacağı kadar olmalıdır. Bunun sağlanması için 20 °C de 10-12 günlük bir bekletme süresinin yeterlidir. Eğer ön çöktürme çamurunun da ilave edilmesi söz konusu ise bu süre daha da uzatılmalıdır (WPCF 1985 No 9).

Sıcaklığa ve çamur bekletme süresine karşın UAKM giderim oranı şekil 5.13’de verilmiştir. Burada çamur bekletme süresi ile çamurun sıcaklığının çarpılması doğru orantılı olan farklı iki parametrenin aynı anda UAKM giderim verimi üzerindeki etkisinin görülmesi için kullanılmıştır.



Şekil 5.13 UAKM Giderimi Üzerine Sıcaklık-Çamur Bekletme Süresinin Etkisi (WPCF 1985 No 9)

Sıcaklığın ve çamur bekletme süresinin etkisinden başka tasarım için önemli olan diğer parametreler ve önerilen tasarım değerleri Tablo 5.20’de verilmiştir.

Burada belirli bir aralık etrafında verilen değerler diğer fiziksel koşullarında tasarımcılar tarafından dikkate alınması ile kullanıldığında istenilen sonuca varılmaktadır.

Tablo 5.20 Aerobik Çamur Stabilizasyon Tasarım Parametreleri (WPCF 1985 No 9)

Parametre	Aralık
Hidrolik Bekleteme Süresi	
Biyolojik Fazla Çamur, gün	10-15
Ön Çöktürmesiz Aktif Çamur, gün	12-18
Ön Çöktürme ve Biyolojik Fazla Çamur, gün	15-20
UAKM Yükleme, $\text{kg/m}^3\text{-gün}$	1.6-4.8
Giderilen UAKM için Gerekli Oksijen, $\text{kgO}_2/\text{kgUAKM}$	2.3
Karışım İçin Gerekli Enerji	
Yüzeysel Havalandırıcı İle Karışım watt/m^3	20-40
Hava İle Karışım $\text{lt/m}^3\text{-sn}$	0.33-0.67
Çürütücüdeki Çözülmüş Oksijen Konsantrasyonu mg/lt	2
UAKM Giderim Verimi, %	40-50

Kimyasal stabilizasyon (kireçle stabilizasyon)

Biyolojik metotların yanında kimyasal maddelerin katkısı ile çamurların stabilizasyonu konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla klor ve kireç gibi iki önemli kimyasal madde araştırılmış ancak klor yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır. Günümüzde klorun organik maddeler ile temasının sonunda klorlanmış organikler olarak adlandırılan ve tehlikeli atık sınıfına giren bileşiklerin varlığı klorun kullanımını mümkün kılmamaktadır. Buna karşın kirecin kullanımı, en ucuza alınabilen alkali malzeme olmasında dolayı oldukça yaygındır. Kireç atıksu arıtma sistemlerinde sadece çamurun stabilizasyonu için değil aynı zamanda, pH ayarlanması, çamur susuzlaştırmada şartlandırıcı olması ve fosfor çökeltmesi içinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kireçle stabilizasyonun yaygın olarak kullanıldığı tesislerin kapasitesi $125.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ ile sınırlıdır. Bundan daha büyük kapasiteli arıtma tesislerinde kirecin kullanımı (özel durumlar dışında) ekonomik olarak optimum çözüm sağlamamaktadır (WPCF 1985 No 9). Çoğunlukla kireçle stabilize edilmiş olan çamur araziye serilerek çamurun nihai uzaklaştırma işlemi tamamlanır.

Kireç uygulaması;

- 1) Çamur kekinin depolanması için büyük arazi imkanlarına sahip olan bölgelerdeki küçük kapasiteli atıksu arıtma tesislerinde,
- 2) Susuzlaştırılmış çamurlarını son uzaklaştırma noktasına aktarmada teknik veya ekonomik engel olmayan küçük kapasiteli atıksu arıtma tesislerinde.
- 3) Sezonluk kapasite değişimi olan arıtma tesislerinin pik sezonlarında
- 4) Geçici olarak ara dönemlerde çamur stabilizasyonuna ihtiyacı olan atıksu arıtma tesislerinde ekonomik anlamda uygun olarak yapılabilir.

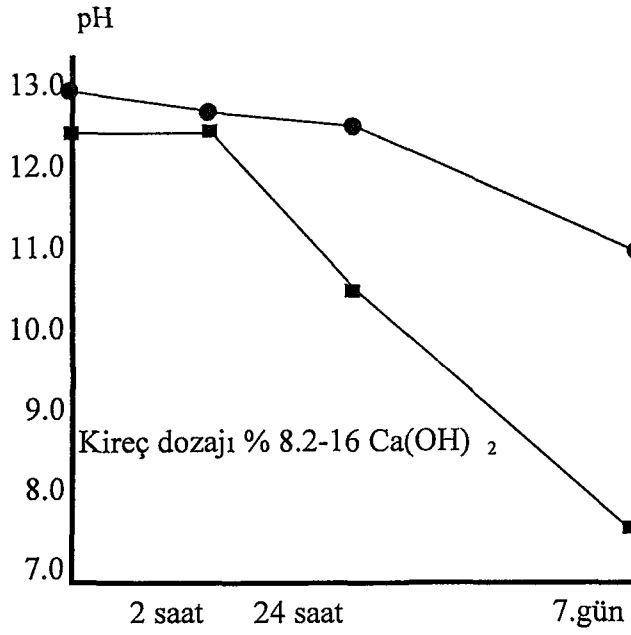
Demir, alüminyum veya polielektrolit yanında çamur içine kireç dozlanmasıyla çamurun susuzlaştırma öncesinde şartlandırılmasının yanı sıra stabilize edilmesi de sağlamış olur (birincil stabilizasyon). Diğer yandan susuzlaştırılmış çamur üzerine eklenen ve çamur keki ile karıştırılan kireç, çamurun kuru madde miktarını arttırdığı gibi ayrıca çamurun şartlandırılmasında da kullanılır (ikincil stabilizasyon).

Kireçle çamur stabilizasyonunun standart uygulaması, sıvı haldeki çamur üzerine kirecin eklenmesi sonucunda ortamın pH'nın 12 veya daha büyük bir değere getirilmesi ve minimum 2 saat boyunca bu pH değerinin korunmasıyla yapılır. Stabilizasyon amacıyla çamura ilave edilen kirecin yanında alüminyum yada demir tuzları gibi başka kimyasal maddelerin ilave edilmemesi durumunda (sadece kireç dozlaması) çamurun şartlandırılması tam olarak yapılamaz ve susuzlaştırma prosesinden istenilen verim alınamayabilir (WPCF 1985 No 9). Bu nedenle uzun vadeli uygulamalarda demir, alüminyum veya polielektrolit dozlaması olmaksızın yapılan kireç dozlamasının ekonomik olmadığı tespit edilmiştir. Kireçle stabilize edilmiş çamurun tarımsal alanlardaki uygulamalarında bazı avantajlar bulunmaktadır. Bunlardan birincisi azot bakımından zengin bir çamurun toprağa ihtiyacı olan nütriенти vermesi diğeri ise özellikle asidik toprakların kirecin alkali malzeme olması sayesinde kalitesinin düzeltilmesidir.

Kireçle stabilize edilmiş çamuru süzülebilirliği, demir, alüminyum tuzlarının veya polielektrolitin de kireçle birlikte şartlandırıcı olarak kullanılması ile artış gösterir. Çamurun suyunu bırakabilmesi çamurun özelliğine de yakından bağlıdır.

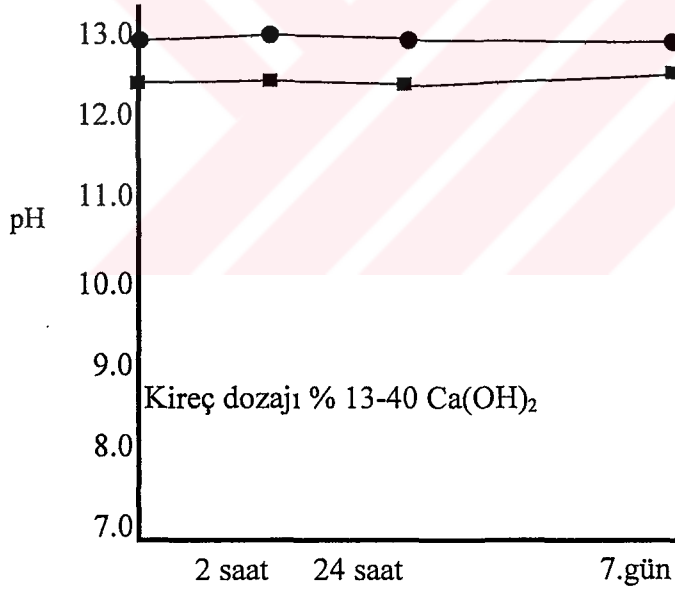
Kireçle stabilizasyon uygulamasının diğer stabilizasyon yöntemlerine göre önemli bir dezavantajı, çamur içindeki organik maddelerin kireç dozlaması sonucunda giderilmeden çamur içinde kalmasıdır. Bunun sonucu olarak çamurun depolandığı yerde ortam pH'sının 12 den daha düşük değerlere ulaşması durumunda, mevcut organik maddeler kalan organizmalar tarafından parçalanarak ortaya istenmeyen kokuların çıkması olasıdır. Bu reaksiyon sonrasında patojen organizmaların yeniden çoğalması söz konusu olacaktır. Bu da kokunun yanında diğer önemli dezavantajdır. Bu uygulamanın diğer önemli eksiği, aerobik veya anaerobik çamur çürütme uygulamalarında sisteme beslenen çamur kütlesinde ciddi azalmaların sağlanmasının yanında kireçle stabilizasyonda aksine bir durum gerçekleşerek çamur kütlesinde önemli bir artış gözlenir. Bunun net sonucu taşıma ve uzaklaştırma maliyetlerinde diğer metotlara göre önemli bir farkın geleceğidir.

Kireçle stabilizasyon uygulamasının tasarımı için gerekli olan parametreler sadece bekletme süresi ve pH'nın 12 ye ulaşması için gerekli olan kireç dozlamasıdır (Qasım 1999). Temas süresi ve pH patojen organizmaların parçalanması veya inhibe edilmesi için birlikte düşünülmesi gereken iki parametredir. Uygulanacak kireç dozlaması, çamurun depolandığı yerde pH'nın azalması ile inhibisyona uğramış patojenlerin çamur içinde tekrar aktive olmasını engelleyecek kadar yüksek olması gerekir. Bu da ancak çamurun alkalinitesinin yapılacak kireç dozlaması ile yeterli düzeye çekilmesi ile sağlanır. Böylece pH'nın azalması ve mikroorganizmaların yeniden aktif hale gelmesi önlenmiş olur. Çamurların depolandığı yerdeki pH azalması atmosferdeki karbondioksit gazının su içinde çözülmesi sonucunda ortaya çıkan zayıf bir asidin, çamur içindeki alkaliniteyi tüketmesiyle başlar. Daha sonra alkalinite mikroorganizmaların faaliyet gösterebileceği değere gelince, bakteri faaliyetleri sonucunda oluşan organik asitler (anaerobik çürütmede olduğu gibi) karbonik aside ek olarak alkalinite tüketirler ve pH değeri zamanla azalır. pH değerindeki azalmanın zamana göre değişimi şekil 5.14'de verilmiştir. Buradaki uygulama çamur ağırlığının % 8.2-16 arasındaki Ca(OH)_2 formundaki kireç dozlamaları için zamana karşı pH ölçümleri yapılarak başlangıçtan 7. gün boyunca yapılmıştır. Bu grafikten de anlaşıldığı gibi kuru maddenin %16'sı kadarlık kireç dozajı yapıldığında pH değerindeki azalma %8 i kadarlık kireç dozlamasına göre çok daha azdır (WPCF 1985 No 9).



Şekil 5.14 pH'nın zamana göre azalması (WPCF 1985 No 9)

Şekil 5.15'de ise çamur keki üzerine verilmiş daha yüksek dozajdaki kirecin (ikincil stabilizasyon) kekin pH değerindeki değişimi üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 5.15 İkincil stabilizasyonda kireç dozajının pH üzerindeki zamana bağlı etkisi (WPCF 1985 No 9)

Buradan da anlaşıldığı gibi ikincil stabilizasyonda artan kireç dozajı ile pH daha kararlı olarak yüksek değerlerde kalmaktadır.

Tasarımda önemli olan parametrelerden biri olan dozlanacak kireç miktarı da çamurun özelliğine yakından bağlıdır. Ön çöktürme çamuru veya biyolojik fazla çamur yada karışık çamurun stabilizasyonu için gereken kireç dozajları farklı olup Tablo 5.21’de bu çamur tipleri için gerekli dozaj miktarları verilmiştir (WPCF 1985 No 9). Ayrıca çamur içindeki organik ve inorganik madde oranları da gerekli dozajın saptanmasında rol oynar. Son olarak çamurun katı madde miktarı dozajın saptanması için ele alınmalıdır. Genel olarak çamurun birim ağırlığı başına verilecek olan kireç miktarı seçildikten sonra bu değer uygulamada farklılık göstermese de çamurun katı madde miktarı azaldıkça dozlanması gereken kireç miktarında da artış gözlenir. Çünkü çamurun içindeki suyun pH’sını 12 veya daha büyük bir değere getirmek için dozlanması gereken kireç miktarı ortalama olarak 1.0 gr/lt dir. Bu nedenle su içeriği fazla olan çamura daha fazla kireç dozlanması gereklidir.

Gerekli kireç miktarının ne kadar olacağının tespiti için önerilen en sağlıklı yol laboratuvar testinin yapılmasıdır. Çünkü düşünülmeyen tüm faktörler hesaba katılmış olur.

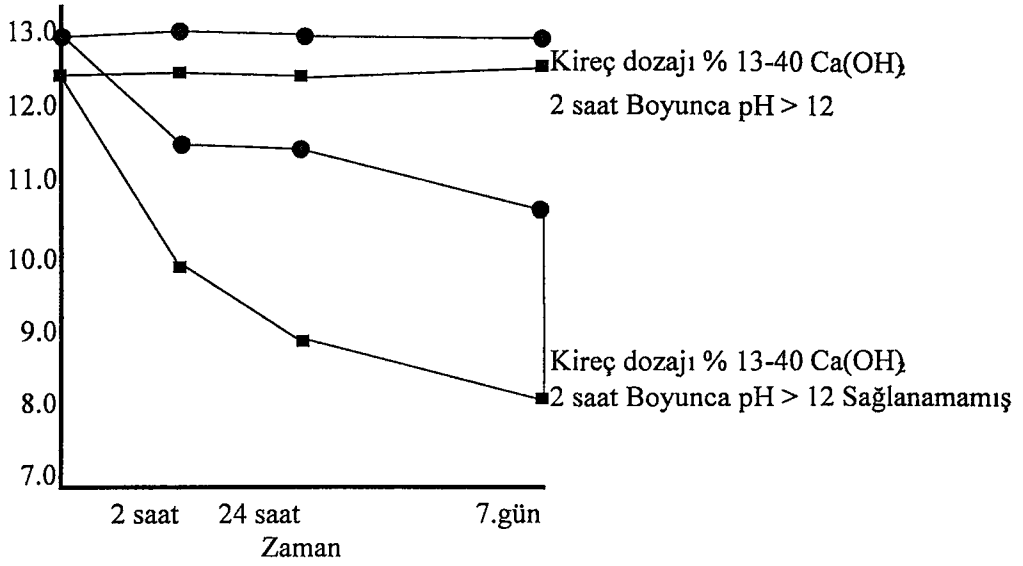
Tablo 5.21 Çeşitli Çamurlar İçin pH 12 Değerine Ulaşıp Minimum 30 Dakika Bu Değerde Kalınması İçin Gerekli Kireç Dozajı (WPCF 1985 No 9)

Çamur Tipi	Çamurun Kuru Maddesi		Birim Kireç Dozajı	
	%		Kg Ca(OH) ₂ /kg kuru madde	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Ön Çöktürme Çamuru	3-6	4.3	0.06-0.17	0.12
Fazla Aktif Çamur	1-1.5	1.3	0.21-0.43	0.30
Çürütülmüş Çamur*	6-7	5.5	0.14-0.25	0.19
Septik Çamur	1-4.5	2.7	0.09-0.51	0.20

* Anaerobik olarak çürütülmüş çamur.

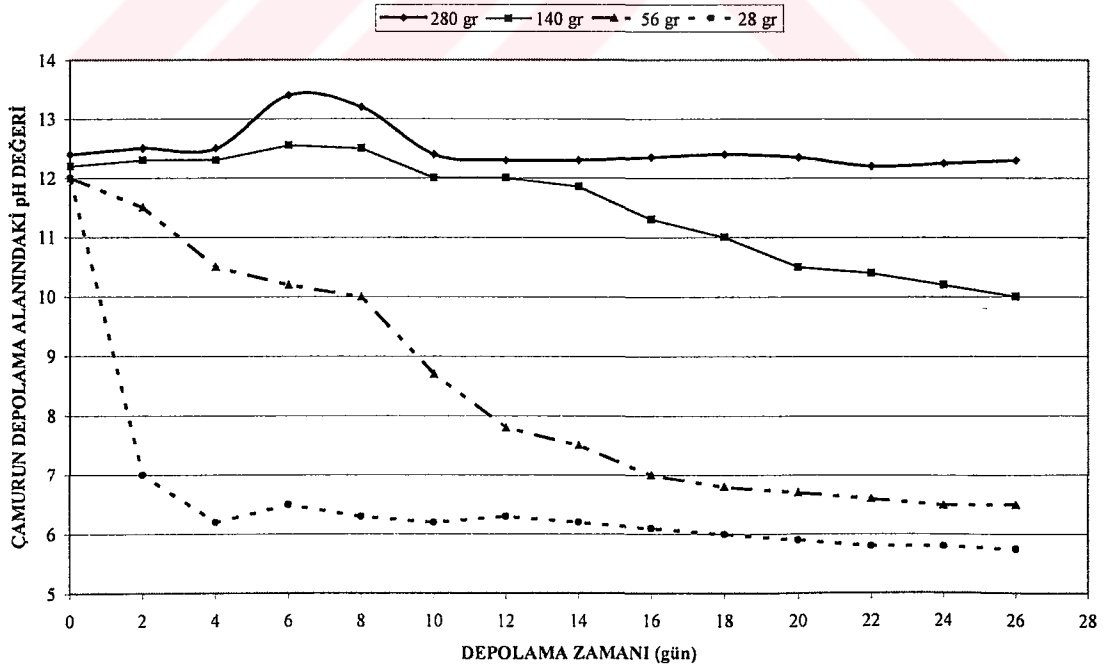
Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’den görüldüğü gibi düşük kireç dozajlarında pH’nın 12 den daha küçük değerlere düşmesi çok kısa zaman içinde olmaktadır. Diğer yandan yeteri kadar yüksek dozajlarda ise pH 12 değerinde daha uzun süreler kalabilmektedir. Şekil 5.16 da ise pH’nın 2 saat ve daha az süre ile 12 den büyük tutulması durumunda pH’nın azalma sürecine etkisi görülmektedir.

pH



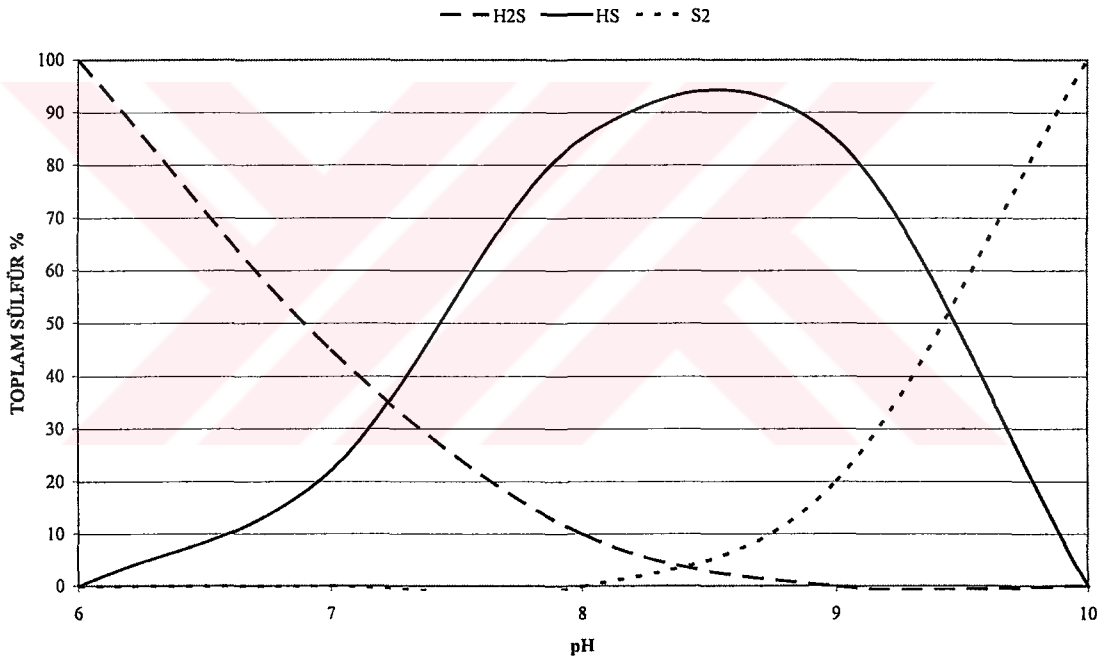
Şekil 5.16 pH=12 de tutulma süresinin pH'nın azalması etkisi (WPCF 1985 No 9)

Şekil 5.17'de ise daha detaylı bir çalışmanın sonucu olarak çamurun kireçle stabilize edilmesinden sonra, depolandığı yerde zamana bağlı olarak pH değerindeki azalması verilmektedir.



Şekil 5.17 Depolama Sahasında Çamurun Zamana Bağlı pH Değişimi(WPCF 1985 No 9)

pH değerinin 12'nin üzerine çıkarılması ve yeterli süre beklenmesi durumunda patojen mikroorganizmaların gideriminde yaklaşık %99 luk bir verim alınmaktadır. Ancak yüksek pH değerinde 24 saatlik bekletme süresinin sonunda dahi yaşamsal fonksiyonlarını sürdürebilen bazı türlere rastlanmıştır. Bunlar *Ascaris Ova*, *Amoebic cysts* vb. (WPCF 1985 No 9) Kireçle stabilizasyonun diğer önemli sonucu koku kaynağı olan bazı maddeler üzerindeki etkisidir. Özellikle kirecin çamura karışımının hava ile yapıldığı sistemlerde amonyağın yüksek pH değerlerinde ortaya çıkan kokusu havanın yardımıyla çamur içinden sıyrılır. Sıyırma işlemi sırasında oluşan bu koku amonyak çıkışının tamamlanması ile biter. Diğer önemli koku kaynaklarından biri olan H_2S ise pH'nın 9'un üzerine çıkması ile Şekil 5.18'de görüldüğü gibi H_2S içindeki S^{-2} uçucu olmayan iyonize forma dönüşür ve koku kaynağı olarak dikkate alınmaz.



Şekil 5.18 Sulfür Formasyonlarının pH ile Değişimi (WPCF 1985 No 9)

Kireçle yapılan stabilizasyonun genel sonuçları özetlendiğinde;

- 1) Kireç ilavesinden dolayı oluşan seyrelme etkisi ile UAKM konsantrasyonunda %10-35 arasında azalma görülebilir.
- 2) Toplam AKM konsantrasyonunda artış meydana gelir. Bunun sebebi sadece ilave edilen kireç değil aynı zamanda çözünmüş bazı maddelerin kireç ile birlikte çökebilir bileşikler oluşturmasıdır.

- 3) Çözünmüş fosfor konsantrasyonunda azalma meydana gelir. Ortofosfatlar kalsiyum ile reaksiyona girer ve çökelirler.
- 4) Eğer kireç ilavesinden sonra şiddetli karışım sağlanmaz ise azot konsantrasyonunda önemsenmeyecek bir azalma sağlanır.
- 5) Toplam alkalinite de artış sağlanır.

Kompostlama

Kompostlama uzun yıllar boyunca atıksu arıtma tesisi çamur keklerinin, kokusuz ve stabil bir toprak hale getirilmesi için kullanılmış bir yöntemdir. Çamur içindeki organik maddelerin giderilmesi ile birlikte ortam sıcaklığı pastörizasyon için uygun olan 60-70 °C kadar ulaşır ve böylece çamur içindeki patojen organizmalar da giderilmiş olur. Böylece uygun bir kompostlaştırma sürecinden geçmiş olan atıksu arıtma tesisi çamurları toprak şartlandırıcı olarak kullanılabilir. Kompostlaştırma işleminden üç sonuç elde edilmektedir. Bunlardan birincisi çamur içindeki organik maddenin giderilmesidir, ikincisi reaksiyon sırasında artan sıcaklık sebebiyle patojen organizmaların giderilmesi ve sonuncusu ise buharlaşma ve uçucu maddelerin giderimi sayesinde çamur hacminde azalma sağlanmasıdır. Kompostlaştırma işlemi iki metotla yapılabilmektedir. Bunlar aerobik veya anaerobik yöntemlerdir.

Çoğunlukla aerobik yöntemin tercih edilmesinin nedenleri, kompostlaştırma işlemi daha kısa zamanda sonuçlanmakta, reaksiyon sırasında daha yüksek sıcaklıklara ulaşmakta ve buna bağlı olarak daha büyük verimde patojen organizma giderilmekte ve işlemler sırasında koku oluşmamaktadır.

Kompostlaştırmada kullanılan prosesler

Kompostlaştırmada kullanılan prosesler, ortamdaki aerobik koşulların sağlanması için uygulanan metotlara göre ayrılabilir. Bunlardan birinde sistemdeki materyal mekanik olarak alt üst edilir (çamur yığını hareket ettirilerek karıştırılır). Bu işlem sırasında çamurun dış yüzeyindeki soğuk çamur tabakası periyodik olarak uygulanan döndürme işlemi sonrasında, iç kısımlardaki yüksek sıcaklıklı malzeme ile karşılaştığında patojenlerin giderimi sağlanır. Daha sonra iç kısımda gerçekleşen reaksiyon sonucunda sıcaklık tekrar yükselir.

Bu karıştırma işlemi boyunca çamurun hava ile teması sağlanarak aerobik şartlar belirli sayıda yapılan alt üst etme işleminden sonra çamurun tamamındaki patojenler giderildiği gibi çamur içindeki organik maddeler de tüketilmiş olduğundan stabilizasyon tamamlanmış olur.

Uygulama bulan diğer metotta ise, blower ile üretilmiş ve yönlendirilmiş hava akımının yığının içinden geçirilmesiyle aerobik şartlar sağlanırken buna paralel olarak çamur yığının hareket ettirilir.

Kompostlaştırılacak çamurun homojen olması son derece önem taşımaktadır. Kısmi olarak susuzlaştırılarak %15-25 kuru madde içeriği olacak şekle getirilmiş çamurun içine, porozitenin istenilen seviyede tutulabilmesi için katkı maddeleri veya kompostlaştırılmış çamurun bir kısmı ilave edilir (WPCF 1985 No 9). Ayrıca mikrobiyolojik yaşam için gerekli nütrientlerin eksikliği varsa bunlarda tamamlanır. Bunların sağlanmasıyla kompostun içine homojen olarak yayılmış olan çamur kokusuz bir proses ve daha yüksek verim sağlanması anlamına gelir. Kompostlaştırma işlemi sırasında çamurdan kaynaklanan sızıntı suyunun bir kısmı gerekli rutubetin sağlanması için komposto yığınının üzerine geri döndürülür. Bazı uygulamalarda da kompostun kendisi geri döndürülür.

Kompostlaştırma verimine etkiyen faktörler

Rutubet

Ortamdaki rutubet Kompostlaştırma işleminden sorumlu olan mikroorganizmaların aktivitesine etki eder. Ortam rutubetinin % 40'ın altında olduğu durumlarda aktivite azalmaktadır. Bazı araştırmalar bu değer için alt limiti % 30 olarak vermektedir (Finsten M.S, 1980). Rutubetin % 60'ın üzerinde olması aerobik ortamın sağlanması için hayati önem taşıyan hava boşluklarının kapanmasına yol açar. Böylece ortam aerobik şartlardan anaerobik şartlara kayar. Böylece rutubet miktarındaki değişim ile ortamda baskın olan mikroorganizma türleri değişimine bağlı olarak Kompostlaştırma verimi değiştiği gibi koku oluşması da gündeme gelir. Kompostlanacak çamurun ve kompostun rutubet içeriği ayrıca taşınmasına ve ilave susuzlaştırma prosesine ihtiyaç olup olmayacağına da etkili olmaktadır (WPCF 1985 No 9).

Sıcaklık

Kompostlaştırma üzerinde de sıcaklığın etkisi diğer biyolojik süreçlerde olduğu gibi büyük öneme sahiptir. Artan sıcaklık ile organik maddelerin bozunması daha yüksek verimle gerçekleşmektedir. Termofilik reaksiyonun optimum çalışma sıcaklığı olan 55-60°C olduğu Kompostlaştırma sürecinde 60°C'ın aşılması durumunda mikroorganizmaların aktiviteleri önemli ölçüde azalmaktadır (Finsten, M.S, ve diğ. 1987). Sıcaklık çamur içindeki uçucu organik maddelerin açığa çıkması için de önemli olmaktadır. Kompostlaştırma işlemi boyunca sıcaklığın kontrol altında tutulmasının en kolay yolu reaktöre hava beslemesinin blower ile yapılması ve reaktörden hava çıkışının 60°C den daha düşük ısılarda yapılabileceği şekilde blower devrini ayarlamaktır.

pH

Çamurun kompostlaştırılarak stabilize edilmesinde en uygun pH 6.5-9.5 aralığında olup evsel nitelikli atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan tüm çamurlar için uygun bir aralıktır. Kompostlaştırma işleminin tamamlanması ile elde edilen stabil çamurun pH değeri ise 6.8-7.5 aralığında olmaktadır. Tablo 5.22'de Değişik pH değerleri için 21 günlük kompostlaştırma süresi boyunca çamur kekinin ulaştığı sıcaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 5.22 pH nın Sıcaklık ve Bekletme Süresiyle Değişimi (WPCF 1985 No 9)

Kompostlaştırma Süresindeki		Verilen Sıcaklıkta Sağlanması Gereken		
Maksimum Sıcaklık		Minimum Bekletme süresi (gün)		
pH	°C	40 °C	50 °C	60 °C
5.3	79	3	1	0
6.0	69	6	0	0
6.5	89	18	8	6
7.1	84	11	11	5
9.6	82	19	15	9
10.7	73	2	0	0
11.6	66	1	0	0

Besi maddeleri (nütrientler)

Kompostlama işleminde biyolojik süreçlerin çalışması için en önemli iki maddeden bir karbon diğeri ise azottur. Bu iki temel maddenin sağlaması gerekli minimum değerleri C/N şeklinde bir oran ile ifade edilir. Bu oran 26-31 arasında olduğu durumlarda mikroorganizmaların çoğalması için uygun ortamın sağlandığı söylenbilir. Bu oranın C/N 26 dan daha düşük değerlerde olması durumunda biyolojik aktivite sürerken, amonyum salınırken kompostun azot içeriği azalır. Buda kompostun faydalı kullanım imkanlarını azaltır. Ayrıca Kompost içindeki amonyum iyonu patojen organizmaların gelişimini engellediği için de azotun yokluğunda kompostun patojen organizma içeriği artar (WPCF 1985 No 9).

Havalandırma

Havalandırma mikroorganizmalar için gerekli oksijenin temin edilmesi, ortamdaki biyolojik aktivitenin arttırılması ve böylelikle sıcaklığın arttırılması, ortamdaki fazla rutubetin giderilmesi bakımından oldukça önem taşıyan bir uygulamadır. Yüksek reaktör sıcaklıklarına aerobik ortamlarda ulaşılabilir. Fazla havalandırma Kompost silolarındaki sıcaklığın azalmasına yol açarken, düşük havalandırma ortamın anaerobik olmasına ve dolaylı olarak ortam sıcaklığının azalmasına yol açar. Kompost silolarının havalandırılması için önerilen optimum değer, beher ton kuru madde başına 34 m³/saat olmaktadır (Wilson GB Equipment 1977). Bu değer sağlandığında Kompost silolarında 15 gün boyunca 70⁰C sıcaklık tutulabilmektedir. Aynı koşullar altındaki havalandırmasız silolarda bu sıcaklık 30 ⁰C den az olmaktadır. Hava debisinin 93.5 m³/saat değerine yükseltilmesi sıcaklığın daha fazla artmasına ancak soğumanın daha çabuk olmasına yol açar. Bu konuda yapılan çalışmalar hava debisinin beher ton kuru madde başına 20-50 m³/saat arasında ayarlanabilir olarak tasarımı esas kabul edilmesini  ermektedir.

Patojen organizmaların giderilmesi

Atıksu arıtma tesisinden kaynaklanan çamurların içinde bulunan patojen organizmalar beş ana grup altında toplanabilir.

Bunlar; bakteriler, virüsler, protozoalar, helminitler ve fungilerdir. İlk dört gruptaki organizmalar sağlıklı bünyeyi direk olarak etkiler ve zararlı olur, beşinci organizmanın (fungi) etkisi ise, dolaylı yoldan ve bağışıklık sistemi zayıf olan kişilerde görülmektedir. Sıcaklıktaki artış patojen organizmaların giderilmesindeki bilinen en iyi yöntemlerden biridir. Tablo 5.23’de birçok organizma için sıcaklık zaman ilişkisi verilmiştir. Bu tabloda verilen değerler laboratuvar ortamında kontrollü şartlar altında belirlenmiş olduğundan gerçek durumdaki kompost tesislerinde gerekli olan sıcaklık veya süre daha farklı olabilmektedir. *Aspergillus fumigatus* gibi bazı fungi türleri dışındaki tüm patojenler termofilik şartların sağlandığı ortamlarda tamamen giderilirler.

Tablo 5.23 Çeşitli Isılarda Temas Süresine Bağlı Olarak Patojenlerdeki Azalma (WPCF 1985 No 9)

	Çeşitli Sıcaklıklardaki Temas Süresine Karşı				
	Patojenlerin Giderimi (dakika)				
	50 °C	55 °C	60°C	65 °C	70 °C
<i>Entamoeba Bistolytica</i>	5				
<i>Ascaris Lumbricoides</i> Yumurtası	60	7			
<i>Brucella Abortus</i>		60		3	
<i>Cornynebacterium Diptheriae</i>		45			4
<i>Salmonella Typhi</i>			30		4
<i>Escherichia Coli</i>			60		5
<i>Micrococcus Pyogenes</i> , Var Aureus					20
<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>					20
Viruses					25

5.3.1.8. Çamur şartlandırma ve susuzlaştırma

Atıksu arıtımı sırasında oluşan çamurların taşınabilir hale getirilmesi, toprak şartlandırıcı veya gübre olarak tarımsal alanlarda kullanılabilmesi yada yakma tesislerinde yakılabilmesi için, içerdiği su muhtevasının azaltılması gereklidir. Özellikle evsel nitelikli atıksuların arıtıldığı arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların içindeki katı maddeler çok ince taneciklerden oluşmuş, su tutabilen ve elektrostatik yüke sahip durumdadır (Qasım 1999).

Çamurun bu özelliği susuzlaştırma işlemini güçleştirmektedir. Bu nedenle çamur susuzlaştırma işleminden istenilen verimin alınabilmesi için çamurların öncelikle şartlandırılması gereklidir (Qasım 1999). Çamur susuzlaştırma işlemi, buharlaşma ve sızmanın rol oynadığı basit kurutma yataklarından başlayarak, şartlandırılmış çamurların susuzlaştırılması için bant filtre pres, filtre pres, vakum filtresi, santrifüj sistemleri gibi son derece kompleks makinelerin kullanıldığı ekipmanların uygulanmasına kadar geniş bir aralıkta yapılmaktadır.

Çamur şartlandırma

Kimyasal veya fiziksel metotlarla çamurun suyunu bırakma özelliğinin artırılması için uygulanan işlemlerdir. Bu işlemler sırasında ayrıca koku kontrolü, dezenfeksiyon ve katı maddelerin giderim veriminin artırılması gibi yan etkenlerde sağlanır.

Organik veya inorganik kimyasal şartlandırıcıların kullanılması, çoğunlukla bant filtre pres, filtre pres vb. mekanik çamur susuzlaştırıcıların uygulanması durumunda gereklidir. En yaygın olarak kullanılan kimyasal şartlandırıcılar FeCl_3 ve Ca(OH)_2 olarak sayılabilir. Bu iki kimyasal maddenin dışında $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ veya Fe_2SO_4 uygulama bulan diğer inorganik şartlandırıcılar olarak sayılabilir. Çamurun şartlandırılması için eklenen FeCl_3 çamur içinde hidroliz olarak pozitif yüklü demir iyonlarının açığa çıkması sonucunda, çamur içindeki negatif yüklü iyonlar nötralize edilirken FeCl_3 aynı zamanda çamur içindeki bikarbonat alkalinitesi ile reaksiyona girerek çamur içinde flokülasyonun başlamasını da sağlar.

Bu aşamadan sonra çamur içine eklenen kireç ortamın pH dengesini sağlarken ve köpük oluşmasına engel olurken aynı zamanda dezenfeksiyonu da sağlar. Kireç ve alkalinitenin oluşturduğu reaksiyon sonucunda ortaya çıkan CaCO_3 ortamda granüler bir yapı oluşturarak porozitenin artmasına yardımcı olur.

FeCl_3 ve Ca(OH)_2 ilavesi ile (dozlanan miktara bağlı olarak) çamurun katı madde miktarı yaklaşık olarak %20-30 oranında artış gösterir ve gerekli olan susuzlaştırma ekipmanının kapasitesi de buna bağlı olarak artar. Enerji santrallerinden veya çamur yakma fırınlarından kaynaklanan cüruflar da çamur şartlandırma amacıyla kullanılmaktadır (Qasım 1999).

Düzensiz partikül boyutu ile çamura kolay susuzlaşma imkanı tanıyan cüruf, kimyasal şartlandırıcılarda olduğu gibi çamurun katı madde miktarını önemli ölçüde arttırmaktadır.

Çamur şartlandırmak amacıyla kullanılan organik kimyasal maddelerin başında polielektrolitler gelir. Polielektrolitler uzun zincirli moleküler yapıya sahip ve su içinde çözünebilen özel kimyasallardır. Kullanılacakları ortamın özelliğine bağlı olarak katyonik, anyonik veya iyonik olmayan polieketrolitlerden birisi seçilmelidir. Genellikle atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurlar negatif yüke sahip olmaları sebebiyle katyonik polielektrolitler çamur susuzlaştırma öncesinde tercih edilen şartlandırıcılardır. Organik şartlandırıcıların yaygın olarak kullanılmasındaki en önemli sebepler, çamurun kuru madde miktarının arttırmaması, çamurun organik madde miktarında azalmaya sebep olmaması (özellikle tarımsal kullanımda veya yakmada) ve kolaylıkla depolanıp hazırlanabilmesi olarak sayılabilir.

Polielektrolitler suyun içinde değişik konsantrasyonda çözülebildikleri gibi farklı viskozitelerde çözeltiler oluştururlar. Polielektrolit çözeltisi, dozlandığı atıksuyun veya çamurun içindeki partiküler maddelerin yüzeylerine tutunarak partiküllerin yüzeylerindeki suyu bırakmasına, elektriksel yüklerinin nötralize olmasına ve dağınık parçacıkların arasında bağlayıcı köprü oluşmasına neden olur.

Çamurun susuzlaştırma öncesinde şartlandırılması için dozlanan kimyasalın cinsi kadar dozaj miktarı ve çamurla homojen olarak karıştırılması da önem taşımaktadır. Genellikle gerekli dozaj yapılan jar testler veya pilot ölçekli çamur susuzlaştırma ekipmanlarındaki kekin özelliğinin ölçülmesi ile belirlenir. Genellikle çamurun kuru ağırlığının %2-6 'sı kadar demir tuzu, %7-15' i kadar kireç, %0.3-0.5'i kadar polielektrolit ve %25-50'si kadar cüruf dozlaması ile yeterli şartlandırma sağlanır (Qasım 1999).

Dozlanan bu kimyasal maddelerin gerekli etkiyi sağlaması ile oluşan flokların yüksek hız gradyanı ile oluşan kesme kuvvetleri ile kırılmasının önlenmesi için sağlanması gereken karışım şiddeti, sadece kimyasal maddenin çamur içinde homojen olarak yayılmasını sağlayacak kadar olmalıdır. Kimyasal şartlandırmaya alternatif olarak kullanılan ve yaygın uygulama alanı olmayan fiziksel şartlandırma yöntemlerinden en sık kullanılanı ısı işlemleri ile şartlandırmadır.

Burada çamur yaklaşık 250-400 psig basınç altında ve 140-240 °C sıcaklıkta 15 ila 40 dakika arasında işleme tabi tutulur (Qasım 1999). Bu işlem sonrasında çamurun içerdiği suyu bırakması kolaylaşırken flokülasyon, kimyasal madde ilavesi olmaksızın sağlanmış ve jel yapısı da bozulmuş olmaktadır. Bu yöntem filtre pres veya vakum pres tipindeki susuzlaştırma ekipmanları öncesinde daha verimli olmaktadır (Qasım 1999). Ayrıca bu ulaşılan sıcaklıklardaki bekletme süresi sonucunda çamurun dezenfeksiyonu da sağlanmış olur. Bu yöntem çoğunlukla kimyasal madde ilavesi ile şartlandırılması uygun olmayan ve düşük miktardaki biyolojik çamurlar için uygulanır. Bu yöntemin uygulama alanı bulmamasındaki en önemli dezavantajı yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır.

Çamur susuzlaştırma

Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların susuzlaştırılması için kullanılacak mekanik ekipmanların gerek yatırım gerekse işletme maliyetlerinin çok yüksek olması sebebiyle, bu sistemlerin doğru olarak seçilmesi ve işletilmesi atıksu arıtma tesislerinin maliyet optimizasyonu açısından büyük önem taşımaktadır. Bu metotlardan hangisinin kullanılacağı susuzlaştırılması gereken çamurun miktarına ve özelliğine, kullanılabilecek alanın büyüklüğüne ve sonuçta istenilen kuru madde miktarına bağlı olarak seçilebilmektedir. Bu özelliklerden en önemlisi susuzlaştırılması gereken çamurun miktarı ve özelliğinin doğru olarak saptanmasıdır. Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların temelde üç kaynağı bulunmaktadır (WPCF 1983 No 20).

- 1) Atıksu içindeki askıda katı madde
- 2) Çözülmüş organiklerin biyolojik arıtma ile giderilmesi ile oluşan biyokütle
- 3) Atıksuya ilave edilen kimyasal maddelerin yaptığı bileşiklerin çökmesi ile oluşan katı maddeler.

Bu katı maddelerden kaynaklanan çamurların susuzlaştırılması sırasında kullanılacak metodun seçimindeki diğer önemli husus ise seçilen yöntem sonucunda oluşacak süzüntü suyunun miktarı ve ne kadar katı madde içereceğidir.

Çamurun bazı özellikleri de susuzlaştırma verimi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Örneğin, stabilize edilmemiş biyolojik çamurun susuzlaştırılması, anaerobik olarak stabilize edilmiş ön çöktürme çamuruna göre fazlasıyla zordur.

Çamur kurutma yatakları

Çamurun doğal yöntemlerle kurutulması için kullanılan yöntemlerden biri olup 60 yıldan beri kullanılmaktadır. Günümüzde iklim koşullarının uygun olduğu yerlerde küçük veya orta büyüklükteki tesislerde stabilize edilmiş çamurların susuzlaştırılması için halen kullanılır. Bu sistemin avantajları ve dezavantajları Tablo 5.24 de verilmiştir.

Bu sistemde kum yatağı üzerine serilen çamurun su içeriği, kum tabakası boyunca drene olur ve/veya buharlaşma etkisi ile çamurdan ayrılır. Çamurun içindeki suyun çamur tabakası boyunca drene olması ve kum tabakası altındaki drenaj borusu ile sistem dışına taşınması genellikle birkaç gün içinde tamamlanır. Daha sonraki dönemde istenilen kuru madde konsantrasyonunun oluşması için buharlaşma süreci devam eder.

Çamur kurutma yatakları zaman içinde geliştirilmiş ve drenaj işleminin daha kısa sürede yapılması ve kum tabakasının tıkanmasına karşı düzenlenmiştir. Kurutma yatakları dört ayrı tipte inşa edilebilirler (WPCF 1983 No 20).

Klasik kurutma yatakları; bu tip sistemlerde dikdörtgen biçiminde inşa edilmiş yan duvarların arasında değişik kalınlıkta çakıl ve kum tabakaları serilmiş olup yatağın altında drenaj borusu bulunmaktadır. Bunlar en eski tip kurutma yataklarıdır. Bu yatakların üstü kapalı veya açık olarak inşa edilmesi mümkün olabileceği gibi kuruyan çamurun uzaklaştırılması için mekanik sistemlerde kullanılabilir. Bu tip yatakların boyutlandırılması sırasında iklim koşulları büyük önem taşısa da genel olarak gerekli kurutma, yatak üstü açık uygulamalar için alanı $0.14-0.28 \text{ m}^2/\text{kişi}$ olarak, üstü kapalı uygulamalarda ise $0.1-0.2 \text{ m}^2/\text{kişi}$ olarak alınabilir (Qasım 1999).

Kaplamalı tip kurutma yatakları; bu tip kurutma yataklarında dikdörtgen planda inşa edilen alanın ortasında genişliği $0.6-1.0 \text{ m}$ arasında kum tabakasından oluşan bir drenaj bandı bırakılır. Beton veya asfalt kaplama ise bu ortadaki drenaj bandına doğru minimum $\%1.5$ eğimle inşa edilir (Qasım 1999).

Kaplama yüzeyine verilen çamur içindeki su ortadaki drenaj bandına doğru aktarılır ve buradan süzülerek drenaj borusu ile sistem dışına taşınır. Bazı uygulamalarda kaplamalı kısmın içersine ısıtma boruları döşenmektedir.

Bu tip yatakların kullanılması ile kurak iklimlerde 30 günlük bir bekletme süresi sonunda oluşan kekin kuru madde içeriği %40-50 mertebesine kadar çıkabilir.

Hazır elemanlar ile kaplanmış kurutma yatakları; bu yataklarda, prefabrike olarak paslanmaz çelikten hazırlanmış birbirlerine geçerek birleştirilen ve aralıkları 0.25 mm civarında olan ızgaraların kullanılmasıyla elde edilen verim yükseltilmiştir. Sığ ve geçirimsiz olarak inşa edilen havuzların üzeri bu elemanlarla kaplanıp çamur beslemesi bu elemanların üstüne yapıldığında çamurun içindeki suyun alınması çok daha kolay ve kısa zamanda olmaktadır. Bu tip malzemelerle kaplanmış kurutma yataklarının kullanılmasıyla çeşitli yararlar sağlanmaktadır. Bunlar; süzme işleminin gerçekleştiği malzemedeki tıkanmaların önlenmesi, sabit ve hızlı filtrasyon, kumun filtre elemanı olarak kullanıldığı uygulamalardan daha fazla çamurun süzülmesi, oluşan kekin daha kolaylıkla alınması, zor susuzlaşan çamurlara uygulanabilir olması, bakım gerektirmemesi ve daha yüksek yükleme değerlerinde çalışılması 890-1780 kg/m²-yıl olarak sayılabilir (Qasım 1999).

Vakumlu kurutma yatakları; bu tip kurutma yataklarındaki en önemli farklılık çamurun yatağın içine beslenmesinden sonra süzme işleminin hızlandırılması için yaklaşık 30-48 kPa lık bir negatif basınç (vakum) uygulanmasıdır. Bunun sonucunda çamurun içersindeki su çok daha hızlı olarak süzülmemektedir. Çamur tabakası üzerinde çatlamalar oluştuğunda vakum uygulaması durdurularak çamurun 1-2 gün daha kuruması beklenmekte ve daha sonra mekanik olarak çamur yataktan alınmaktadır.

Tablo 5.24 Çamur kurutma yataklarının avantaj, dezavantajları (WPCF 1983 No 20)

Avantajları	Dezavantajları
İlk yatırım maliyeti düşüktür	Tasarım için rasyonel bir metodu yoktur
İşletilmesi için uzmanlık gerekmez	Büyük alanlara ihtiyaç duyar
Enerji ihtiyacı düşüktür	Stabilize olmuş çamur uygulanmalıdır
Giriş çamurunun özelliğine bağlı değildir	İklimsel değişikliklerden etkilenir
Kimyasal ihtiyacı düşüktür	Estetik açıdan uygun değildir
Oluşan kekin kuru maddesi yüksektir	Kuru çamurun temizliği zordur

Bu sistemlerin tasarımı kurutma yatağına beslenen çamurun kuru madde konsantrasyonu, serilen çamurun derinliği, uygulanmış stabilizasyonun derecesi, buharlaşma hızı önemli olmaktadır.

Santrifüj (dekantör) sistemleri

Stabilize edilmiş ve polielektrolit ilavesi ile şartlandırılmış arıtma tesisi çamurlarının susuzlaştırılması için kullanılan etkin yöntemlerden biridir. Bu koşullardaki çamur yaklaşık olarak 1600-2000 devir/dk lık bir dönme hızına sahip tamburun içine beslendiğinde meydana gelen merkezkaç kuvvetinin etkisi ile çamurun içindeki katı partiküller ve suyun ayrılması sağlanır. Döner tamburun kenarlarında biriken katı madde daha düşük devirle dönen bir spiral konveyör yardımıyla tambur dışına alınırken filtratın da sürekli olarak tambur dışına aktarımı sağlanır.

Santrifüj tipi cihazların sürekli olarak beslenebilen ve tamamen kapalı bir sistem olması sebebiyle her türlü çamurun susuzlaştırılmasında kullanılabilir. Ayrıca sistemin otomasyonunun yapılması durumunda işletme personeli ihtiyacı bakımından da diğer ekipmanlara göre bir avantajı bulunmaktadır. Giriş çamurunun konsantrasyonunun, şartlandırıcının miktarına ve beslenme şekline bağlı olarak santrifüj sistemlerinden çıkan kekin kuru madde içeriği %20-30 arasında değişim göstermektedir (Qasım 1999).

Santrifüj sistemlerinin tasarımı için kullanılan performans parametreleri, çamur içindeki katı maddeyi tutma verimi ve oluşan kekin kuru madde içeriğidir. Performansı etkileyen proses değişkenleri ise, çevresel dönüş hızı, santrifüj çanağı ile konveyörü arasındaki dönüş hızı farkı, kullanılan kimyasal şartlandırıcı miktarı ve dozaj noktası, çamur içindeki katı partiküllerin danecik çapı, şekli, çamurun sıcaklığı vb. sayılabilir.

Proses kriterleri

Santrifüj tipi çamur susuzlaştırma sistemleri, pilot test sonuçlarına göre seçilse de atıksu arıtma sistemlerinden kaynaklanan çok değişik özellikteki çamurun susuzlaştırılmasında kullanılabilir. Yapılan testlerde, çamurun içindeki katı maddenin tutulma verimi, çamur kekinin kuru madde yüzdesi tasarım için bakılan iki temel parametredir.

Uygun ekipman seçiminde etkili olan proses parametreleri dikkate alındığında bunları temelde üç başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; çamur içindeki partikül boyutu ve özgül ağırlığı, sıcaklık, çamur yaşı Partikül boyutu ve özgül ağırlığıdır. Santrifüj sistemlerinde, sisteme beslenen çamurun içindeki katı maddeler artan yerçekimi kuvveti altında çok daha kolayca çökelirler ve özellikle ön çöktürme çamurları, biyolojik fazla çamura göre daha yüksek verimde suyunu bırakır. Genel bir kural olarak santrifüj sistemlerine beslenen çamurun içindeki tanecik boyutu 2µm ile 5000µm arasında değişiklik gösterir. Bunun yanında beslenen çamurun katı madde içeriği ise %2-10 arasındadır (WPCF 1983 No 20).

Sıcaklık

Sıcaklık direk olarak akışkanın viskozitesi ve özgül ağırlığına tesir etmektedir. Sıcaklık arttığında viskozite ve özgül ağırlık azalmakta fakat viskozitedeki azalma daha hızlı olmaktadır. Bunun anlamı pratikte partiküllerin çökme veya ayrılma hızlarının artan sıcaklıkla birlikte artış göstereceğidir. Bun karşın santrifüj sistemlerinde çamurun sıcaklığının kontrol edilmesi ekonomik açıdan uygun olan bir yöntem olmadığı için mevsimsel değişimlere göre değişen çamur sıcaklığı santrifüj sistemlerin verimlerini de etkilemektedir.

Çamur yaşı

Biyolojik fazla çamurun oluştuğu biyolojik arıtma süreçlerinin işletildikleri çamur yaşına bağlı olarak oluşan çamurun özelliğinde büyük değişiklikler görülmektedir. Çamurun havalandırma havuzunda uzun süre bekletildiği (büyük çamur yaşı olan biyolojik süreçler) sistemlerden oluşan çamurların susuzlaşma özelliği, düşük bekletme süreli sistemlerden kaynaklanan çamurlara göre daha düşüktür. Ayrıca susuzlaştırma sisteminden önce çamurun uzun süreli olarak bir depoda veya tankta (yoğunlaştırıcı) bekletilmesi de susuzlaştırma verimini önemli ölçüde etkilemektedir.

Çamurların şartlandırılması

Fiziksel metotların bir çoğu denenmiş olsa da santrifüj sistemleri için en uygun şartlandırma metodu inorganik veya organik kimyasal maddelerin kullanıldığı kimyasal şartlandırma yöntemidir (WPCF 1983 No 20).

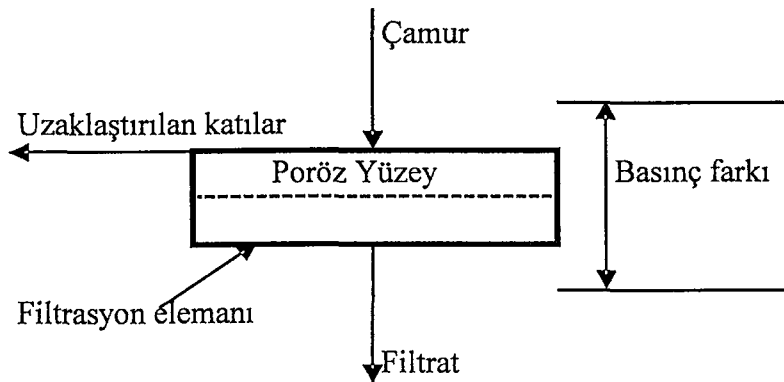
Daha önceki bölümde de değinildiği gibi kullanılan inorganik şartlandırıcılar (demir tuzları veya alüminyum sülfat) pH üzerinde önemli değişimler yarattığı için ilave pH kontrolü gerektirebilir. Bu nedenle ulaşılması hedeflenen kuru madde konsantrasyonuna bağlı olarak işletme gideri optimize edilebilir. Filtrat içindeki katı madde konsantrasyonunun azaltılması (çamur içindeki katı madde tutuma veriminin artırılması) için;

- 1) çamur besleme hızı azaltılabilir,
- 2) çamur içindeki katı partiküllerine etki eden yerçekimi kuvveti artırılabilir,
- 3) kimyasal madde dozajı optimize edilebilir,
- 4) çamur bekletme süresi ayarlanabilir

veya sayılan bu dört maddenin kombinasyonları birlikte uygulanabilir (WPCF 1983 No 20).

Vakum filtreleri

Poröz bir yüzey üzerinden katı madde içeren sıvıların filtrasyonu bir susuzlaştırma metodu olarak tanımlanabilir. Bu yüzeyden suyun geçmesi sağlanırken yüzey üzerinde biriken katı maddeler belirli bir süre zarfında bir kek tabakası oluşturur. Bu tabakanın kendisi daha sonra filtrasyon yüzeyi olarak davranır. Bu filtrasyon süreci Şekil 5.19’da açıklanmıştır.



Şekil 5.19 Filtrasyon Prosesinin Şematik Görünümü (WPCF 1983 No 20).

Şekil 5.19’dan da anlaşılacağı gibi filtrasyon elemanı içersinde bir akışın sağlanması için hareketi sağlayacak bir kuvvetin oluşması (basınç farkının doğması) gereklidir.

Bu basınç farkının oluşturulması üç yol ile sağlanabilir. Bunlardan birincisi, poröz yüzeyin bir tarafında negatif basınç (vakum) yaratılması, ikincisi, filtrasyon yüzeyinin bir tarafında pozitif basınç yaratılması ve üçüncü olarak ise, yerçekimi etkisi ile bir kuvvet oluşturulmasıdır.

Sisteme adını veren yöntemden de anlaşılacağı gibi bu ekipman ile yapılan uygulamada negatif basıncın uygulanması esas olarak alınmıştır.

Vakum filtrelerinin büyük bir bölümünde ana eleman, çamur dolu bir teknenin içine kısmen batırılmış olan döner bir tamburdan oluşmaktadır. Bu tambur çamur dolu tekneye yatay olarak batacak şekilde yere paralel olarak desteklenmiştir. Tamburun yüzeyi çamurun özelliğine bağlı olarak seçilmiş poröz bir malzemeyle kaplanmıştır.

Çamur dolu teknenin içindeki çamurun sürekli olarak karışımını sağlayacak bir mikser tekne içine yerleştirilmiştir. Böylece çamur homojen olarak tutulmakta ve tamburun filtrasyon yüzeyinin her yerine eşit olarak dağılmaktadır. Tamburun yüzeyi tamburun çevresi boyunca alt bölümlere ayrılmıştır. Bu bölümler yanlarındaki bölümden tambur şaftı boyunca yalıtılmıştır.

Döner vakum filtrelerde temelde üç farklı bölüm bulunmaktadır. Bunlardan birincisi kekin oluşma bölgesi olarak tarif edilen, tambur yüzey alanının %10-40 arasında bir alanı sahip ve çamur dolu tekneye %25-30 oranında batmış olan kısımdır (WPCF 1983 No 20).

Tamburun dönüşüne paralel olarak bu kısımda oluşan kek tambur üzerindeki kurutma bölgesine taşınır.

Kek kurutma bölgesi toplam tambur alanının %40-60 lık bir kısmına sahip olup bu vakum altında çalışmaktadır. Filtrasyon sürecindeki son kısım ise kek boşaltma bölümü olarak adlandırılır ve uygulanan vakum ortadan kaldırıldığı için atmosfer basıncında filtre üzerindeki kekin filtre malzemesinden ayrılmasını sağlar.

Kekin ayrılmasından sonra genellikle filtre elemanı yeniden çamur dolu tekneye girmeden önce yıkanır. Tamburun dönüş hızı kek boşaltımı için kullanılan bölgede minimum kalacak şekilde ayarlandığında vakum altında kalan bölgedeki zamanın maksimum olmasından dolayı en yüksek kuru madde içeriğine sahip kek üretilir. Vakum filtreler filtrasyon malzemesine veya kek boşaltma sistemine göre sınıflandırılırlar.

Evsel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların susuzlaştırılması için kullanılan ilk makinelerde tamburun tamamı bir filtrasyon malzemesi ile kaplanırdı. Bu cihazlarda kazıyıcı tamburun dönüşü ile oluşan çamuru sıyırmak için sabit bir kazıyıcı kullanılır. Daha sonraki dönemlerde geliştirilen makinelerde filtrasyon malzemesi olarak ince perfore edilmiş sac malzeme veya polietilen bezler kullanılmaya başlanmıştır.

Bu ekipmanların gelişimine paralel olarak çamur sıyırma sisteminde de yenilik yapılmış ve kazıyıcı bıçağın bulunduğu bölümde filtrasyon elemanına ters taraftan hava verilerek kekin filtrasyon elemanından kolaylıkla ayrılması sağlanmıştır.

Bu cihazlarda prosese yardımcı olarak kullanılan ekipmanlar, vakum pompası, filtrat pompası, çamur besleme pompası ve çamur teknesi sayılabilir. Vakum pompası ile prosesin temel ihtiyacı olan negatif basınç sağlanır. Genellikle 20-25 mm cıva basıncı kadarlık bir uygulama yapılmaktadır (WPCF 1983 No 20).

Filtre presler

Özellikle endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan kimyasal veya biyolojik çamurların susuzlaştırılmasında kullanılan, kesikli olarak çalışan ve yüksek kuru madde içeriğine sahip kek oluşturan sistemlerdir.

1970'li yıllara kadar yüksek işgücü gereksinimi olması sebebiyle yaygın kullanım imkanı bulamamıştır. Diğer çamur susuzlaştırma ekipmanları ile karşılaştırıldığında ve gerek yatırım gerekse işletme maliyeti dikkate alındığında filtre presler daha pahalı olmaktadır. Ancak elde edilen kekin kuru madde içeriği açısından önem taşıdığı tüm uygulamalarda filtre presler üstün olmaktadır.

Normal şartlandırma prosedürlerinde bile elde edilen çamur kekinin kuru madde içeriği %35 mertebesinde olup çamurun tipine veya kullanılan şartlandırıcı miktarına göre %50 kuru madde miktarına kadar çıkılması mümkündür (WPCF 1983 No 20). Özellikle çamur keklerinin yakma prosesi ile uzaklaştırıldığı uygulamalarda tek seçenek olarak görülebilir. Filtre preslerdeki filtrasyon işlemi, çamur içindeki katı maddelere uygulanan pozitif kuvvetin etkisi ile filtre elemanı üzerinde birikmesinin sağlanmasına karşın suyun filtre elemanının diğer tarafına aktarılmasıdır.

Kullanılan filtre elemanı filtre bezi olup çok küçük gözenek açıklığına sahip olduğu için kullanılan basınç değerleri de yüksek olmaktadır. Bezin üzerinde katı madde birikimi sağlandıktan sonra biriken katı maddeler ayrıca bir filtrasyon elemanı gibi davranmakta ve katı maddelerin filtre bezine ulaşmak için ihtiyaç duyduğu kuvvet daha da büyümektedir.

Böylelikle artan filtrasyon elemanı kalınlığı sebebiyle elde edilen katı madde giderim yüzdesi çok büyük olurken, oluşan filtrat içindeki katı madde kaçağı çok azdır. Filtre preslerde işletme iki farklı süreçte ele alınabilir.

Bunlarda birincisinde filtrasyon hızının sabit tutulması, ikincisinde ise basıncın sabit tutulması esas alınmıştır.

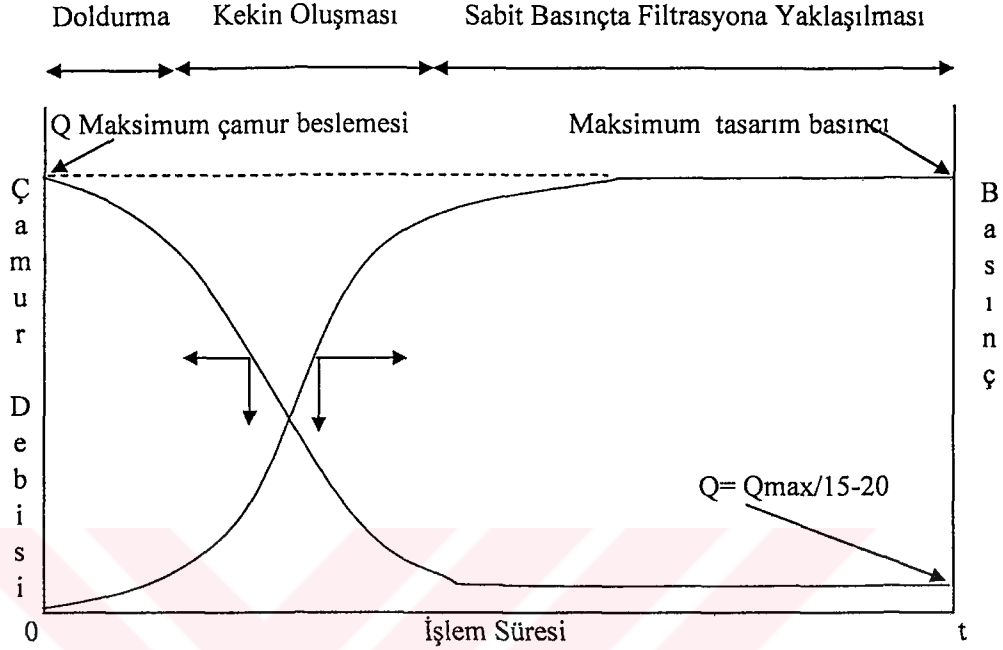
Sabit filtrasyon hızı uygulamasında, filtrasyon boyunca oluşan kekin yarattığı basınç farkının artışına paralel olarak çamur üzerinde uygulanan basıncın artması sebebiyle filtrasyon hızı sabit tutulur. Diğer yöntemde ise çamur üzerine uygulanan basınç filtrasyon işlemi boyunca sabit tutulduğundan basınç kaybı kekin oluşumuna paralel olarak arttığı için filtrasyon hızı zamanla azalır. Susuzlaştırma prosesi oluşan filtrat miktarı sıfıra vardığında tamamlanmış olur. Günümüzde bu iki prensibin birleşmesi ile çalışan preslerde bulunmaktadır.

Bu tip ekipmanlarda sürecin başında sabit filtrasyon hızı uygulanmakta ve kekin oluşmasına paralel artan basınç kaybı zaman içinde arttırılan basınca karşılanmakta ve sabit basınç uygulamasına geçilerek filtrasyonun bu artan basınç altında devam etmesi sağlanır.

Şekil 5.20'de filtre presin bir şarjlık işletme süresi boyunca beslenen çamur miktarı ile basınçtaki değişimi ifade edilmiştir. Başlangıçta bezlerin temiz olması sebebiyle beslenen çamur miktarı maksimumdayken basınç minimum seviyededir.

Zamanla kek oluşumu başlar ve artan basınç kaybının bir sonucu olarak prese beslenebilen çamur miktarında azalma başlar. Bir süre sonra beslenebilen çamur miktarı minimum seviyeye (sıfıra yakın) düştüğünde basınç kaybı da maksimuma ulaşır. Bu durumda filtrasyon bir süre daha devam eder ve bu süre içinde plakaların arasındaki çamurun içindeki su boşalır.

Boşalan bu yere minimum seviyede çamur alınır ve bu işlem artık plakaların arasındaki çamurdan filtrat çıkmayana kadar devam eder. Son olarak tasarım basıncına ulaşılmış olduğundan hedeflenen kuruluştaki kek elde edilmiş olduğu için işlem tamamlanır, pres açılır kek alınır.



Şekil 5.20 Filtre Pres İşlem Sürecinde Basıncı, Çamur İlişkisi (WPCF 1983 No 20)

Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların susuzlaştırılması için yaygın olarak kullanılan iki çeşit filtre pres bulunmaktadır. Bunlardan birincisi sabit hacimli presler, ikincisi ise değişken hacimli (membran plakalı presler) olanlarıdır (WPCF 1983 No 20).

Sabit hacimli presler

Bu tip presler basit olarak taşıyıcı bir çerçeve üzerine yerleştirilmiş birçok plakadan oluşur. Plakalar hidrolik olarak sıkıştırılmış durumdadır. Her plakanın üzerinde bir filtre bezi ve bir filtrat tahliye musluğu bulunmaktadır. Hidrolik kapama ve sıkıştırma mekanizması yardımıyla yaklaşık 300 bar basınçta birbirlerine dayanarak sıkıştırılmış plakaların ortasında bulunan delikte beslenen çamur iki plaka arasına dolmaya başlar. Prese beslenen çamur plakaların üzerinde bulunan ve susuzlaştırılması planlanan çamurun tipine göre seçilmiş bezin gözeneklerinde filtrelenebilir.

Kısa sürede iki plaka arasında bulunan boşluk çamurla dolar ve başlangıçtaki filtrasyon yüzeyi (filtre bezi) çamurla sıvandığı için plakalar arasındaki çamur filtrasyon elemanı gibi davranmaya başlar. Böylelikle beslenen çamur plakalar arasında biriken çamur boyunca filtrasyona tabi tutulur. Oluşan filtrat, filtre bezini de geçtikten sonra plaka üzerindeki musluktan presin dışın taşınır. Bu olay plakaların arasındaki boşluk tamamen çamurla dolana kadar devam eder.

Plakaların arası tam olarak dolduktan sonra besleme pompası daha fazla çamuru plakaların arasına aktaramasa da plakaların üzerindeki basıncın artmasına neden olur. Böylelikle artan basınç sayesinde dolmuş olan çamurun içindeki su musluklardan dışarı çıkmaya devam eder ve böylelikle plakaların arasındaki çamurun kuru madde miktarı artar. Bu işlem besleme pompasının ulaşabileceği maksimum basınca ulaşıldığında son bulur. Daha sonra plakaları kilitleyen hidrolik sistemi açılır ve plakalar birbirinden manuel veya otomatik olarak ayrılır. Plakalar arasında oluşan çamur keki, bezlerin üzerinden yine manuel veya otomatik olarak sıyrılır ve gerekirse bezler yıkanarak sistem bir sonraki beslemeye hazır hale gelir.

Değişken hacimli presler

Bu ekipman temelde sabit hacimli preslerle aynı olup tek önemli farklılığı plakalarıdır. Burada kullanılan plakaların üzerinde membranlar bulunur. İşletme sırasında sıkıştırılıp hidrolik olarak kilitlenen plakalara çamur beslenmeye başlar ve plakaların arası tamamen çamurla dolduktan sonra plakaların üzerindeki membranlar basınçlı hava veya suyla şişirilerek (yaklaşık 220 kPa basınçla) plakalar arasındaki çamurun mekanik olarak sıkıştırılması sağlanır (WPCF 1983 No 20). Böylelikle çok daha kısa sürede plakaların arasında bulunan çamurun su içeriği tahliye edilmiş olur. Bu tip preslerden elde edilen kekin kuru madde içeriği normal plakalı preslerden sağlanan kekten daha fazladır.

Filtre preslerin değişmez elemanları, taşıyıcı şaseleri, plakaları, bezleri olarak sayılabilir. Bu elemanlardan en önemlisi filtre bezleri ve plakalarıdır. Filtre pres bezleri gerek malzeme gerekse gözenek yapısı bakımından büyük değişim gösterir. Deneysel çalışmalar sonrasında çamur tipine en uygun bezin seçilmesi presin performansı bakımından büyük önem taşır. Filtre bezlerinin imalatında yaygın olarak kullanılan polipropilen, naylon, saran gibi malzemeler, tek veya çift örgülü olarak dokunur.

İzin verilen basınç kaybına karşın birim zamanda birim alandan geçen hava bezin geçirgenliğini tanımlar. Bu değerin büyük olması prese beslene çamur içindeki katı madde miktarının tutulma veriminin düşük olması anlamına gelir.

Filtre preslerin kullanılması sırasında elde edilecek kekin kuru madde içeriğine etki edecek en önemli unsurların başında çamurun şartlandırılması gelir. Birkaç özel durum haricinde organik şartlandırıcıların (polielektrolit) uygulanması filtre preslerde istenilen verimin alınmasını sağlayamaz.

Bunun sebebi ise polimer moleküllerinin filtre pres işletme sürecindeki yüksek basınca dayanamamasıdır. Polielektrolitlerin kül ile birlikte kullanılması ise şartlandırma uygulamalarında kireç ve demir klorür kompozisyonu kadar başarılı olamamıştır. Filtre pres ile susuzlaştırma yapılacak olan uygulamalarda biyolojik çamurlar için en uygun şartlandırıcılar kireç ve demir klorürü kombinasyonu olarak önerilmektedir (WPCF 1983 No 20).

Bu sistemde şartlandırılacak olan çamur filtre pres öncesinde bir tanka alınarak flok yapısına zarar vermeyecek seviyede karışımın sağlandığı bu tankın içine kimyasal şartlandırıcılar beslenir.

Bu tankın büyüklüğü 5-10 dakikalık bekletme süresi sağlayacak kadar seçilmeli böylece çamur ile kimyasal şartlandırıcıların reaksiyona girerek istenilen boyutta flok oluşturmaları sağlanmış olmaktadır.

Burada kullanılacak kimyasal şartlandırıcılardan kireç, filtre preste işlenecek çamurun kuru ağırlığının %20 si kadar ve demir klorür ise %5'i kadar ilave edildiğinde uygun karışım şartları sağlandıktan sonra filtre presten alınacak kek için hedeflenen kuru madde konsantrasyonu sağlanmaktadır (WPCF 1983 No 20). Çeşitli şartlandırıcıların uygulanması ile elde edilebilecek verimler Tablo 5.25 de verilmiştir.

Tablo 5.25 Çeşitli tip çamurların susuzlaştırılmasında şartlandırıcı cinsi ve dozajına bağlı filtre pres performans değerleri (WPCF 1983 No 20)

Çamur Tipi	Şarj Süresi (dk)	Kireç %	FeCl ₃ %	Kekin Kuru Madde İçeriği %
Ham ön çöktürme çamuru	120	10	5	45
Ham ön çöktürme ve % 50 aktif çamur	150	10	5	40-45
Ön çöktürme ve damlatmalı filtre çamuru	150	12	6	45
Çürütülmüş ön çöktürme çamuru	120	30	6	40
Çürütülmüş ön çöktürme ve aktif çamur	120	10	5	45
Çürütülmüş ön çöktürme ve % 50 aktif çamur	150	15	7,5	45
Ön çöktürme çamuru ve iki kademeli yüksek kireç dozajı	90	-	-	50
Anaerobik olarak çürütülmüş ön çöktürme ve % 50 aktif	90	100 (kül)	-	50
Anaerobik olarak çürütülmüş ön çöktürme ve % 50 aktif	90	200 (kül)	-	50
Çürütülmüş ön çöktürme ve aktif çamur (son çöktürme tankında FeCl ₃ dozlaması yapılmış)	180	10	5	40
Ön çöktürme FeCl ₃ dozlaması yapılmış	90	10	-	40
Ham ön çöktürme ve % 50 aktif çamur	90	100 (kül)	-	50
Ham ön çöktürme ve % 50 aktif çamur	90	200 (kül)	-	50

Bant (belt) presler

Bu ekipmanlarda çamurun susuzlaştırılması için yerçekimi kuvvetinin yanı sıra döner tamburların arasından geçirilen çamura burada uygulanan basınç kuvveti de kullanılır. Bant filtrelerdeki filtrasyon işlemi vakum filtrelerde de olduğu gibi Darcy eşitliği ile açıklanır. Bu ekipmanla yapılan susuzlaştırma işlemi temelde üç adım olarak ifade edilebilir. Birinci adımda susuzlaştırılacak çamur şartlandırılır, ikinci adımda yerçekimi yardımıyla şartlandırılmış çamur içindeki suyun alınması ve üçüncü adımda ise suyu azaltılmış olan çamurun tamburlar arasında sıkıştırılması sonucunda kalan suyunu bırakmasıdır.

Genellikle organik polimerlerin kullanıldığı şartlandırma işleminin uygun olarak yapılmasını takiben bant presin giriş kısmına bant genişliği boyunca homojen olarak beslenen çamur ortalama 1-2 dakika içinde (bant üzerinde yol alırken) içerdiği suyun yaklaşık %50 lik kısmını bırakarak %6-10 arasında bir kuru madde konsantrasyonuna ulaşır. Böylelikle % 6-10 arasında bir kuru madde konsantrasyonuna ulaşan çamur bant presin üçüncü kısmına geçer ve burada döner tamburlar sayesinde hareket eden bantlar arasında oluşan basınca maruz kalarak içindeki suyun kalan kısmını bırakır (WPCF 1983 No 20).

Bantın hareket hızı ve bantlar üzerindeki basınç kuvveti ayarlanarak çamurun kuru madde konsantrasyonunun değiştirilmesi sağlanabilir. Şartlandırıcı olarak kullanılan polimerin çamur ile karışımı bant pres öncesinde ayrı bir tank içinde veya bant prese çamur taşıyan boru içinde yapılır. Ancak bant prese gelmeden çamurun flokülasyonunun sağlanması gereklidir.

Bant preslerde susuzlaştırma işlemi için gerekli olan filtrasyonun sağlandığı bantlar iki set bantın birbiri üzerine basacak şekilde döner tamburlar arasında yerleştirilmesiyle sağlanır. Bu bantlar genellikle polipropilen malzemeden imal edilmiş ve iki ucu birbirine özel bir sistemle bağlanmış olduğu için sürekli hale getirilmiş poröz yapıdaki elemanlardır.

Birbiri üzerinde kayarak ve basınç altında hareket eden bantların zaman içinde döner tamburların hareket eksenlerinden olan sapmaları otomatik olarak algılanır ve pnömatik, hidrolik veya elektrikle çalışan elemanlar yardımıyla bantın hareket eksenine getirilmesi sağlanır.

Ayrıca basınç uygulanan bölgeyi terk eden çamur kekinin bant üzerinden kolaylıkla ayrılması için bant genişliği boyunca yerleştirilmiş, sert plastikten imal edilmiş olan bir kazıyıcı mekanizmada bulunmaktadır.

Kuru çamur kekinin bant üzerinden sıyırılmasından sonra bantın tekrar sulu çamurla karşılaşması öncesinde yüksek basınçlı su ile yıkanması ve gözenekleri arasında kalan katı maddelerin giderilmesi gereklidir. Bu işlemin yapılmaması veya yeteri kadar iyi yapılmaması durumunda sistemden elde edilecek verim giderek azalacaktır. Bu yıkama işlemi için bantın birim genişliği başına yaklaşık 5-10 m³/saat debide ve minimum 6 bar basınçta temiz su kullanılması gereklidir (WPCF 1983 No 20).

Sistemin performansı üzerinde etkili olan noktalardan birincisi daha öncede değinildiği gibi çamur şartlandırmadır. Isıl işlemler ile stabilize edilmiş çamurların dışında kireç ve demirklörür tuzlarının şartlandırıcı olarak kullanılması bant filtrelerde uygun sonuç vermemektedir. Kullanılacak polielektrolitin cinsi, dozajı genellikle pilot ölçekli çalışmaların sonucunda optimize edilebilir. Polimer dozlaması yapıldıktan sonra oluşacak flokları kırmayacak kadar düşük, çökeltme olmasını önleyecek kadar büyük bir enerji ile karıştırılan tanktaki bekletme süresi 10 dakika civarında alınabilir. Eğer susuzlaştırılacak çamur sadece biyolojik fazla çamur ise bu süre daha da kısaltılabilir.

Şartlandırılan çamurun sürekli olarak sabit kuru madde konsantrasyonu ile bant prese beslenmesi elde edilecek verim açısından büyük önem taşır. Bunun sağlanması için çamur yoğunlaştırma sisteminin düzgün çalıştırılması ve kontrol edilmesi gereklidir. Şartlandırma tankına beslenecek çamurun pozitif deplasmanlı bir pompa ile transfer edilmesi ve böylelikle flokların kırılması önlenmelidir.

Beslenecek çamur konsantrasyonu seçiminde bant presin hem hidrolik debi hem de çamurun cinsine bağlı olarak değişen katı madde yükünün birlikte dikkate alınması gereklidir.

Genellikle bant presler katı madde yüklemesine karşı daha hassastır. Birim bant genişliği başına, birim zamanda verilen katı madde miktarı tamamen çamur cinsine, şartlandırma biçimine bağlıdır. Genel anlamda bant preslerdeki katı madde tutma oranı %95 ve elde edilen kekin kuru madde oranı ise %25-30 civarındadır (WPCF 1983 No 20).

Tablo 5.26’da atıksu arıtma sistemlerinde kullanılan tüm çamur susuzlaştırma ekipmanlarından değişik özellikteki çamurların susuzlaştırılması sırasında oluşacak filtratın kirletici özellikleri verilmiştir. Tablo 5.27 de ise değişik tip çamurların belt preslerle susuzlaştırılması sonucunda elde edilen çamur keki kuru madde değerleri ve bant yükleme değerleri verilmiştir (WPCF 1983 No 20).

Tablo 5.26 Çeşitli susuzlaştırma ekipmanlarından oluşan filtratın karakterizasyonu (WPCF 1983 No 20)

Susuzlaştırma Yöntemi	Filtrat Karakterizasyonu mg/lt	
	BOI	AKM
Bant Filtre Pres		
PS+ANDS	125	435
PS+WAS+ANDS	160	720
PS+WAS+ADS	310	790
PS+WAS+HT	10.000	500
Vakum Filtrasyonu		
PS+ANDS	255	2.000
PS+WAS+ANDS	400	2.500
PS+WAS+ADS	800	2.210
PS+WAS+HT	10.000	2.000
Santrifüj (Sepet Tipi)		
PS+WAS+ANDS	570	1.750
PS+WAS+ADS	410	900
PS+WAS+HT	10.000	500
Filtre Pres		
PS+TF+ANDS	900	110
PS+WAS+ANDS	800	100

PS: ön çöktürme çamuru, ANDS: havasız olarak çürütülmüş çamur, WAS: biyolojik fazla çamur, ADS: aerobik çürütülmüş çamur, HT: ısıtılmış çamur, TF: damlatmalı filtre çamuru.

Tablo 5.27 Çeşitli tipteki çamurların bant preslerle susuzlaştırma uygulama sonuçları (WPCF 1983 No 20)

Çamur Tipi	Giriş Kuru Madde Konsantrasyonu %	Birim Bant Geniliği Başına Kuru Madde Yüklemesi kg/m-saat	Polimer Dozajı gr/kg	Kek Konsantrasyonu %
Ön Çöktürme Çamuru	3-7	360-550	1-4	30
Biyolojik Fazla Çamur	1-4	45-180	3-10	15
%50 Ön Çöktürme+% 50 Biyolojik Çamur	3-6	180-320	2-8	25
%40 Ön Çöktürme+% 60 Biyolojik Çamur	3-6	180-320	2-10	23
Ön Çöktürme + Damlatmalı Filtre Çamuru	3-6	180-320	2-8	27
Anaerobik Çürütülmüş Ön Çöktürme Ç.	3-7	360-550	2-5	28
Anaerobik Çürütülmüş Biyolojik Ç.	3-4	45-135	4-10	15
Aerobik Çürütülmüş Ön Çök. + Biyolojik Ç	1-3	135-225	2-8	16
Aerobik Çürütülmüş Ön Çök. + Biyolojik Ç *	4-8	135-225	2-8	18
Saf Oksijen Sistemi Biyolojik Çamuru	1-3	90-180	4-10	18
Isıl İşlemden Geçmiş Ön Çök + Biyolojik Ç	4-8	270-550	0	35

6. PROSES VE MALİYET HESABINA ESAS TASARIM KRİTERLERİ

6.1. Tasarıma Esas Nüfus Değerleri, Atıksu Debisi ve Karakterizasyonu

Çalışmanın anlam ve önemi ile amaç ve kapsam bölümünde de belirtildiği gibi esas hedef, Türkiye’de atıksu arıtma tesislerinin optimum maliyete dayalı olarak tasarlanması için Tablo 6.1 de verilen ve Türkiye’deki belediyelerin büyük çoğunluğunu kapsayan nüfus aralıkları için uygun olan proses yöntemlerinin belirtilmesinin yanında, atıksu karakterizasyonu yapılmamış olan yerleşimler için kullanılabilir değerlerin verilmesidir. Belirlenmiş bu hedeflere ulaşmanın yanında, günümüz koşullarında atıksu arıtma tesisi yapımı için finansman sağlayan kuruluşların güncel dönem bilgileri ışığında yine Tablo 6.1 de verilmiş olan nüfus değerleri için tasarlanmış olan tesislerin yatırım ve ekonomik ömürleri boyunca işletme giderlerinin karşılanması bu gibi finans kaynakları ile sağlanması neticesinde belediye sınırları içerisinde yaşayanlara olabilecek maliyet yansımaları hesaplanarak verilmiştir.

Doğal olarak farklı özellikteki atıksular için uygulanacak arıtma teknolojileri de farklı olacaktır. Bu nedenle Türkiye genelinde karakterizasyonu yapılmamış olan yörelerde yapılması planlanan atıksu arıtma tesislerinin tasarımı için kabul edilebilecek ve Türkiye’deki atıksu özelliklerini yansıtabilecek bir karakterizasyon, mevcut literatür değerlerinin yapılan ölçümlerle birlikte değerlendirilmesi neticesinde Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.1 Optimum Maliyete Dayalı Tasarım İçin Nüfus ve Atıksu Miktarı

Nüfus	Birim Atıksu Oluşumu	Toplam Atıksu Debisi
Kişi	lt/N-gün	m ³ /gün
5.000	80	400
7.500	80	600
10.000	90	900
15.000	90	1.350
25.000	90	2.250
35.000	100	3.500
50.000	100	5.000
75.000	100	7.500
100.000	100	10.000
150.000	125	18.750
200.000	125	25.000
250.000	125	31.250
400.000	140	56.000
500.000	140	70.000
750.000	140	105.000
1.000.000	160	160.000
1.500.000	160	240.000
2.000.000	160	320.000

Bu değerler, Türkiye genelinde evsel atıksu karakterizasyonunu ifade etmek amacıyla atıksu arıtma tesisi olan ve uzun süreli ölçümleri bulunan yörelerden elde edilen ölçümlerdir. Tablo 6.3 ise, bu ölçümlerin zaman içinde gerçekleşme ihtimal değerleri verilmiştir.

Burada ölçüm sonuçları verilen atıksu arıtma tesislerinden Isparta ve Tarsus atıksu arıtma tesisleri, yapımcı firmanın denetiminde belediye personeli tarafından, Ankara atıksu arıtma tesisi ASKİ'ye bağlı olarak kurulmuş BELKA A.Ş tarafından, İzmir atıksu arıtma tesisi, İzmir Büyük Şehir Belediyesi bünyesindeki İZSU tarafından işletilmektedir.

Antalya atıksu arıtma tesisi ölçüm sonuçları ise yapımcı firmanın işletmeden sorumlu olduğu süre zarfında firma tarafından yapılmış olan ölçümlerin derlenmesiyle elde edilmiştir. Bu ölçümlerden en az ölçüm sayısı Isparta atıksu arıtma tesisine ait olup 165 günlük bir süreyi kapsar.

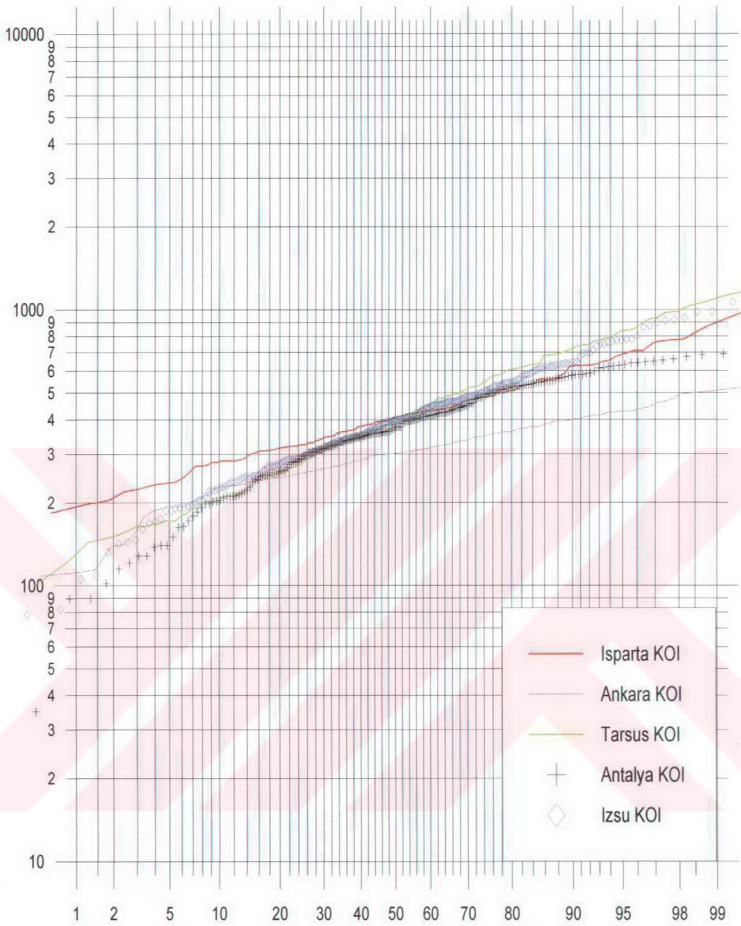
Sırasıyla diğer tesislerin ölçüm süreleri ise, Antalya arıtma tesisinde 232 gün, Tarsus arıtma tesisinde 240 gün, İzmir arıtma tesisinde 275 gün ve Ankara arıtma tesisinde ise 250 günlük bir döneme aittir. Ölçümü yapılmış olan tesislerin yapıldığı illerdeki nüfuslar, Ankara 3.203.362 kişi, İzmir 2.232.265 kişi, Isparta 148.496 kişi ve Antalya 603.190 kişidir. Tablo 6.3'de verilen ölçüm sonuçlarının statiksel anlamda değerlendirmesi yapılmış ve Tablo 6.4 de çeşitli ihtimal değerleri verilmiştir. Bu beş şehrin KOI parametreleri "log normal dağılımda eklenik olasılık dağılımı" biçiminde bir grafik olarak Şekil 6.1 de, Ankara iline ait tüm parametreler ise aynı şekilde "log normal dağılımda eklenik olasılık dağılımı" olarak Şekil 6.2 de gösterilmiştir.

Kirletici parametrelere ait log normal dağılımda eklenik olasılık dağılımı değerlerinde zamanın % 70'inde ve % 80'nin de oluşacak konsantrasyon değerleri belirtilmiştir. Bu değerlerden hareket edilerek yeni yapılacak arıtma tesislerinin tasarımı için yapılmış sağlıklı ölçümlerin bulunmadığı durumlarda arıtma tesisi tasarımına esas atıksu karakterizasyonu için nüfusa bağlı olarak Tablo 6.2'de 80-160 lt/kişi-gün atıksu oluşacağı esas alınarak verilen birim kirletici yükler ve/veya konsantrasyon değerlerinin kullanılması seçilebilir.

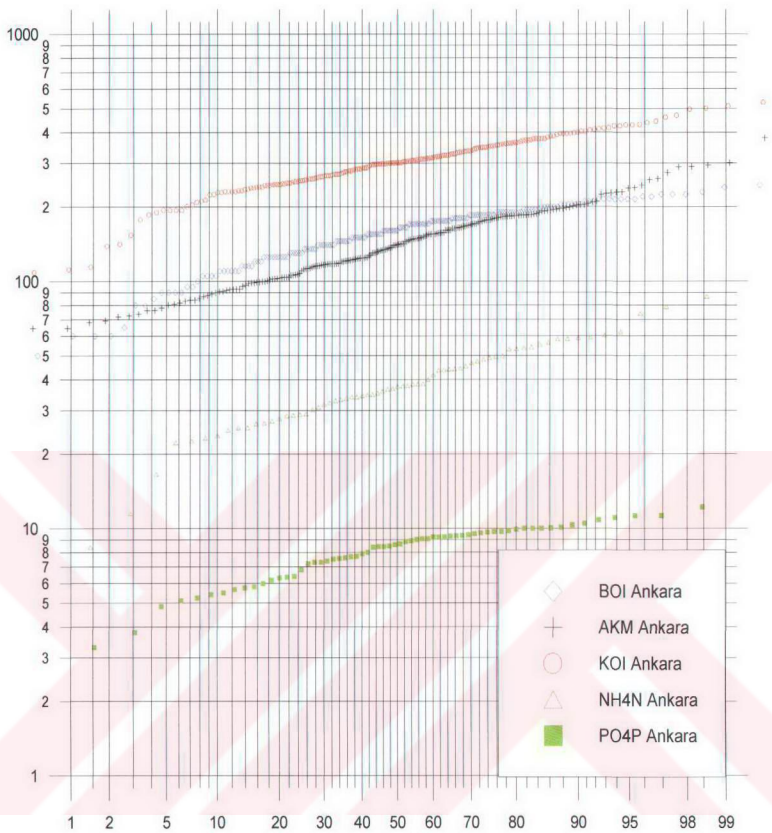
Buradaki kirletici konsantrasyonları, çalışmaya esas alınan finansman hesabındaki 30 yıllık ekonomik ömür boyunca konsantrasyon değerlerinde meydana gelecek değişimlerin ortalamasını ifade eder.

Tablo 6.2 Nüfusa göre tasarım için önerilen atıksu miktarı ve konsantrasyonları

Gelecekteki Nüfus	Birim Su Kullanımı	Birim Atıksu Miktarı	KOI		BOİ5		AKM		TKN		TP	
			Yük	Kons	Yük	Kons	Yük	Kons	Yük	Kons	Yük	Kons
Kişi	lt/kişi.gün	lt/kişi.gün	gr/kişi.gün	mg/lt	gr/kişi.gün	mg/lt	gr/kişi.gün	mg/lt	gr/kişi.gün	mg/lt	gr/kişi.gün	mg/lt
5.000	110	80	55	688	25	316	33	413	5,5	69	0,9	11,00
7.500	110	80	55	688	25	316	33	413	5,5	69	0,9	11,00
10.000	120	90	60	667	28	307	36	400	6,0	67	1,0	10,67
15.000	120	90	60	667	28	307	36	400	6,0	67	1,0	10,67
25.000	120	90	60	667	28	307	36	400	6,0	67	1,0	10,67
35.000	130	100	65	650	30	299	39	390	6,5	65	1,0	10,40
50.000	130	100	65	650	30	299	39	390	6,5	65	1,0	10,40
75.000	130	100	65	650	30	299	39	390	6,5	65	1,0	10,40
100.000	130	100	65	650	30	299	39	390	6,5	65	1,0	10,40
150.000	160	125	70	560	32	258	42	336	7,0	56	1,1	8,96
200.000	160	125	70	560	32	258	42	336	7,0	56	1,1	8,96
250.000	160	125	70	560	32	258	42	336	7,0	56	1,1	8,96
400.000	175	140	75	536	35	246	45	321	7,5	54	1,2	8,57
500.000	175	140	75	536	35	246	45	321	7,5	54	1,2	8,57
750.000	175	140	75	536	35	246	45	321	7,5	54	1,2	8,57
1.000.000	200	160	80	500	37	230	48	300	8,0	50	1,3	8,00
1.500.000	200	160	80	500	37	230	48	300	8,0	50	1,3	8,00
2.000.000	200	160	80	500	37	230	48	300	8,0	50	1,3	8,00



Şekil 6.1 Atıksu Arıtma Tesisi Olan Beş Şehrin Atıksu Karakterizasyonu (log normal dağılımda eklenik olasılık dağılımı)



Şekil 6.2 Ankara İline Ait Atıksu Karakterizasyonu (log normal dağılımda eklenik olasılık dağılımı)

Tablo 6.3 ve Tablo 6.4 ile değişik büyüklükteki beş yerleşim biriminde çalışmakta olan atıksu arıtma tesislerinden elde edilen ölçümler özetlenmiş ve bu değerlerden konvansiyonel atıksu karakterizasyonu hakkında bir fikir edinilebilmektedir. Atıksuyun arıtılabilirliği ile ilgili olarak mevcut karakterizasyonun yorumu yapıldığında ölçülmüş olan ortalama konsantrasyonların oranlanmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 6.5 de ifade edilmiştir.

Tablo 6.3 Türkiye'deki Bazı Şehir Atıksularının Karakterizasyonu

Parametre	İzmir Arıtma Tesisi		Tarsus Arıtma Tesisi		Antalya Arıtma Tesisi		Ankara Arıtma Tesisi		İsparta Arıtma Tesisi	
mg/l	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
KOI	79-1154	424	100-1198	439	35-704	386	109-528	305	184-976	423
BOI ₅	80-540	202	140-400	225	30-475	252	50-245	159	150-450	251
AKM	54-1188	250	19-923	190	18-840	266	65-380	147	75-836	158
TKN	16-97	41	21-71	46	9-50	27	8-87	40	-	-
TP	2.52-27.6	7.68	15-37	24	1-14	6	3.3-12.2	8.2	-	-

Tablo 6.4 Konvansiyonel Parametrelerin İhtimal Değerleri

Parametre	% 70 İhtimal Değeri					% 80 İhtimal Değeri				
	İzmir	Ankara	İsparta	Antalya	Tarsus	İzmir	Ankara	İsparta	Antalya	Tarsus
mg/l										
KOI	483	336	470	451	504	544	362	510	524	606
BOI ₅	220	185	280	310	248	240	190	306	338	260
AKM	267	169	165	310	212	305	184	193	350	241
TKN	45	46	-	33	48	51	53	-	37	53
TP	8.1	9.4	-	6.5	24	8.3	9.8	-	8.1	25

Tablo 6.5 Konvansiyonel parametrelerin oranları

Parametre	İstanbul Orhon ve diğ (1997)	İzmir	Ankara	Tarsus	Isparta	Antalya
		Ölçülmüş Değerler				
BOI ₅ /KOI	0.46	0.47	0.52	0.51	0.59	0.65
KOI/TKN	9.4	10.3	7.6	9.5	-	14.2
KOI/TP	53.3	55.2	37.2	18.3	-	64

Bütün bu değerlendirmelerden hareket edilerek çeşitli alternatif proseslerin maliyet hesaplarının yapılması için tesislerin boyutlandırılması ve ekipman seçimine esas alınan atıksu miktar ve özellikleri Tablo 6.1 de verilmiştir. Bu karakterizasyondan farklı bir atıksu profili ile karşılaşıldığında 7. bölümde verilmiş olan eşitliklerin kullanılması yoluyla seçilmiş olan proses alternatifi için yatırım maliyetleri hesaplanabilir.

7. PROSES, YATIRIM, İŞLETME, FİNANSMAN, MALİYET İLİŞKİSİ

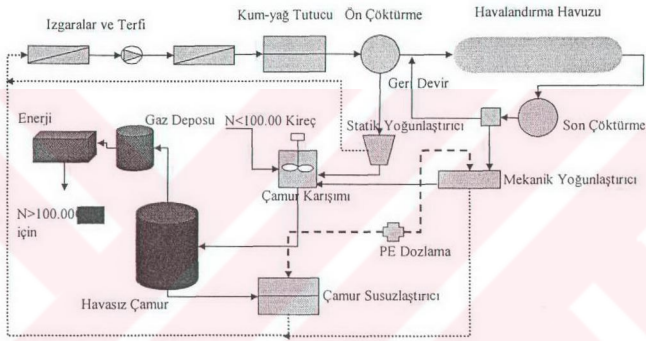
Bu bölümde Tablo 6.1 de verilen nüfuslar için yürürlükte bulunan deşarj standartlarını sağlayacak değişik proses kombinasyonlarının uygulanması durumunda yapılması gereken yatırım ve bu yatırımlara ait işletme maliyetleri değerlendirilmiş olup verilen nüfuslar için optimum maliyete dayalı proses ve arıtma stratejisi verilmiştir.

Yönetmeliklere uygun arıtma verimlerinin sağlanabilmesi için uygulanabilir prosesler olarak klasik aktif çamur (AC), uzun havalandırılmalı aktif çamur (UAC) ve ön denitrifikasyonla biyolojik azot giderimi yapan (BNR) sistemler seçilmiştir. Bu sistemlere ait blok diyagramları sırasıyla AC sistemin için Şekil 7.1’de, UAC sistemi için Şekil 7.2’de ve son olarak BNR sistemi için Şekil 7.3’de verilmiştir.

Bu proses seçeneklerinin her biri için Tablo 6.1 deki tüm nüfus değeri için proses hesabı yapılarak gerekli ünitelerin boyutları, ekipman kapasite ve sayıları belirlenmiştir. Daha sonra bu seçeneğe ait inşaat ve elektrik-mekanik yatırım maliyetleri, yine her prosese göre farklılıklar içeren personel, kimyasal madde, enerji, nakliye vb. kalemleri içeren işletme giderleri ile birlikte hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonucunda her nüfus değeri için üç farklı proses seçeneğine ait inşaat, elektrik, mekanik yatırım maliyetlerinin yanında, yine bu üç proses için her nüfus değerine karşı gelmek üzere yıllık işletme maliyetleri de hesaplanmıştır. Bu sonuçlar daha sonra finansman modeline konularak her alternatif prosesin, her nüfus değerindeki güncel, bugünkü değer hesaplaması yapılmış ve sağlanan finansmanın geri ödenmesi için mümkün olabilecek, atıksu katkı paylarının maliyetleri belirlenmiştir. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için proses, inşaat, elektrik-mekanik ve finansman hesaplarında yapılmış olan kabuller ve genellemeler aşağıda açıklanmıştır.

7.1. İlk Yatırım Maliyeti

Atıksu arıtma tesislerinin inşaat, elektrik-mekanik ekipman, projelendirme ve mühendislik gibi kalemlerden kaynaklanan yatırım bedelinin hesaplanması için belirli kabuller yapılmış ve farklı proses çözümlerine uygulanarak toplam yatırımın tutarı hesaplanmıştır. Yatırım bileşenleri inşaat, elektrik ve mekanik olmak üzere ayrı ayrı ve toplam olmak üzere ifade edilmiştir. Türkiye’de benzer bir çalışma da debi-maliyet analizlerinin yapılması ve arıtma tesislerinde fiyat endeksinin oluşturulması amacıyla 1995 yılında yapılmıştır (Tuna 1995).



Şekil 7.1 AC Sistemi Blok Diyagramı

7.1.1 Proses hesapları, elektrik, mekanik ekipmanlar için yapılan kabuller

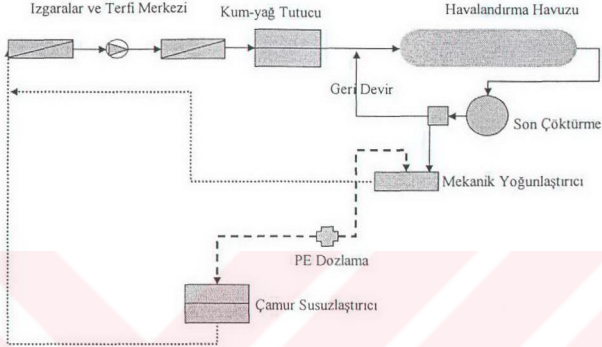
Yatırım bedellerinin bulunması için bu çalışma kapsamında irdelenen farklı proses alternatiflerinin tasarımında sabit olarak kabul edilen ve tüm hesaplarda ortak olarak alınarak maliyetler arasındaki değişimin sadece seçilen prosese bağlı olarak gelişmesi için yapılan kabuller aşağıda, 500.000 kişilik AC sistemine ilişkin örnek hesaplar ise EK A’da verilmiştir.

1) AC ve UAC sistemleri için atıksu sıcaklığı 20°C , BNR sistemlerinde ise nitrifikasyon süreci için en düşük atıksu sıcaklığı, 12°C olarak alınmıştır. Bu prosesler için havalandırma havuzunun tasarımında kullanılan çamur yaşları sırasıyla, AC sisteminde 4-5 gün, UAC sisteminde, 20, BNR sisteminde ise ortalama 10 gün olarak alınmıştır,

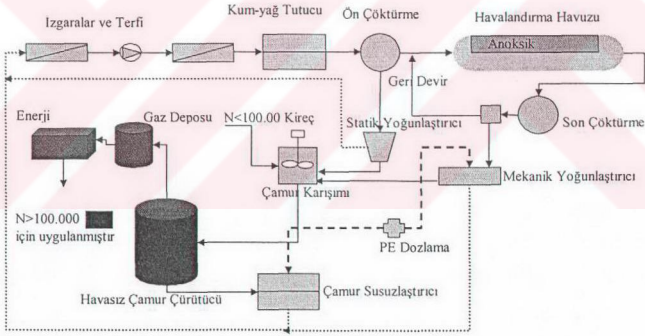
- 2) Arıtmaya esas atıksu karakterizasyonu Tablo 6.2 de verilmiştir,
- 3) Tüm biyolojik arıtma sistemlerinde blower-difüzör kombinasyonu ile havalandırma ve karıştırma yapılmıştır,
- 4) Oluşan ızgara atıkları ve çamur kekinin, tesis sahasından maksimum 20 km uzaklıktaki bir döküm alanına gönderildiği ve bedelsiz olarak döküldüğü kabul edilmiştir,
- 5) Tesiste kullanılan tüm mekanik ekipmanların malzemesi epoksi kaplı karbon çelik ve/veya galvaniz kaplı karbon çelik olarak fiyatlandırılmıştır,
- 6) Tesiste PLC ile otomasyon hesaplanmamıştır,
- 7) Tesislerin işletilmesi sırasında özellikle nüfus değerlerinin büyük olmadığı yerleşimlerde bile, yönetiminden sorumlu bir kadro ve bu kadroya ait sabit genel giderler hesaplanmış, nüfustan bağımsız olarak tüm nüfuslar için giriş ve çıkış hatlarında bir debimetre ve otomatik numune alma sistemi öngörülmüştür,
- 9) Tüm tesislerde farklı büyüklükte olsa da bir laboratuvar bulunduğu ve işletildiği öngörülmüştür,
- 10) Arıtılacak olan atıksu miktarına tesis içi filtrat ve yıkama suları da dahil edilmiştir.

Bu gibi bazı hususların özellikle nüfusu az olan belediyelerin arıtma tesislerindeki işletmelerde, aynı biçimde ele alınmaması neticesinde bu çalışmada hesaplanmış yatırım ve işletme bedellerinden farklılıkları görülebilir. 5.000-2.000.000 nüfus aralığında optimum maliyete dayalı bir tasarım yapılması bu tesislerden kaynaklanan çamurların stabilizasyon ve kurutulmuş çamurun uzaklaştırma yöntemlerine de yakından bağlıdır. Çünkü mevcut uygulamalarda olduğu gibi katı atık depolama alanlarına arıtma çamurlarının kabulü sırasında, atık cinsine ve miktarına bağlı olarak bir bedel alınmamaktadır. Özellikle belediyelerin sorumluluğunda olan katı atık depolama sahaları (vahşi döküm alanlarından farklı olarak) yine aynı belediye tarafından işletilen arıtma tesisinden kaynaklanan çamurun depolanması için (yönetmeliklere uygun bir kurulumda ve içerikte olmasa bile) bir sorun yaratmamaktadır. Bu durum seçilecek yöntemin benzer tesisler için Avrupa'da uygulanan ve belirli temellere dayanan arıtma yöntemleri ile farklılıkların oluşmasına neden olabilmektedir.

Tablo 6.2 de verilen nüfus ve kirlilik değerleri için belirtilmiş olan bütün noktaların dikkate alınması ile yapılmış olan proses hesaplamaları sonucunda, AC, UAC ve BNR sistemi için boyutlandırılan arıtma tesislerinin İnşaat İşleri Yatırım Maliyetleri, Şekil 7.4 de 5.000-75.000 kişi için ve Şekil 7.5'de de 100.000-2.000.000 kişilik nüfus aralığındaki belediyeler için USD olarak verilmiştir.



Şekil 7.2 UAC Sistemi Blok Diyagramı



Şekil 7.3 BNR Sistemi Blok Diyagramı

7.1.2 Arıtma tesisi inşaat maliyeti hesap kabulleri

Tablo 6.1 de verilmiş olan nüfuslar için farklı proses alternatifleriyle atıksu arıtma tesisi inşaat işleri yapımına ilişkin bazı temel verilerin tüm çözümler için sabit olduğu kabul edilmiş olup, bu kabuller aşağıda verilmiştir. 500.000 kişilik AC sistemine ait örnek inşaat metrajı da EK B’de verilmiştir.

1) Tesisinin yapılacağı bölgenin sağlam zeminde olduğu öngörülmüş ve inşaat işlerinin hesabında zemin iyileştirilmesine ilişkin bir maliyet hesaplanmamıştır.

2) Atıksu arıtma tesisinin yapılabileceği büyüklükte arazinin kullanılabilir olarak bulunduğu ve bu noktaya kadar atıksuyun kanalizasyon sistemiyle getirildiği kabulü yapılmıştır. Ayrıca bu arazi için bir kamulaştırma bedeli hesaplanmamıştır.

3) Atıksuyun arıtma tesisine geldiği kot ve arıtma tesisinin yapıldığı arazinin şekli ve topografyası tüm hesaplamalarda aynı kabul edilmiştir. Atıksuyun zemine göre -3.0 kotundan geldiği kabul edilerek zemine göre maksimum + 5.0 kotuna kadar terfi edileceği, enerji gideri hesaplamalarına temel alınmıştır.

4) Arıtılmış suyun deşarj noktası, son çöktürme tanklarından sonra debi ölçümünün yapıldığı ve numune alma sisteminin bulunduğu yapı olarak kabul edilmiştir. Ayrıca bir deşarj hattı maliyeti, hesaplanmamış olup deşarjın cazibeli olarak yapılabildiği düşünülmüştür. Deşarj hattı için kamulaştırma maliyeti dikkate alınmamıştır.

5) İnşaat işleri malzeme birim fiyatları Türkiye’nin her yerinde eşit kabul edilmiştir. Bu malzemelerin temin miktarlarındaki farklılığa göre sağlanabilen indirimler dikkate alınmamıştır.

6) Bütün sistemlerin hesabında maliyete esas olarak alınan ana inşaat kalemleri aşağıda listelenmiş olup, farklılık gösterebilecek olan pozlar hesaplamaya alınmamıştır.

a) Makine ile kazı yapılması (zeminin küskülük olduğu kabul edilmiştir),

b) 200 Doz grobeton dökülmesi,

c) 250 Doz betonarme betonu dökülmesi,

d) Eğri yüzeyli kalıp yapılması,

e) Düz yüzeyli kalıp yapılması,

f) Betonarme betonuna demir konulması (ortalama 100 kg/m³),

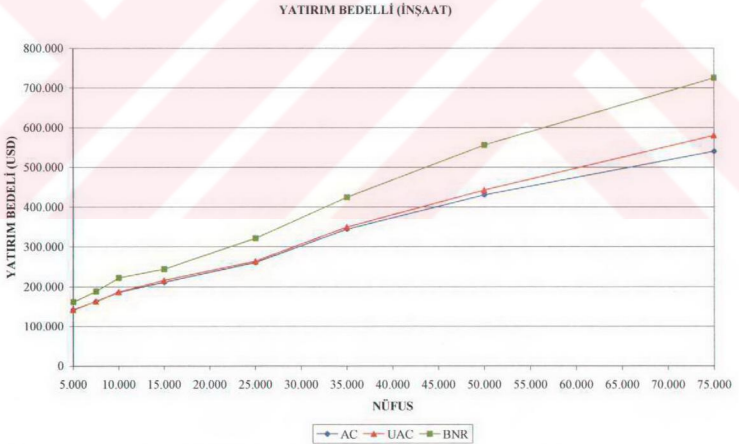
g) Betonarme havuzlara sızdırmalık için katkılı şap yapılması,

ı) Betonarme havuzların derzlerinde su tutucu bant kullanılması,

7) Tesis sınırları içine kadar enerjinin yeterli güçte getirildiği kabul edilmiş olup, enerji nakil hattı inşası veya kamulaştırma bedeli hesaplanmamış olup, tesislerde jeneratör öngörülmemiştir.

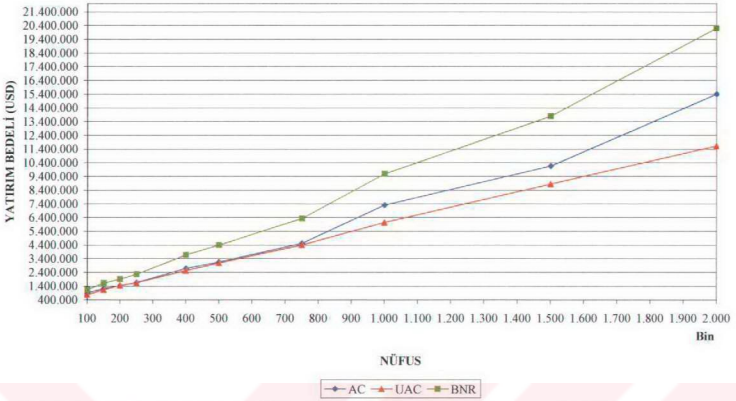
Proses yapıları ve fonksiyonel binaların dışında kalan kalemler, örneğin saha içi yollar, peyzaj vb. gibi kalemlerin maliyete olan etkisi dikkate alınmamıştır.

Her bir tesisin inşaat yatırımının eşdeğer bazda değerlendirilebilmesi için bu kabullerin yanında müteahhit hizmetleri için uygulayıcı firmaya göre farklılık gösterebilecek olan önemli bir kalem olan genel gider ve kar kalemi, her çözüm için sabit ve aynı (1.25) olarak kabul edilmiştir. Bu değer farklı olması durumunda hesaplanarak Şekil 7.4 ve Şekil 7.5 de ifade edilen değerlerin farklılık göstermesi doğal karşılanmalıdır.



Şekil 7.4 5.000-75.000 Nüfuslu Yerleşimlerin İnşaat Yatırım Bedeli

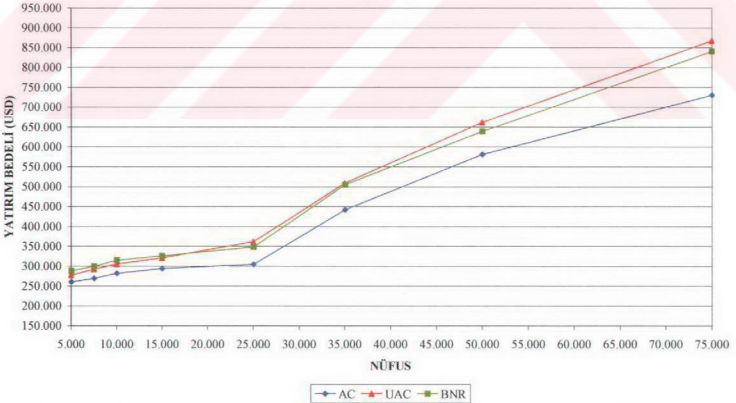
YATIRIM BEDELİ (İNŞAAT)



Şekil 7.5 100.000-2.000.000 Nüfuslu Yerleşimlerin İnşaat Yatırım Bedeli

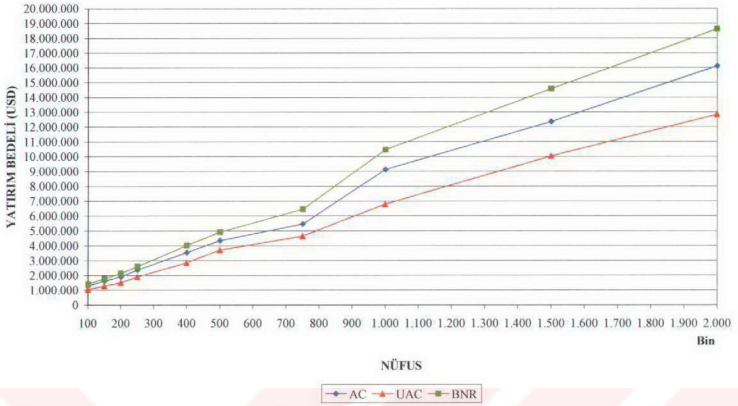
Benzer şekilde aynı sistemlerin elektrik ve ekipman yatırım bedelleri sırasıyla Şekil 7.6 ve Şekil 7.7 de, verilmiş olup bunların kendi içindeki dağılımları da ayrıca belirtilmiştir.

YATIRIM BEDELİ (ELEKTRİK ve MEKANİK)



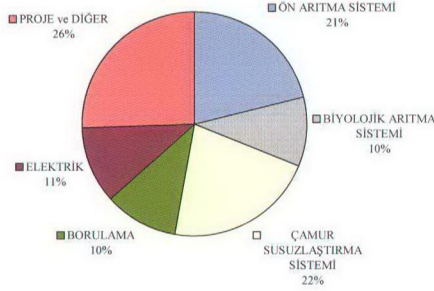
Şekil 7.6 5.000-75.000 Nüfuslu Yerleşimlerin Elektrik ve Ekipman Yatırım Bedeli

YATIRIM BEDELİ (ELEKTRİK ve MEKANİK)



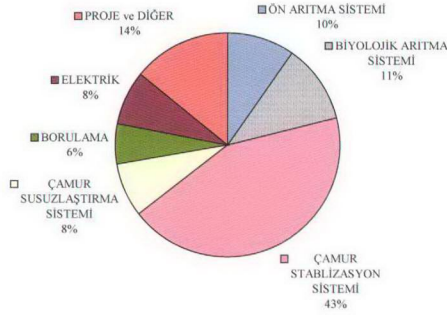
Şekil 7.7 100.000-2.000.000 Nüfuslu Yerleşimlerin Elektrik ve Ekipman Yatırım Bedeli.

Farklı proses seçenekleri için elektrik-mekanik ekipman maliyetlerinin hesaplanmasında uygulanacak olan çamur stabilizasyon teknikleri bakımından önemli farklılıklar bulunması nedeniyle, yatırım maliyetlerinde de önemli farklılıklar oluşmaktadır. Her proses alternatifi için çalışılan nüfus aralığının alt ve üst sınırlarına yakın birer örnek alınmış ve bu örneklerde, toplam elektrik-mekanik yatırım bedeli içindeki dağılım AC sistemi için Şekil 7.8 ve Şekil 7.9 da, UAC sistemi için Şekil 7.10 ve Şekil 7.11 de, son olarak BNR sistemi için ise Şekil 7.12 ve Şekli 7. 13 de gösterilmiştir.



Şekil 7.8 25.000 Kişilik AC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı

Şekil 7.8 den görüldüğü gibi konvansiyonel aktif çamur prosesinin 25.000 kişi için uygulanmasında, seçilen çamur stabilizasyon yöntemi çamur susuzlaştırma sistemi içinde ele alınan kireç dozlamasıdır. Bu sistem 100.000 kişilik tesislere kadar aynı şekilde uygulanmıştır. Bu nedenle çamur stabilizasyon maliyeti susuzlaştırmanın içinde kalmaktadır. Tüm elektrik-mekanik yatırım bedeli içinde önemli bir oran tutan proje ve diğer kalemi içinde ise, tesisteki tüm elektrik ve mekanik ekipmanlarının montaj maliyeti, arıtma tesisine ait laboratuvarın maliyeti, nakliye ve all risk sigortası primleri, işletme süresinde yapılacak tüm analizlerin bedelleri ve ekipman test ücretleri de, projelendirme ve mühendislik hizmetlerinin yanında yer almakta ve bu nedenle proje ve diğer adı altındaki kalemin oranı yükselmektedir.

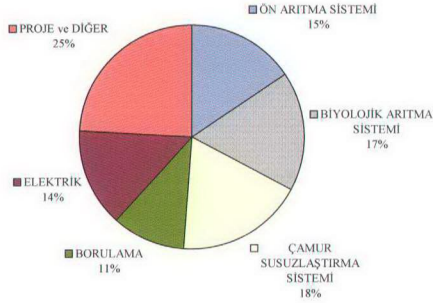


Şekil 7.9 1.000.000 Kişilik AC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı

Şekil 7.9'dan görüldüğü gibi havasız çamur stabilizasyonunun uygulandığı sistemlerde, bu prosese ait elektrik ve mekanik ekipmanların oranı, toplam elektro mekanik ekipman yatırım bedeli içerisindeki en büyük kalemi oluşturmaktadır. Çünkü bu sistem içindeki ekipmanların bir çoğu zaten ithal ekipman kapsamında (biyogaz motoru, elektrik enerjisi üretim sistemi, biyogaz kompresörü vb) olmaktadır.

Ayrıca havasız çamur stabilizasyon sisteminin Borulama ve elektrik maliyetleri de kendi içerisinde ele alınmış ve arıtma tesisi genel elektrik ve Borulama işlerinden ayrı tutulmuştur. Böylelikle havasız çamur stabilizasyonu sisteminin yatırım içindeki ağırlığı açıkça görülmektedir. Çamur susuzlaştırma sistemi oranı ise artan kapasiteye ve ayrı bir stabilizasyon uygulanmasına bağlı olarak azalmaktadır. Tabii ki bütün maliyetlerin belirlenmesinde olduğu gibi, kullanılan ekipmanların imalatçılarına bağlı olarak maliyet değişiklikleri de olmaktadır. Ancak bu çalışmada tüm sistemler için ortak olarak kullanılan, tüm mekanik ekipmanlar için aynı imalatçı seçilerek bu farklılaşma minimum düzeyde tutulmuştur.

500.000 kişilik AC sistemine ait elektrik ve mekanik ekipmanlara ait fiyat hesaplamaları EK C'de verilmiştir.

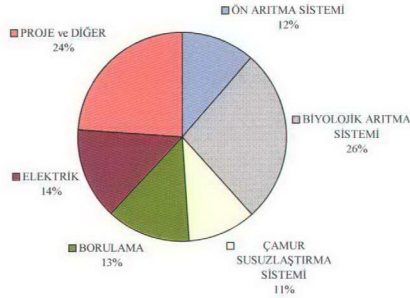


Şekil 7.10 25.000 Kişilik UAC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı

Uzun havalandırılmalı aktif çamur sisteminde, çamur stabilizasyonu için ayrı bir yöntem kullanılmadan, biyolojik süreç içerisinde stabilizasyonun sağlanması nedeniyle, 25.000 kişilik aktif çamur sistemiyle karşılaştırıldığında biyolojik arıtmada kullanılan elektrik-mekanik ekipman oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ön çöktürme sisteminin bulunmaması sebebiyle ön arıtma sistemi maliyeti de klasik aktif çamura göre daha düşük kalmaktadır.

Proje ve diğer giderlerde önemli bir farklılık olmamasına karşın, artan enerji ihtiyacı sebebiyle elektrik yatırımda belirgin bir artış olmuştur. Çamur susuzlaştırma sisteminde ise, azalan çamur miktarı sebebiyle klasik aktif çamur sistemine göre daha düşük bir maliyet oluşmuştur.

UAC sisteminin uygulandığı nüfusun artmasına paralel olarak elektrik-mekanik ekipman yatırımdaki artış, özellikle biyolojik arıtma ünitelerinde olmaktadır. Bunun sebebi daha öncede vurgulandığı gibi çamur stabilizasyonunun aerobik olarak (oksijen ile) yapılmasından kaynaklanan aşırı hava ihtiyacının karşılanması için gerekli blower, difüzör vb sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Bunun sonucu olarak artan elektrik tüketimi artan elektrik yatırımını getirmiştir.

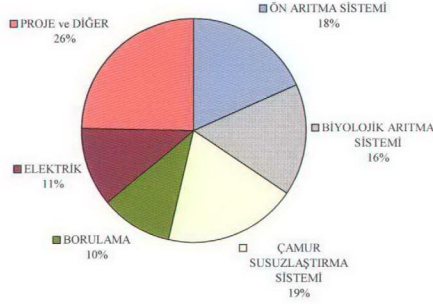


Şekil 7.11 1.000.000 Kişilik UAC sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı

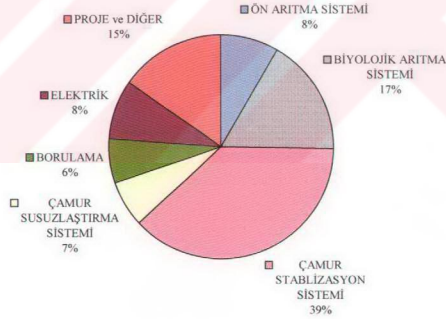
Şekil 7.12 ile gösterilmiş olan dağılım, ön denitrifikasyon yaparak biyolojik olarak azot giderimi de yapan 25.000 kişilik bir tesisin elektrik ve mekanik ekipman yatırım bedelini ifade etmektedir. Bu nüfus değerinde klasik aktif çamur sistemiyle büyük benzeşim gösteren prosesin tek, ancak önemli farklı havalandırma havuzunun tasarımında kullanılan çamur yaşının klasik aktif çamur sisteminde yaklaşık 2.5 kat daha büyük olmasıdır.

Bunun yanında uzun havalandırmalı aktif çamur sistemindeki çamur yaşından ise, yaklaşık yarı yarıya daha küçük bir çamur yaşı kullanılmıştır. Bu sebeple biyolojik arıtmanın elektrik ve mekanik ekipman içindeki ağırlığı klasik aktif çamura göre daha yüksek, uzuna havalandırmalı aktif çamura göre daha düşük kalmaktadır.

Bunun yanında Şekil 7.13 de görülebileceği gibi, BNR sistemi kendi içinde artan nüfus değerine paralel olarak çamur stabilizasyonunun havasız çürütme ile gerçekleştirilmesi nedeniyle klasik aktif çamur sisteminde olduğu gibi toplam elektro mekanik maliyeti içinde en büyük oranı çamur stabilizasyonu almaktadır. Bunun yanında artan oksijen ihtiyacının karşılanması için klasik aktif çamur sistemine göre daha büyük veya daha fazla sayıda blower kullanılması neticesinde biyolojik arıtma sistemindeki ekipmanların yüzdesi de klasik aktif çamur sistemine oranla daha fazla olmaktadır.



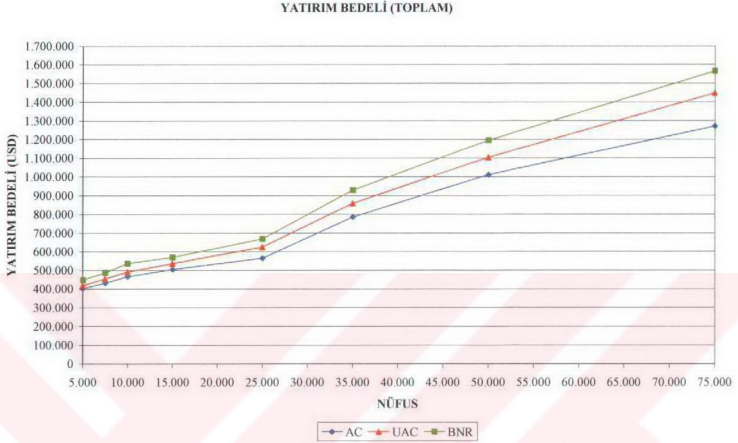
Şekil 7.12 25.000 Kişilik BNR sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı



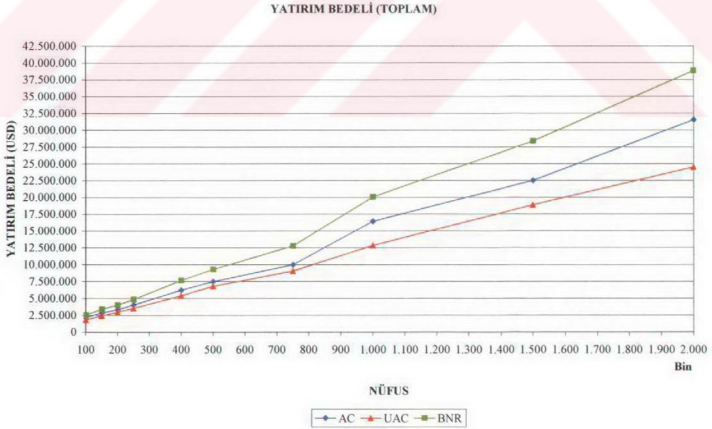
Şekil 7.13 1.000.000 Kişilik BNR sistemi için elektrik-mekanik maliyeti dağılımı

BNR sisteminde oluşan fazla çamur miktarının, klasik aktif çamur sistemine göre daha az olması sebebiyle havasız çamur çürütme sistemi elektro mekanik yatırım bedeli klasik aktif çamur sistemindeki çamur stabilizasyon ünitesine göre daha azdır.

Farklı proses alternatifleriyle tasarlanan, inşaat, elektrik-mekanik yatırım maliyetleri verilmiş olan sistemlerin bazılarının elektrik-mekanik yatırım maliyetleri ayrıca detaylandırılmış olarak verilmişti. Şekil 7.14 ve Şekil 7.15 de ise bu sistemlerin toplam yatırım maliyetleri nüfusa bağlı olarak ifade edilmiştir.

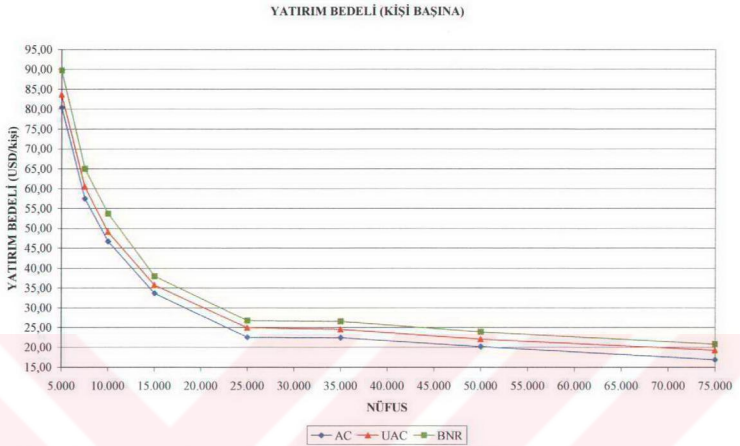


Şekil 7.14 5.000-75.000 Nüfuslu Yerleşimlerin Toplam Yatırım Bedeli

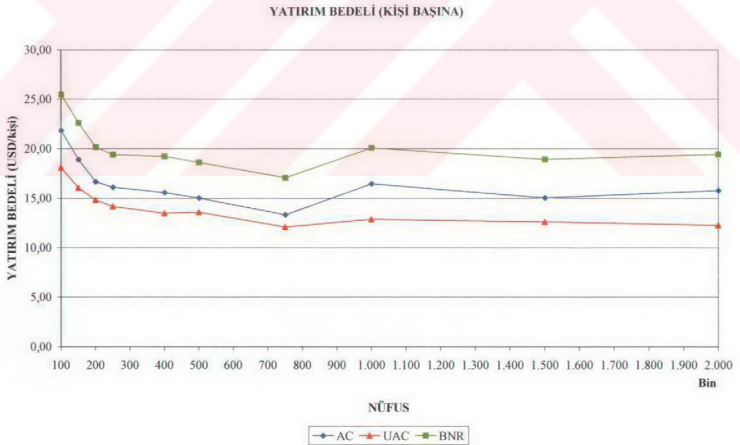


Şekil 7.15 100.000-2.000.000 Nüfuslu Yerleşimlerin Toplam Yatırım Bedeli

Şekil 7.16 ve Şekil 7.17 de ise farklı proseslere göre tasarlanmış atıksu arıtma tesislerinin hizmet verdiği nüfus başına toplam yatırım bedeli ifade edilmiştir.



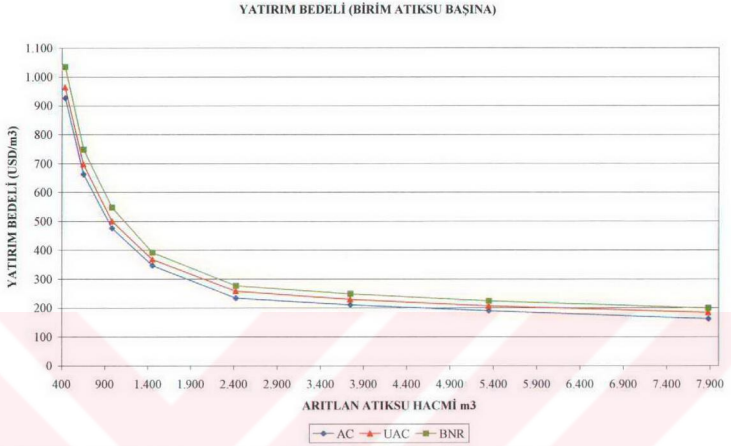
Şekil 7.16. Toplam Yatırımın Nüfusa Göre Dağılımı (5.000-75.000)



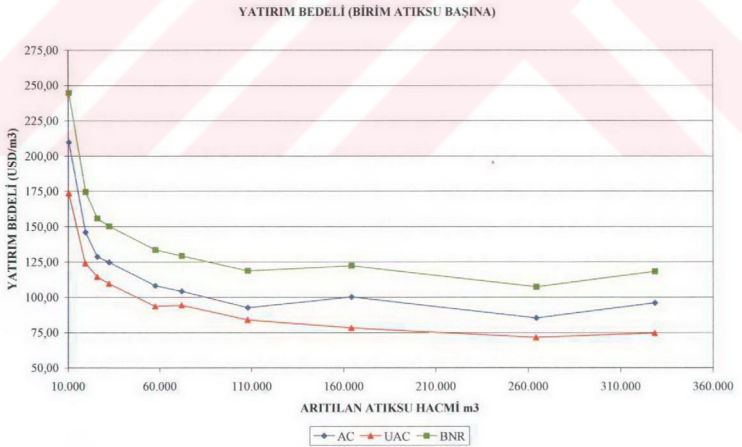
Şekil 7.17 Toplam Yatırımın Nüfusa Göre Dağılımı (100.000-2.000.000)

Şekil 7.16 ile Şekil 7.17 den de görülebileceği gibi 100.000 kişilik nüfusa kadar klasik aktif çamur sistemi en düşük yatırım maliyetine sahiptir.

Aynı şekilde farklı proseslerin kullanılması ile elde edilen yatırım maliyetlerinin artırlan birim atıksu başına ifade edilmesi ile elde edilen değerler ise Şekil 7.18 ve Şekil 7.19'daki grafiklerle ifade edilmiştir.



Şekil 7.18 Toplam Yatırımın Günlük Arıtılan Atıksuya Göre Dağılımı



Şekil 7.19 Toplam Yatırımın Günlük Arıtılan Atıksuya Göre Dağılımı

İller Bankası veya dış kaynaklardan finansmanı sağlanarak yapılmış olan 46 adet değişik büyüklükteki atıksu arıtma tesisinin yatırım maliyetlerine ilişkin bilgiler derlenmiş, nüfusu 1.000.000'na kadar olan atıksu arıtma tesislerine ait bilgiler Tablo 7.1'de verilmiştir. Bu atıksu arıtma tesisleri, hizmet ettikleri nüfuslar esas alınarak $N < 100.000$ kişi, $100.000 < N < 500.000$ ve $N > 500.000$ kişi olarak sınıflandırılmıştır. Bu gruptaki tesislerin maliyetleri 1.1 ile 49 milyon USD arasında değişmektedir. Tablo 7.1'de verilen bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda $N < 100.000$ kişilik tesislerin 15 tanesinin 1-5 milyon USD, 2 tanesinin 5-10 milyon USD ve 2 tanesinin de 10 milyon USD büyük bir yatırım maliyeti olduğu görülmüştür.

Bütün bu verilerin değerlendirilmesiyle $N < 100.000$ kişilik bir tesisin yatırım bedelinin 5 milyon USD civarında olabileceği söylenebilir (Dölgen 2004). Yatırım maliyetlerinin nüfusa bağlı olarak değerlendirilmesi sonucunda $N < 100.000$ kişi için birim maliyetlerin 22-613 USD arasında olduğu görülmektedir. Bu geniş aralık içinde birim yatırım maliyeti 50 USD/kişi değerinden küçük olan 11 tesis, 50-100 USD/kişi arasında bulunan 2 tesis ve 100 USD/kişi değerinden büyük olan 6 tesis bulunmaktadır. İncelenen tesisler arasında nüfusun 100.000 ile 500.000 kişi arasında olduğu 16 adet atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu grup tesislerin ilk yatırım maliyetlerinin 3-50 milyon USD arasında değiştiği görülmektedir (Dölgen 2004). Bu tesislerden 5 tanesinin yatırım maliyeti 5 milyon USD'nin altında, 6 tanesi 5-10 milyon USD arasında ve 5 tanesinin de 10 milyon USD'nin üzerinde bir yatırıma sahip olduğu görülür. Bütün bu verilerin değerlendirilmesi ile, 100.000-500.000 kişi kapasiteli atıksu arıtma tesislerinin yatırım maliyetlerinin 20 milyon USD'nin altında olabileceği söylenir (Dölgen 2004). Aynı değerlendirme birim atıksu debisi başına yapıldığında ise 25-117 USD/kişi aralığı elde edilir (Dölgen 2004). Bu yatırım bedelleri 500.000 kişiden daha büyük nüfuslar için incelendiğinde ise yatırım tutarının 14.5-117 milyon USD arasında olduğu ve kişi başına düşen bedelin ise 15-132 USD/kişi olduğu görülebilir. Aynı biçimde Tablo 7.2 de ise nüfus 1.000.000'dan daha fazla olan yerleşimlerde yapılmış olan atıksu arıtma tesislerine ait bilgiler verilmiştir (Dölgen 2004).

Tablo 7.1 Nüfusu 1.000.000'a kadar olan mevcut kentsel atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri (Dölgen 2004)

Arıtma Tesisi	Nüfus (kişi)	Debi (m ³ /gün)	Yatırım Maliyeti 10 ⁶ (USD)	Birim Maliyeti (USD/kişi)	Finansman Kaynağı	Proses
İst-Terkos	10.000	1.700	1.64	164	ÖK	UAC-NG
Gerede	20.500	583	4.4	213	ÖK-İB	SH
Kadıhanı	28.735	1.607	2.8	96	ÖK-İB	SH
Arifiye	32.459	3.504	1.1	35	ÖK-İB	OH
Bilecik	34.215	1.466	1.2	35	ÖK-İB	AÇ
Develi	40.164	2.448	1.6	40	ÖK-İB	DF
İst-Ataköy	45.000	7.650	11	244	ÖK	AC
Dinar	46.000	3.936	1.6	34.5	ÖK-İB	AC
Erciş	48.052	2.892	3.0	62	ÖK-İB	SH
Afşin	56.531	4.085	1.8	35.5	ÖK-İB	UAC
Niğde-Bor	64.574	2.976	7.6	117	ÖK-İB	SH
Yozgat	64.917	5.232	2.3	34.5	ÖK-İB	AC
Foça	70.000	14.083	13	184	DK-İsp FAD	UAC-NG
Lüleburgaz	70.408	3.571	2.8	39	ÖK-İB	DF
Niğde	79.609	5.544	2.8	35	ÖK-İB	AC
Dalaman	80.000	20.000	49	612.5	DK-Dresdner Bank	UAC-NG
Reyhanlı	82.291	7.008	1.8	22.3	ÖK-İB	SH
Ağrı	92.475	9.240	3.2	35	ÖK-İB	AC
Kilis	99.500	6.384	3.9	39	ÖK-İB	DF

Tablo 7.1 Nüfusu 1.000.000'a kadar olan mevcut kentsel atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri (Dölgren 2004) devamı

Arıtma Tesisi	Nüfus (kişi)	Debi (m ³ /gün)	Yatırım Maliyeti 10 ⁶ (USD)	Birim Maliyeti(USD/kişi)	Finansman Kaynağı	Proses
İzmir-Güzeldahce	100.000	20.000	3.5	35	ÖK	UAC-NG
Adıyaman	113.720	6.139	4.4	38	ÖK-İB	DF
Kırşehir	119.055	10.212	3	25	ÖK-İB	SH
Turhal	128.403	11.112	4.1	32	ÖK-İB	AC
Nevşehir	137.000	10.416	4.6	34	ÖK-İB	AC
Karaman	139.400	9.989	11.5	82	ÖK-İB	SH
Osmaniye	152.374	8.146	5.7	38	ÖK-İB	DF
Karabük	179.056	11.237	5.8	32	ÖK-İB	AC
Kütahya	230.000	53.952	5.9	26	ÖK-İB	AC
İsparta	240.000	53.825	14.5	60.5	DK-KfW	AC
Körfez	260.000	19.512	8	31	ÖK-İB	UAC
Balıkesir	274.416	30.835	9.4	34	ÖK-İB	DF
Eskişehir	300.000	75.000	9.6	32	ÖK-İB	AC
Tarsus	312.398	43.000	19.2	61.5	DK-KfW	UAC
Kahramanmaraş	324.511	27.432	10.1	31	ÖK-İB	AC
İskenderun	432.000	86.400	50	115.7	DK-American Exim B	UAC
Adapazarı	505.107	50.952	14.5	29	ÖK-İB	AC
Bursa 1. kademe	885.600	177.120	117	132	DK-World Bank	AN.Stab
Diyarbakır	900.000	180.000	23.7	26	DK-KfW	UAC

İller Bankası veya yabancı kredinin finansman kaynağı olarak kullanılması neticesinde yaklaşık aynı kapasitede olan tesislerin bile ilk yatırım maliyetleri arasındaki büyük farkın dikkat çekici olduğu Tablo 7.1 ve Tablo 7.2'nin incelenmesinden görülmektedir. Buradaki temel unsur, sağlanan finansmanın koşulları ve/veya tasarlanan tesisin tasarım esasları doğrultusundaki farklılığı olabilir.

Bu çalışmanın kapsamı içinde olmamakla birlikte elde edilecek sonuçların daha iyi irdelenebilmesi için, atıksu arıtma tesislerinin yanı sıra kanalizasyon yatırımlarının yapılabilmesi için belediyeler tarafından sağlanması gereken yatırım ve işletme finansmanı hakkında bazı bilgilerin değerlendirilmesi yararlı olacaktır. Belediyeler kanalizasyon sistemlerinin kurulması için gerekli olan ilk yatırım maliyetinin finansmanın bir kısmını hizmet verilen cadde ve sokaklarda bulunan konut ve işyerlerinden belediye tarafından tahsil edilen emlak vergisinden karşılamaktadır. Bu finansmanın miktarının belirlenmesi için kanalizasyon sisteminin yapılacağı alanın büyüklüğü, imar planlarında görülen nüfus yoğunluğu ve buna bağlı olarak kullanılacak boruların çapları, cinsleri önem taşımaktadır. Tablo 7.3'de verilen altyapı yatırım ve işletme bedelleri 1999 yılında tamamlanan İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı çalışmasındaki veriler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Ayrıca nüfus değerlerine göre öngörülen imara açık yerleşim alanlarında hektar başına yaklaşık 8.0 Km (İSKİ Master Plan 1999) kanalizasyon borusu döşeneceği kabulü ile, nüfusa bağlı olarak toplam kanal boyları bulunmuş ve bulunan toplam kanal boyu çeşitli oranlarda artan çaplara göre dağıtılmıştır. Bahsi geçen çalışma kapsamında 2.283 Km atıksu şebeke ve toplayıcısı, 4.5 Km tünel, 911 Km yağmur suyu şebeke ve toplayıcısı ve 11 Km dere ıslahı yapılmıştır. Tablo 7.3 de verilen nüfus yoğunluğu değerleri de bu çalışma içersinde ele alınan havzalarda bire bir yapılmış çalışmalardan alınan ortalama değerdir.

Böylelikle belediye sınırları içinde yaşayan ve altyapı hizmetinden yararlandığı için su bedeli olarak ödenen bedelin içinde atıksu arıtma ve kanalizasyon sistemi içinde bulunan katkı paylarının daha doğru olarak öngörülmesi sağlanabilecektir.

Tablo 7.2 Nüfus 1.000.000'dan büyük mevcut kentsel atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri (Dölgün 2004)

Arıtma Tesisi	Nüfus	Debi (m ³ /gün)	Yatırım Maliyeti 10 ⁶ (USD)	Birim Maliyeti (USD/kışı)	Finansman Kaynağı	Proses
İst- Paşaköy	1.065.000	500.000	29	27.3	ÖK	UAC-NG
Konya	1.600.000	320.000	28.4	18	DK-İsp-FAD	UAC-NG
Tuzla	1.800.000	224.000	26.4	15	ÖK-İB	AC
Adana	1.800.000	311.973	47.6	26	DK-EİB	AC+K
Bursa 2. Kademe	2.500.000	495.500	95	38	DK-EİB	UAC-NG-K
İzmir-Çiğli	3.024.000	604.800	60	20	ÖK	UAC-NG
İst-Tuzla	4.500.000	900.000	72	16	ÖK	UAC-NG
Ankara	6.000.000	800.000	175	29	DK-KTW	UAC-NG

Tablo 7.3 Nüfusa bağlı atıksu toplama sistemi yatırım bedelleri

Nüfus	Toplam Alan	Toplam Kanal Uzunluğu	mm Cinsinden Çap Dağılımı %							Yatırım Bedeli	
			300	400	500	600	700	800	900	USD	USD/kişi
kişi	ha	m									
5.000	50	8.000	0,99	0,01						1.024.720	204,94
7.500	75	12.000	0,99	0,01						1.537.080	204,94
10.000	100	16.000	0,98	0,02						2.050.880	205,09
15.000	150	24.000	0,98	0,02						3.076.320	205,09
25.000	167	26.667	0,97	0,03						3.420.533	136,82
35.000	233	37.333	0,96	0,04						4.792.107	136,92
50.000	333	53.333	0,96	0,04	0,00					6.845.867	136,92
75.000	417	66.667	0,96	0,04	0,00					8.557.333	114,10
100.000	400	64.000	0,95	0,05	0,00	0,00				8.220.800	82,21
150.000	600	96.000	0,92	0,04	0,02	0,01	0,01			12.268.802	81,79
200.000	800	128.000	0,91	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01		16.552.960	82,76
250.000	1.000	160.000	0,90	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	20.644.800	82,58
400.000	1.143	182.857	0,88	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	24.188.343	60,47
500.000	1.429	228.571	0,86	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	29.990.857	59,98
750.000	2.143	342.857	0,84	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	45.274.286	60,37
1.000.000	2.500	400.000	0,82	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	53.572.000	53,57
1.500.000	3.750	600.000	0,80	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	81.486.000	54,32
2.000.000	5.000	800.000	0,78	0,09	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01	110.152.000	55,08

Yatırım maliyetlerinin hesaplanması için izlenen yöntemlerin, yapılan kabullerin açıklanmasından ve elde edilen inşaat, elektrik ve mekanik yatırım bedellerinin verilmesinden sonra bu tesislerin yapılması için gerekli olan finansmanın belediye sınırları içerisinde yaşayan ve su ve kanalizasyon hizmetinden faydalanan nüfustan hangi oranda alınması gerektiğine ait hesapların temel kabulleri aşağıda verilmiştir.

Bu hesaplamalara toplam yatırım maliyetlerinin yanında 30 yıl boyunca bu tesislerin çalıştırılmasından kaynaklanacak olan işletme giderleri de eklenmiş ve kullanılan suyun artırılması için gerekli tesislerin yapılıp işletilmesinin sürdürülebilir olması amacıyla kullanıma verilen suyun satış bedeline bu hizmetlerin katılabilmesi için ne kadar ilave yapılması gerektiği belirlenmiştir.

7.2. İşletme Maliyetleri

Belediye sınırlarında yaşayan insanların tam bir altyapı hizmeti alabilmesi amacıyla çalışan belediyelerin, yapmış oldukları su dağıtım ve arıtması, atıksu toplama ve arıtma yatırımlarına paralel olarak bu sistemlerin ve tesislerin uygun bir maliyetler standartlara uygun biçimde işletilmesi de gereklidir.

Uygun standartlarda bir işletmenin sağlanabilmesi için yeterli sayıda ve kalitede teknik personelin istihdam edilmesi, gerekli kimyasal maddelerin, enerjinin sağlanması, oluşan katı atıkların uzaklaştırılması vb. unsurların yerine getirilmesi gereklidir. Bütün bu yatırım ve işletme giderlerinin karşılanabilmesi için sağlanan hizmetlerin ücretlendirilmesi ve bu hizmetlerden yararlanan kişilere yansıtılması yoluna gidilmiştir. Bu işletme giderlerinin hesaplanabilmesi amacıyla, yatırım hesaplarında da olduğu gibi bazı kabuller yapılmış ve tüm sistemlerde aynı olarak kullanılmıştır. Bu kabullerde belirtilen kalemlerin tamamının veya bir kısmının uygun olmadığı durumlarda hesaplanan değerlerin tutarlılığının da değişeceği dikkate alınmalıdır. Böylece yatırım maliyetleri için verilmiş olan bağlntıların kullanılmasıyla Tablo 6.2 de belirtilen nüfuslardan farklı olan bir bölge için yatırım bedelinin doğru olarak tahmin edilmesi mümkün olduğu halde işletme giderleri için bu kadar sağlıklı bir yaklaşımın yapılması daha zor olmaktadır. Çünkü işletme giderlerinin bileşenleri büyüklüğe, bölgeye ve prosese çok daha bağlı olmakta ve bazı durumlarda esnetilebilmektedir. Örnek olarak, 500.000 kişilik AC sistemine ait işletme maliyeti hesapları EK D’de verilmiştir.

7.2.1 İşletme gideri hesapları için dikkate alınan kalemler

Yatırım ve finansman hesapları için yapılan kabullerin dışında işletme hesaplarının yapılması amacıyla da bazı esaslar belirlenmiştir. Bunlar ;

- 1) Personelin yemek bedeli.
- 2) Personelin iş kıyafeti ve koruyucu malzemesinin temin edilmesi.
- 3) Personelin atıksu arıtma tesisine taşınması için servis hizmeti.
- 4) Servis araçlarının periyodik bakımları.
- 5) Ofis ve kırtasiye malzemeleri.
- 6) Telefon faks vb iletişim sistemleri bedeli.
- 7) Laboratuvar analizleri için sarf maddeleri.
- 8) Kapalı alanların aydınlatılması.
- 9) Çalışma mekanlarının ısıtılması.
- 10) Haftada bir kez olmak kaydı ile çalışma mekanlarının temizlenmesi.
- 11) Fonksiyonel olan ve olmayan ünitelerdeki elektrik gideri.
- 12) Fonksiyonel olan ve olmayan ünitelerdeki su gideri.
- 13) Kimyasal madde gideri (Polielektrolit, kireç, demirsülfat vb)
- 14) Oluşan çamur kekinin ve ızgara atıklarının çöp döküm sahasına nakliyesi.
- 15) Personel maaşları, vergi ve sigortaları.

7.2.2 Personel giderleri hesaplamaları için dikkate alınan pozisyonlar

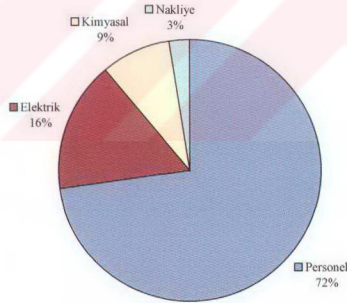
Bu tesislerdeki personel maaşlarının hesaplanması sırasında aşağıda listelenmiş personel listesi kullanılmış olup, nüfus sayısına göre bazı pozisyonlardaki eleman sayısı değiştirilmiştir.

- 1) Tesis müdürü
- 2) Müdür yardımcısı
- 3) Muhasebe ve idari işler müdürü
- 4) Laborant

- 5) Elektrik teknisyeni
- 6) Mekanik teknisyeni
- 7) Düz işçi
- 8) Sekreter
- 9) Sağlık görevlisi
- 10) Güvenlik görevlisi
- 11) Şoför
- 12) Ofis elemanı
- 13) Temizlik elemanı

Su tarifelerindeki atıksu payına ait maliyetin hesaplanabilmesi için finansman modelinde girdi olarak kullanılan yatırım maliyetlerinin yanında, işletme giderlerinin, farklı proseslerde ve değişen nüfus değerleri için dağılımları AC prosesi için Şekil 7.20 ile Şekil 7.21 de verilmiştir.

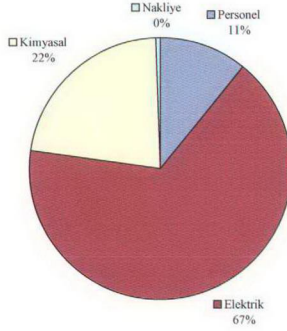
25.000 KİŞİLİK AC SİSTEMİ İŞLETME MALİYETİ DAĞILIMI



Şekil 7.20 25.000 kişilik AC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı

Aynı biçimde UAC sistemi için Şekil 7.22 ve Şekil 7.23 de, BNR sistemi için ise Şekil 7.24 ve Şekil 7.25 de verilmiştir. Ayrıca Şekil 7.26 ve Şekil 7.27 ile farklı proseslerin enerji giderleri, Şekil 7.28 ve Şekil 7.29'da da kimyasal madde giderleri verilmiştir.

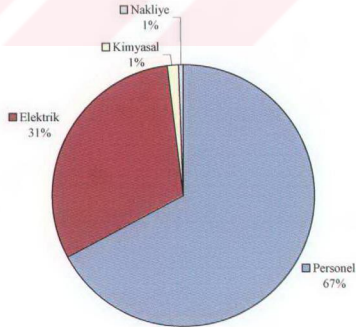
1.000.000 KİŞİLİK AC SİSTEMİ İÇİN İŞLETME MALİYETİ DAĞILIMI



Şekil 7.21 1.000.000 kişilik AC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı

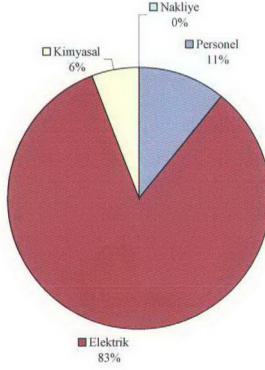
25.000 kişilik aktif çamur sistemine ait işletme giderlerinin dağılımı incelendiğinde kolaylıkla görülebileceği gibi en önemli kalem personel giderleridir. Bu kadar küçük bir nüfusa hizmet eden atıksu arıtma tesisinde çalışan kişilerin ücretleri, servis ve yemek giderleri gibi ücret dışındaki giderlerin işletme üzerindeki etkisi büyük olmaktadır.

25.000 KİŞİLİK UAC SİSTEMİ İŞLETME MALİYETİ DAĞILIMI



Şekil 7.22 25.000 kişilik UAC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı

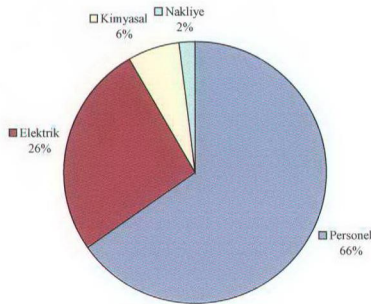
1.000.000 KİŞİLİK UAC SİSTEMİ İŞLETME MALİYET DAĞILIMI



Şekil 7.23 1.000.000 kişilik UAC sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı

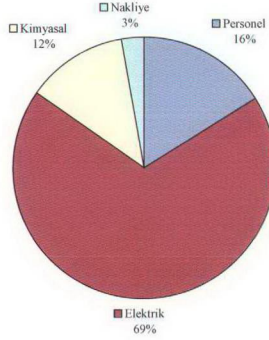
Artan nüfusa paralel olarak AC sisteminin işletme giderleri içindeki personel ücretlerinin baskınlığı, enerji giderlerine doğru kayar ve 25.000 kişilik bir tesiste işletme giderinin % 16'sı kadar olan enerji gideri, 1.000.000 kişilik AC sisteminde toplamın % 67'si kadar olabilmektedir. Unutulmamalıdır ki AC sisteminde 100.000 kişiden sonra havasız çamur çürütme yapılarak sistemin enerji ihtiyacının bir kısmı karşılanmaktadır.

25.000 KİŞİLİK BNR SİSTEMİ İŞLETME MALİYETİ DAĞILIMI



Şekil 7.24 25.000 kişilik BNR sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı

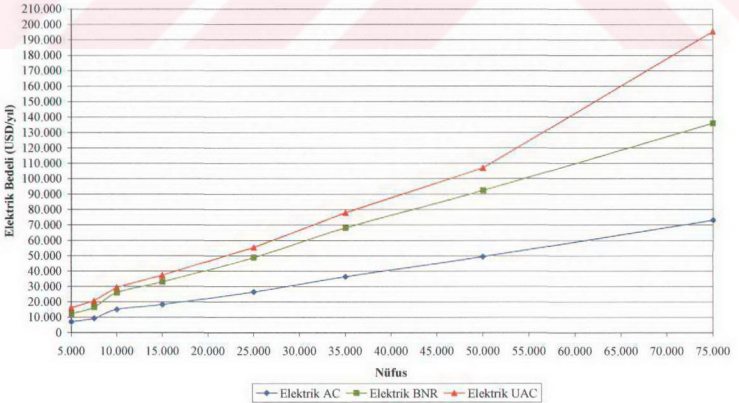
1.000.000 KİŞİLİK BNR SİSTEMİ İŞLETME MALİYET DAĞILIMI



Şekil 7.25 1.000.000 kişilik BNR sistemi işletme maliyeti bileşenleri dağılımı

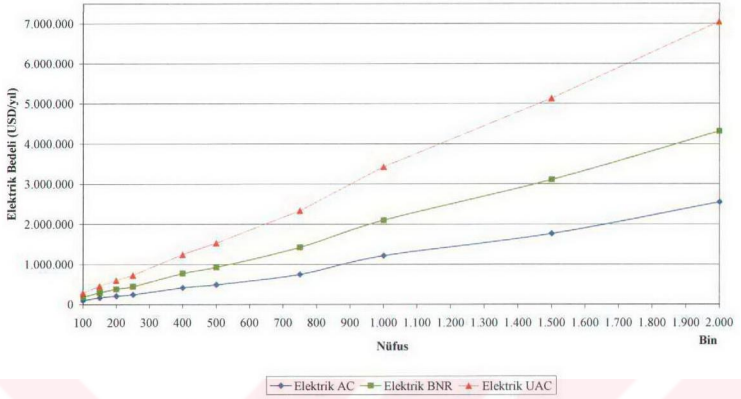
UAC sisteminde ise işletme maliyetinin dağılımı AC sistemine göre daha farklı olarak gelişmektedir. Beklendiği gibi 25.000 kişilik UAC sistemindeki enerji giderinin oranı, AC sistemindeki enerji bedelinin neredeyse iki katı kadar olmaktadır. Bunun yanında 1.000.000 kişilik sisteminin işletme giderinin tamamına yakını enerji harcamalarından kaynaklanmaktadır.

YILLIK İŞLETME BEDELİ (ELEKTRİK ENERJİSİ)



Şekil 7.26 5.000- 75.000 Nüfus için farklı proseslerin yıllık enerji maliyetleri

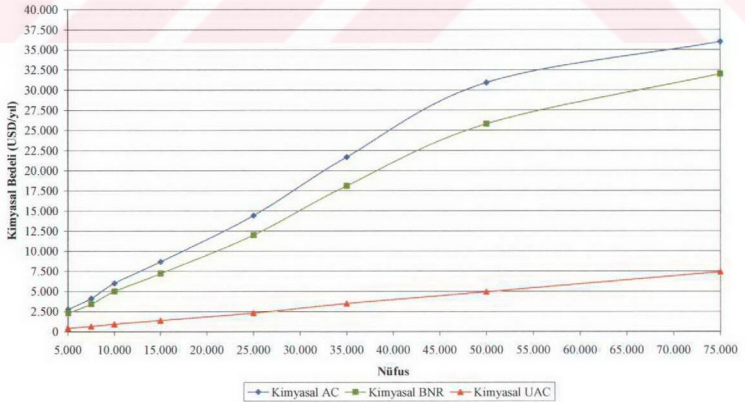
YILLIK İŞLETME BEDELİ (ELEKTRİK ENERJİSİ)



Şekil 7.27 100.000- 2.000.000 Nüfus için farklı proseslerin yıllık enerji maliyetleri

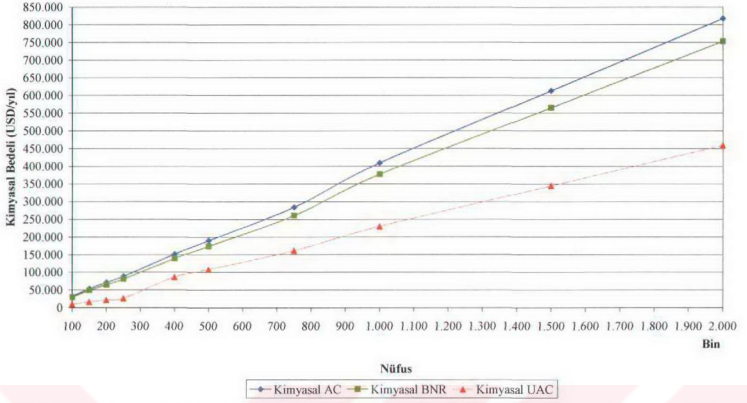
BNR sistemi işletme gideri dağılımında da AC sistemine benzer bir dağılım görülmekle beraber en önemli farklılık enerji bedelinin oranı her durumda AC sistemine göre daha fazla, UAC sistemine göre daha azdır. Bunun yanında AC ve BNR sistemlerinin kimyasal madde kullanımlarından kaynaklanan giderleri tüm nüfuslar için UAC sistemi ihtiyaçlarından fazladır.

YILLIK İŞLETME BEDELİ (KİMYASAL MADDE)



Şekil 7.28 5.000- 75.000 Nüfus için farklı proseslerin yıllık kimyasal maliyetleri

YILLIK İŞLETME BEDELİ (KİMYASAL MADDE)



Şekil 7.29 100.000-2.000.000 Nüfus için farklı proseslerin yıllık kimyasal maliyetleri

Hesaplamalara esas alınan proses alternatiflerinin her biri için işletme giderini oluşturan kalemlerin oransal farklılıklarının yanında yıllık işletme giderleri arasındaki tutarların da belirlenmesi, sistem seçimi açısından yararlı olmaktadır. Şekil 7.26 ve 7.27’de tüm nüfus değerleri için her üç proses seçeneğinin yıllık elektrik enerjisi kullanım bedeli verilmiştir. Beklendiği ve bu şekillerden açıkça görüldüğü gibi UAC sisteminde hava içindeki oksijenle çamur stabilizasyonunun yapılması nedeniyle her durumda en fazla elektrik enerjisi kullanan seçenek olmaktadır. AC ve BNR sistemlerinin 100.000 kişilik ve üzerindeki nüfuslar için, tasarlanan proseslerinde havasız çamur stabilizasyonu yapılması neticesinde istemin enerji ihtiyacının yaklaşık % 40 lık kısmı karşılanmaktadır.

Bunun dışında Şekil 7.28 ve Şekil 7.29’dan da görülebileceği gibi kimyasal madde ihtiyacı, havasız çamur stabilizasyonu sırasında oluşan H_2S gazının korozif etkisinin giderilmesi için dozlanan demir tuzları, havasız çamur stabilizasyonu yapılmayan durumlarda, kimyasal stabilizasyon amacıyla çamura eklenen kireç sebebiyle, AC ve BNR sistemlerindeki kimyasal madde kullanımı UAC sistemine göre yüksek olmaktadır. UAC sistemindeki tek kimyasal madde, çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma sistemlerinde kullanılan polielektrolittir.

Atıksu arıtma tesislerinin yanı sıra kanalizasyon sistemlerinin de yıllık işletme ve bakım giderlerinin de karşılanması gereklidir. Tablo 7.2'den de görüldüğü gibi, nüfusa bağlı olarak belirlenen ve Tablo 7.1'de verilmiş olan toplam yatırım bedelinin % 0.6 lık tutarı her yıl kanalizasyon sistemlerinin işletilmesi için harcanmaktadır (İstanbul Master Planı 1999). Bunun yanı sıra yine Tablo 7.1'de verilmiş olan toplam kanal yatırım tutarının %2 lik kısmı, yenileme bedeli olarak dikkate alınmalı ancak yenileme işlemi her 20 yılda bir gerçekleştirilmelidir (İSKİ Master Plan 1999). Bu çalışma kapsamında temel amaç, atıksu arıtma tesislerinin optimizasyonunu hedeflediği için Tablo 7.4'den de görüldüğü gibi 20 yılda bir yapılması gereken kanal yenileme bedelleri de yıllık işletme giderleri ile toplanmış ve farklı alternatifler halinde tasarlanmış atıksu arıtma tesislerinin yıllık işletme giderleri ile karşılaştırılmıştır. Bunun amacı finansman modelinden elde edilen, arıtılan birim atıksu maliyetine benzer olarak kanalizasyon sistemleri içinde bir değerlendirmenin yapılabilmesidir.

Tablo 7.4 Nüfusa bağlı atıksu toplama sistemleri işletme giderleri ile artırma tesisi yıllık işletme bedeli karşılaştırması

Nüfus Kişi	Kanal Yatırım Tutarı USD	Toplam Aylık Altyapı Harcaması USD/Yıl				Toplam Yıllık İşletme Gideri USD/Yıl			
		İşletme Gideri	Yenileme Gideri	Toplam Tutar	AC	UAC	BNR		
5.000	1.024.720	6.148	20.494	26.643	104.231	110.430	108.750		
7.500	1.537.080	9.222	30.742	39.964	108.141	115.129	114.432		
10.000	2.050.880	12.305	41.018	53.323	125.323	133.348	134.884		
15.000	3.076.320	18.458	61.526	79.984	138.250	148.164	151.184		
25.000	3.420.533	20.523	68.411	88.934	165.441	179.272	184.689		
35.000	4.792.107	28.753	95.842	124.595	191.913	210.778	219.130		
50.000	6.845.867	41.075	136.917	177.993	234.925	259.984	271.355		
75.000	8.557.333	51.344	171.147	222.491	284.463	363.821	341.909		
100.000	8.220.800	49.325	164.416	213.741	334.001	467.657	412.462		
150.000	12.268.802	73.613	245.376	318.989	452.044	673.757	574.898		
200.000	16.552.960	99.318	331.059	430.377	520.224	822.368	682.195		
250.000	20.644.800	123.869	412.896	536.765	633.723	1.015.120	826.032		
400.000	24.188.343	145.130	483.767	628.897	908.663	1.629.389	1.244.080		
500.000	29.990.857	179.945	599.817	779.762	1.081.174	1.981.557	1.492.924		
750.000	45.274.286	271.646	905.486	1.177.131	1.496.008	2.895.862	2.140.227		
1.000.000	53.572.000	321.432	1.071.440	1.392.872	1.825.990	4.102.938	3.052.333		
1.500.000	81.486.000	488.916	1.629.720	2.118.636	3.130.091	6.092.586	4.400.241		
2.000.000	110.152.000	660.912	2.203.040	2.863.952	4.220.968	8.198.567	5.895.873		

7.2.3 Finansman hesapları için yapılan kabuller

Proses hesaplarının yanı sıra boyutlandırılan sistemlerin, inşaat, elektrik ve mekanik yatırım maliyetlerinin bulunması için yapılan kabullere benzer olarak, finansman ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla yapılan hesaplamalarda, Zinerji A.Ş'nin atıksu arıtma tesislerinin Yap-İşlet-Devret modeline göre finansman ihtiyacının belirlenmesi için Dr. Hakan Mat'a hazırlanmış olduğu bir yazılım kullanılmış ve bu yazılıma ait kabuller aşağıda verilmiştir.

1) Nüfusa bağlı olarak tesisin inşaat süresinin 1 ila 3 yıl arasında değişeceği kabul edilmiş olup, buna bağlı olarak toplam süre inşaat ve işletme dönemi için 31 - 33 yıl arasında değişmiştir. Bu süre tesisin elektrik ve mekanik aksamının bakımının uygun biçimde yapılması durumunda betonarme üniteleri için de faydalı ömür olarak kabul edilmiştir.

2) Tüm hesaplamalar EURO bazında yapılmış olup, sonuçlar USD olarak dönüştürülmüştür. Bu dönüşümler için EURO/USD paritesi 1,2237 olarak alınmış, USD'nin TL karşısındaki değeri ise 1.450.000 TL olarak alınmıştır.

3) İç ve dış para cinsinden yatırım artışı dikkate alınmamıştır.

4) Personel giderlerinde reel artış oranı yabancı para cinsinden yıllık % 1 olarak kabul edilmiştir.

5) Sabit ve değişken işletme giderlerinde reel artış oranı sıfır (0) olarak alınmıştır.

6) İç para cinsinden yatırımın KDV oranı % 18 olarak alınmıştır.

7) All risk sigortası öngörülmüş olup oranı 0.007 alınmıştır.

8) Makine ekipman bakım ve onarımı için, ekipman yatırımının 0.02'si alınmıştır.

9) İnşaat tamir ve bakımı için, inşaat yatırımının 0.005'i alınmıştır.

10) İnşaat ve ekipman yatırım maliyetinde beklenmedik gider kabul edilmemiştir.

11) Müşavirlik hizmetleri ve kontrollük bedelleri yatırımın içinde hesaplanmıştır.

12) İnşaat işleri, etüt proje işleri, montaj, işletmeye alma vb bütün iş kalemlerinin iç piyasadan temin edileceği kabul edilmiştir.

13) Elektrik ve mekanik ekipman toplam yatırım tutarının %70 lik bölümünün iç, kalan %30 luk kısmının dış piyasadan temin edileceği kabul edilmiştir.

14) Finansman kaynağı olarak Ticari Kredi öngörülmüştür.

15) Bu kredinin faizi Libor + 2 olarak (6 aylık libor değeri % 3) alınmıştır.

16) Bağlantı ücreti (kullanılmamış bölüm üzerinden) %0.75 olarak alınmıştır.

17) Yönetim ve aracılık ücreti (bir defa olmak üzere) %5, teminat masrafları için ise kullanılmamış kısım üzerinden %1.5 luk bir masraf olarak öngörülmüştür.

18) Teminat mektubu komisyonu (yılıda bir ödemeli) % 1.5 olarak hesaplanmıştır.

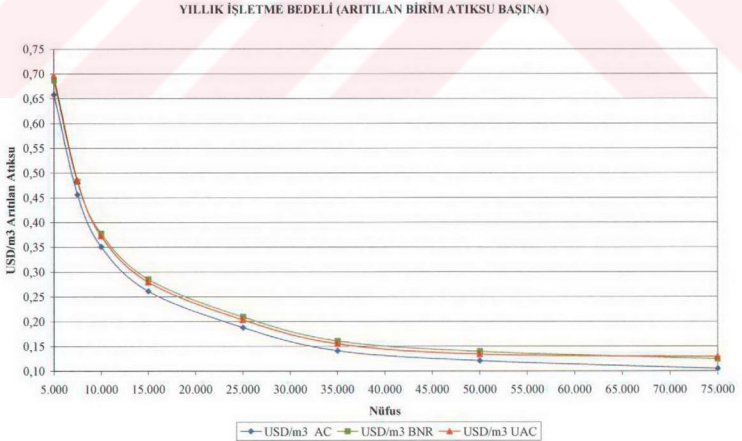
19) Ana para geri ödemesiz dönem 3 yıl olarak alınmıştır.

20) Ana para geri ödeme dönemi 10 yıl olarak alınmıştır.

Bütün tesislerin 30 yıl boyunca işletme giderleri hesaplanırken, tesisin kurulduğu yıl toplam kapasitesinin yaklaşık %70'i kadar atıksu geldiği kabul edilmiştir.

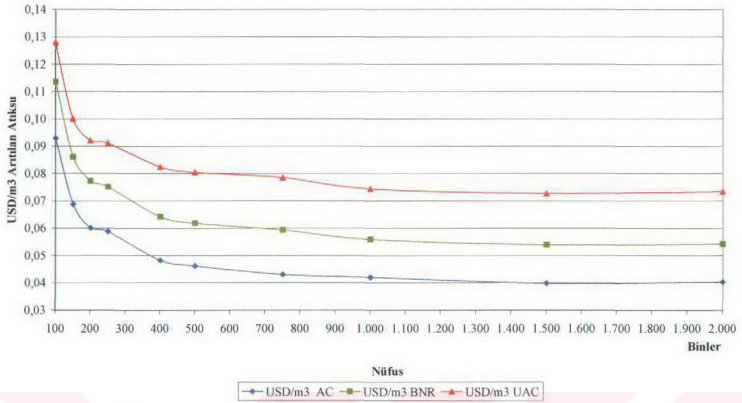
Bu kabule göre işletmede geçen her yıl atıksu miktarının %1.0 daha arttığı ve 30. yıl içinde %100 kapasiteye ulaştığı hesaplara esas olarak alınmıştır.

Bunun sebebi planlanan ve yapılan tesislerin ilk günden tam kapasitede çalışmasının mümkün olmamasındandır. Bütün bu kabullerin ışığında yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen birim atıksu arıtma maliyetleri, ilk yatırım maliyetinin verildiği biçimde Şekil 7.30 ve Şekil 7.31 de verilmiştir.



Şekil 7.30 5.000-75.000 Nüfus için hesaplanan birim arıtma maliyetler

YILLIK İŞLETME BEDELİ (ARITILAN BİRİM ATIKSU BAŞINA)



Şekil 7.31 100.000-2.000.000 Nüfus için hesaplanan birim arıtma maliyetler

Yatırım ve işletme giderlerinin 30 yıllık ekonomik süre boyunca belirtilen finansman koşulları altındaki ortalama tarifeleri, üç farklı proses seçeneği için Tablo 7.5'de verilmiştir.

Tablo 7.5 Tesislerin ekonomik ömürleri boyunca önerilen minimum tarife değerleri

Nüfus	Aktif Çamur	Uzun Havalandırmalı	Biyolojik Azot
Kişi	USD/ m ³	Aktif Çamur USD/ m ³	Giderimi USD/ m ³
5.000	1,9025	1,9550	1,9654
7.500	1,3008	1,3417	1,3581
10.000	0,9539	0,9967	1,0044
15.000	0,6648	0,6957	0,7103
25.000	0,4964	0,5270	0,5383
35.000	0,3779	0,4016	0,4150
50.000	0,3298	0,3542	0,3659
75.000	0,2496	0,3221	0,3168
100.000	0,2543	0,2935	0,2951
150.000	0,1722	0,2143	0,2074
200.000	0,1459	0,1939	0,1821
250.000	0,1443	0,1914	0,1780
400.000	0,1131	0,1678	0,1497
500.000	0,1077	0,1652	0,1446
750.000	0,0976	0,1613	0,1390
1.000.000	0,0964	0,1533	0,1370
1.500.000	0,0878	0,1469	0,1255
2.000.000	0,0993	0,1642	0,1412

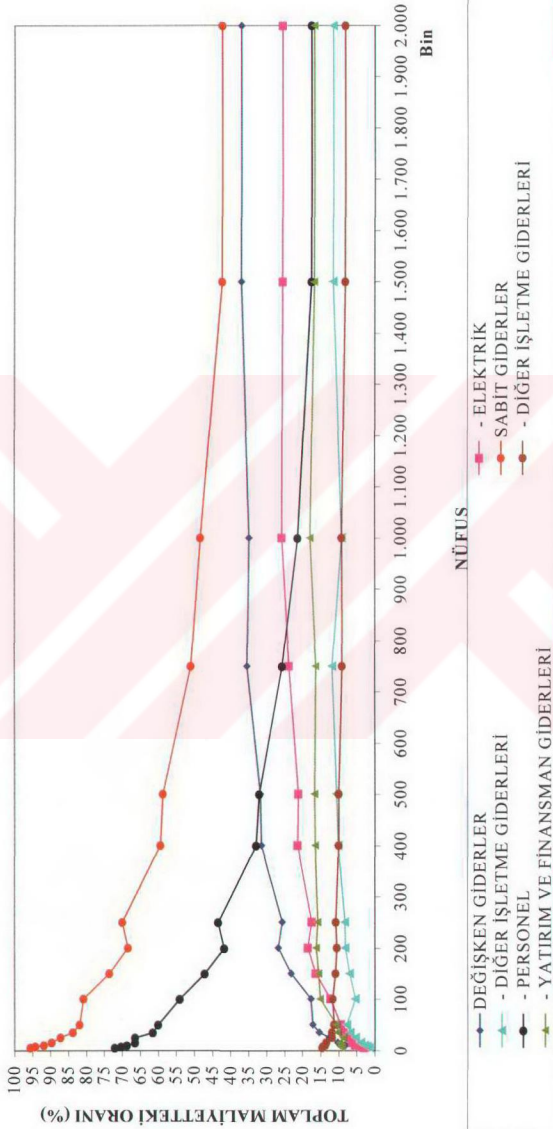
Finansman hesapları sırasında elde edilen tarifenin bileşenlerine bakıldığında her bir proses seçeneği için farklı bir dağılımın ortaya çıktığı görülmektedir. Sırasıyla Şekil 7.32, Şekil 7.33 ve Şekil 7.34de AC, UAC ve BNR sistemleri için hesaplanmış olan 30 yıllık ortalama tarifelerin bileşenleri grafikler halinde verilmiştir. Bu grafiklerden de anlaşılabacağı gibi değişken ve sabit giderler olmak üzere temelde iki ana gider kalemi bulunmaktadır. Sabit giderler tesisin artırmış olduğu atıksu miktarı veya kirlilik değeri ile, değişim göstermeyen kalemlerden oluşup, personel giderleri bu tip giderler için en iyi örnektir. Değişken giderler ise atıksuyun miktarı veya konsantrasyonu ile ilişkili olup enerji sarfiyatı veya kimyasal madde sarfiyatı veya çamur taşınması örnek olarak verilebilir.

Şekil 7.32 den de görüldüğü gibi aktif çamur prosesinde, sabit giderlerin oranı ve bu oranın en büyük kaynağı olan personel giderleri artan nüfusa paralel olarak azalmaktadır. Diğer bir deyişle küçük nüfusa hizmet eden arıtma tesislerindeki en önemli işletme yüklerinden birini personel giderleri oluşturmaktadır. Örneğin 5.000 kişilik bir tesisin işletme giderlerinin %95,60 lık kısmını sabit giderler ve kalan %4.40'lık kısmını da değişken giderleri oluşturmaktadır.

%95.60'lık toplam sabit giderlerin % 72.04'lük bölümü personel maaşlarından, %14.47'lik kısmı yemek, ulaşım gibi diğer sabit giderlerden ve %9.09'luk bölümü de yatırım finansmanından kaynaklanır. Görüldüğü gibi yatırım bedelinin küçük olması sebebiyle finansman yükü maliyet üzerinde önemli yer tutmamaktadır.

Değişken giderler ise artan nüfusa paralel olarak artmaktadır. Bu gideri oluşturan kalemler daha öncede belirtildiği gibi enerji ve kimyasal madde gibi sarf malzemeleridir. Toplam tarife bedeli içinde değişken giderlerin oranı %4.40 olarak hesaplanmıştır. Bu oran içinde %2.85 ile elektrik enerjisi ve kalan kısmını da kimyasal madde ve diğer kalemler oluşturmaktadır. Yatırım ve finansman giderleri ise nüfusa ve yatırım bedeline göre sabit bir oran etrafında kalmakta olup nüfusa göre büyük değişim göstermemektedir.

AC PROSESİ İÇİN SABİT VE DEĞİŞKEN GİDERLERİNİN DAĞILIMI



Şekil 7.32 AC sisteminde birim atıksu arıtma bedeli içindeki sabit ve değişken giderlerin dağılımı

Aynı oranlara 2.000.000 kişilik bir AC prosesi için baktığımızda toplam tarifenin yaklaşık %50 lik kısmının sabit, diğer %50 lik kısmının değişken giderlerden kaynaklandığı görülmektedir. Sabit giderler içinde personel giderlerinin oranı ise yaklaşık % 13-14 mertebesindedir. Buna karşın değişken giderleri içindeki elektrik sarfiyatının oranı ise %13-14 mertebesindedir.

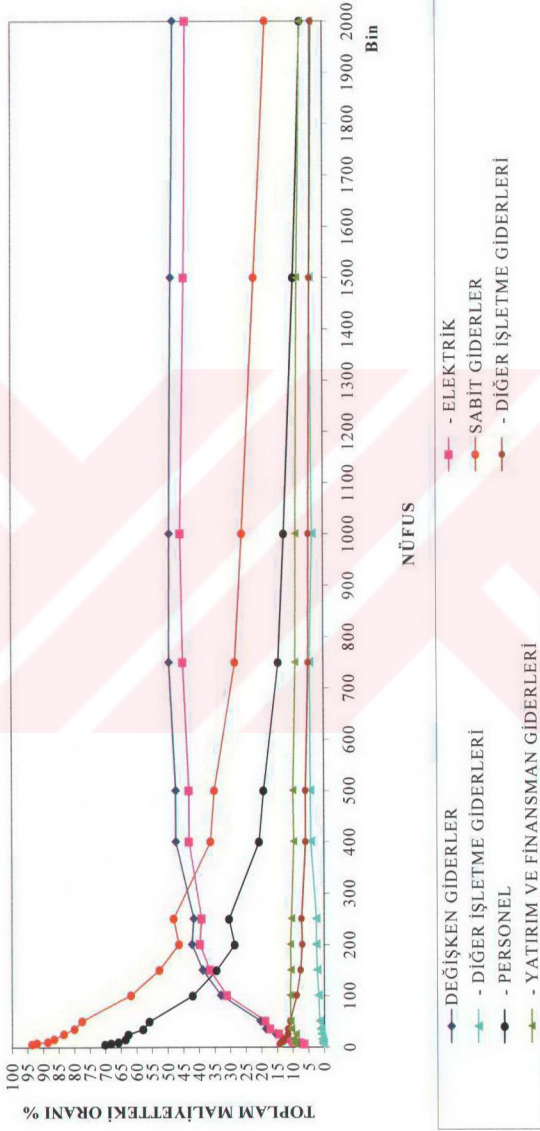
Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde ise en belirgin durum, toplam tarife bedelinin sabit ve değişken giderleri arasındaki dağılımın AC sistemine göre çok daha küçük nüfus değerlerinde kapanmasıdır. Şekil 7.33 den de görülebileceği gibi 5.000 kişilik bir tesis için sabit giderler toplam maliyetin yaklaşık %94'lük kısmını oluştururken, değişken giderler %6'lık diğer bölümünü karşılamaktadır. Bu oranlar AC sistemine göre büyük bir farklılık ifade etmese de artan nüfuslara göre fark açıkça görülmektedir.

Örneğin 25.000 kişilik AC sisteminde sabit giderler %88 iken aynı nüfus için UAC sistemindeki oran 83 olmaktadır. 50.000 kişilik bir nüfusta sabit giderler AC sistemi için %82 olurken aynı nüfus için UAC sisteminde %77 olmaktadır.

Sabit giderlerin ağırlıklı kaynağının personel giderleri olduğu dikkate alındığında ve anaerobik stabilizasyonun yapılmadığı klasik aktif çamur sistemi ile UAC sistemi arasında personel sayısı bakımından önemli bir farklılık bulunmadığı dikkate alınırsa, sabit giderler arasındaki farklılığın UAC sisteminde artan değişken giderlerden kaynaklandığı kolayca fark edilir. Bunun doğal sebebi de elektrik enerjisinin çok kullanılıyor olmasıdır.

Eğer 100.000 kişilik bir tesiste aynı oranlara bakarsak, AC sisteminin sabit giderlerinin toplam tarifiedeki oranının %82 ve değişken giderlerin oranının yaklaşık %18 olduğu görülürken, aynı nüfus için UAC sistemindeki değişken giderlerin oranı %35'lere kadar çıkmaktadır.

UAC PROSESİ İÇİN SABİT VE DEĞİŞKEN GİDERLERİ DAĞILIMI



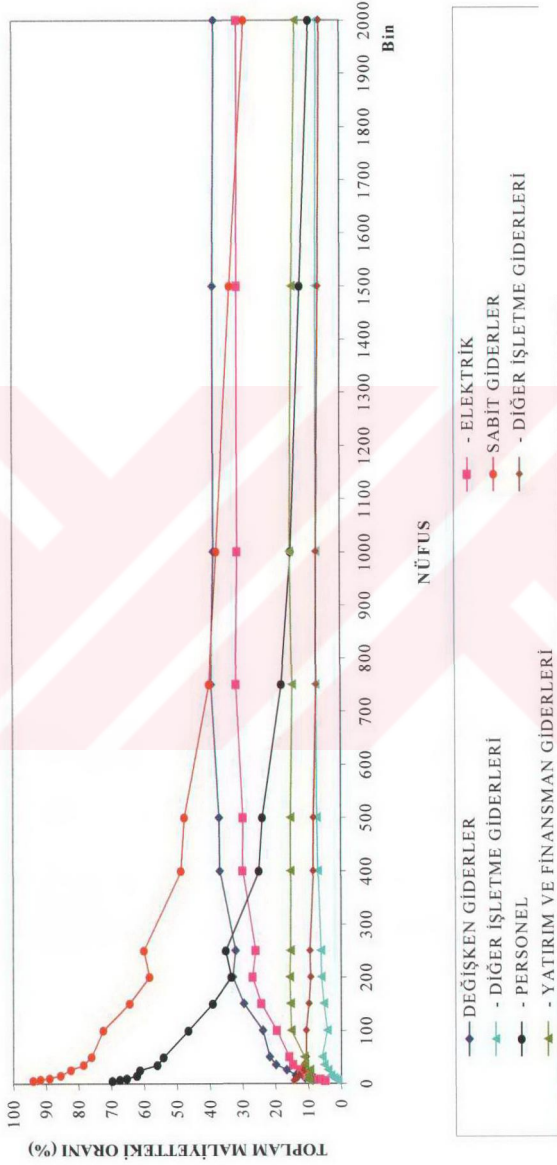
Şekil 7.33 UAC sisteminde birim atıkta arıtma bedeli içindeki sabit ve değişken giderlerin dağılımı

UAC için 100.000 kişiden sonraki nüfuslarda bu oran azalan bir artış eğilimiyle 2.000.000 kişilik sistemde maksimum noktasına, %65 e kadar yükselir. Ancak 100.000 kişiye kadar sürekli artış gösteren elektrik sarfiyatından kaynaklanan yük 50.000 kişiden 100.000 kişiye geçerken dramatik bir artış göstermektedir. 100.000 kişiden 2.000.000 kişiye kadar da bu artışı sürdürmektedir. Bu nedenle 50.000 kişiden daha büyük nüfuslar için UAC sisteminin seçilmesi uzun vadede enerji giderleri bakımında ekonomik olmamaktadır. Özellikle enerji bedelinin yüksek, kireç gibi kimyasal madde birim fiyatının düşük olduğu ve ayrıca çamur kekinin nihai döküm alanlarında miktar ve kalite olarak sorun yaratmadığı Türkiye’de UAC sisteminin AC sistemine göre avantajlı olması 100.000-150.000 nüfustan daha büyük bölgelerde mümkün değildir. Orta Avrupa için yapılan çalışmada ise 100.000 kişilik bir tesisin UAC sistemiyle veya BNR sistemiyle tasarlanması durumundaki birim artıma maliyetleri sırasıyla 0,263 USD/m³ ve 0.441 USD/m³ olmaktadır (Ødegaard ve Henze 1992). Bu değerler Türkiye’de benzer tesislerin yapılması için hesaplanmış değerlerle karşılaştırıldığında çok yüksek kalmaktadır.

Daha küçük nüfuslarda da AC sistemi daha düşük tarifelere sahip olmakla birlikte, oluşan fark kabul edilebilir mertebede olup yatırım maliyetlerinin hesaplanması sırasındaki bazı kabullerin değişmesi durumu dikkate alındığında böyle bir genelleme yapılabilir.

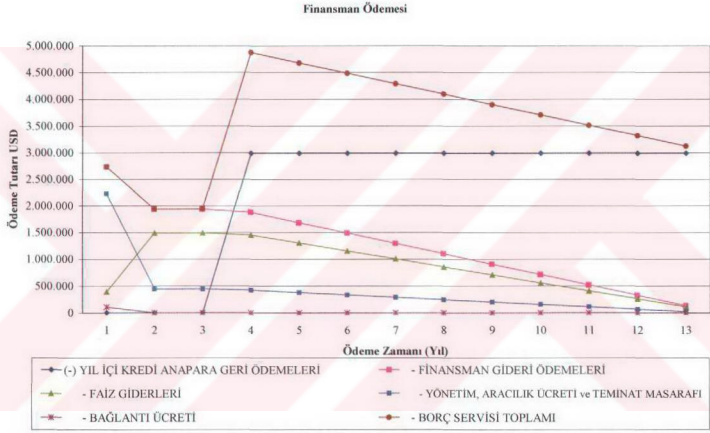
Maliyet dağılımını BNR sistemi için incelediğimizde AC ve UAC sistemlerine göre daha yüksek bir maliyet ile karşılaşılması BNR sisteminin doğal bir sonucudur. Bu sistemde gerekli nitrifikasyonun sağlanabilmesi amacıyla verilen ekstra oksijen sebebiyle artan enerji giderleri, işletmeden kaynaklanan değişken maliyetleri yükseltirken, havasız çamur stabilizasyonu yapılması nedeniyle oluşan yüksek yatırım maliyetleri de, yatırım ve finansman giderlerini ve sabit giderler içindeki personel masraflarını artırmaktadır. Böylelikle günümüz koşullarında mevcut yönetmeliklere göre hassas bölgeler dışında bu uygulamanın yapılması, en uygun sistem çözümü olarak görülmemektedir. Ancak unutulmamalıdır ki Avrupa topluluğu ile entegrasyon süreci içerisinde BNR sistemleri daima gündemde olacaktır. Bu çalışma içerisinde planlama aşamasında tasarlanan sistemin, gelecekte BNR sistemine modifiye edilebileceği dikkate alındığında yatırım ve işletme maliyetleri bakımından getireceği yükler de hesaplanmıştır.

BNR PROSESİ İÇİN SABİT VE DEĞİŞKEN GİDERLERİN DAĞILIMI



Şekil 7.34 BNR sisteminde birim atıksu artıma bedeli içindeki sabit ve değişken giderlerin dağılımı

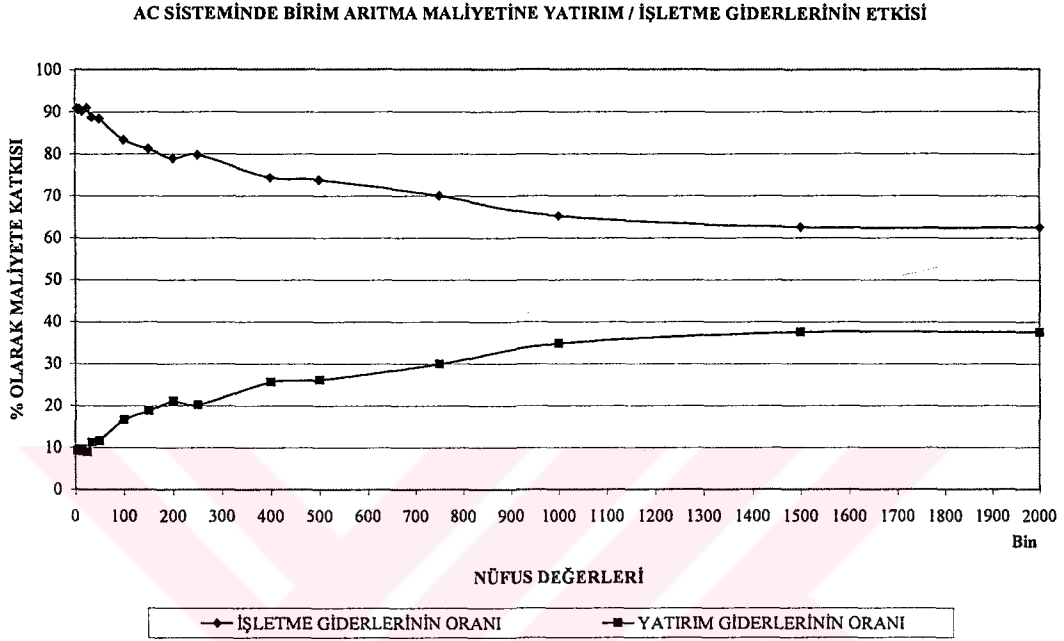
Yapılan yatırım ve işletme hesaplarının sonucunda elde edilen dataların girdi olarak kullanıldığı ve 7.2.3 başlığı altında verilen kabulleri kullanan finansman modelinde temel esas, kar etmeyi amaçlamadan arıtılan birim atıksu için yapılan tüm işletme giderlerinin ve yapılan yatırım için temin edilen finansmanın, anapara ve faiz vb. diğer ödemelerin, başa baş olarak karşılanabilecek biçimde fiyatlandırılmasıdır. Bu nedenle, Şekil 7.35 de gösterilen ve sağlanan finansmanın geri ödenmesine ilişkin detayları içeren grafik incelendiğinde, ana paranın ilk üç yıl içinde ödemesinin olmadığı ve daha sonraki on yıl içinde eşit taksitler halinde ödendiği, buna karşın kredinin kullanılmaya başlanması ile birlikte yönetim ve aracılık ücretinin, bağlantı ücretinin ve faiz ödemelerinin başladığı görülmektedir.



Şekil 7.35 Finansmanın geri ödemesinin zaman içindeki dağılımı

Temin edilen finansman, tüm ilk yatırımın ve işletme döneminin başlangıcı için gerekli sermayenin finansmanını da kapsadığı için geri ödeme planında sadece kullanılan krediye ait faiz, yönetim ücreti vb. kalemler bulunmaktadır. Tahsil edilmesi gereken su bedeli içindeki atıksu payının bir kısmı bu ödemeler için, kalanı da işletme giderlerinin karşılanması için kullanılır. Böylelikle hesaplanan birim arıtma maliyet değeri bu iki bileşenin toplamından oluşur. Bu maliyet değeri üzerine belediyelerin minimum %10 olmak kaydı ile yönetim kurulunda alınacak karar gereği bir kar ilave etmesiyle nihai tarife oluşturulur.

Farklı proseslerin farklı yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alındığında ilk yatırımın veya işletmenin maliyet üzerindeki etkisine bakıldığında Şekil 7.36 dan da görüldüğü gibi AC sisteminde özellikle nüfusun küçük olduğu durumlarda yatırımın da küçük olması nedeniyle birim arıtma maliyetinin büyük bir kısmını işletme giderleri oluşturmaktadır.

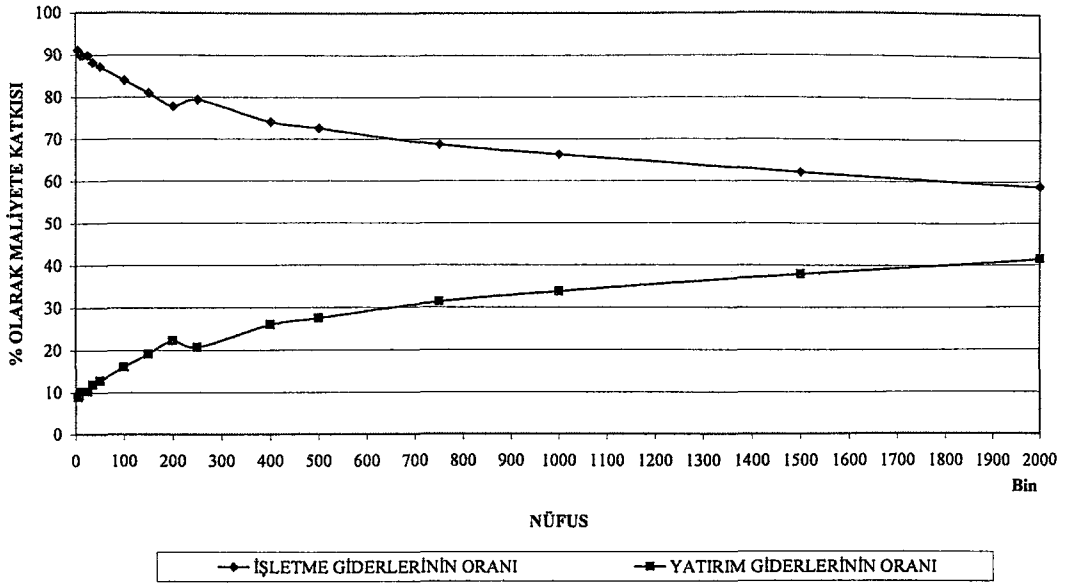


Şekil 7.36 AC’da birim arıtma maliyeti üzerinde ilk yatırım ve işletmenin etkisi

AC sisteminden büyük bir farklılık göstermeksizin UAC ve BNR sistemlerinde de birim arıtma maliyeti üzerinde işletme giderlerinin etkisi artan nüfusa paralel olarak azalmakta ve yapılan yatırımın büyümesi ile birlikte sağlanan finansmanın miktarı arttığı için ödenen faiz artmaktadır. Böylelikle nüfusa bağlı olarak, maliyetleri oluşturan bileşenlerin değişiminde büyük farklılıklar görülmemektedir. Şekli 7.37 de UAC sistemi ve Şekli 7.38 de ise BNR sistemi için aynı dağılım gösterilmiştir.

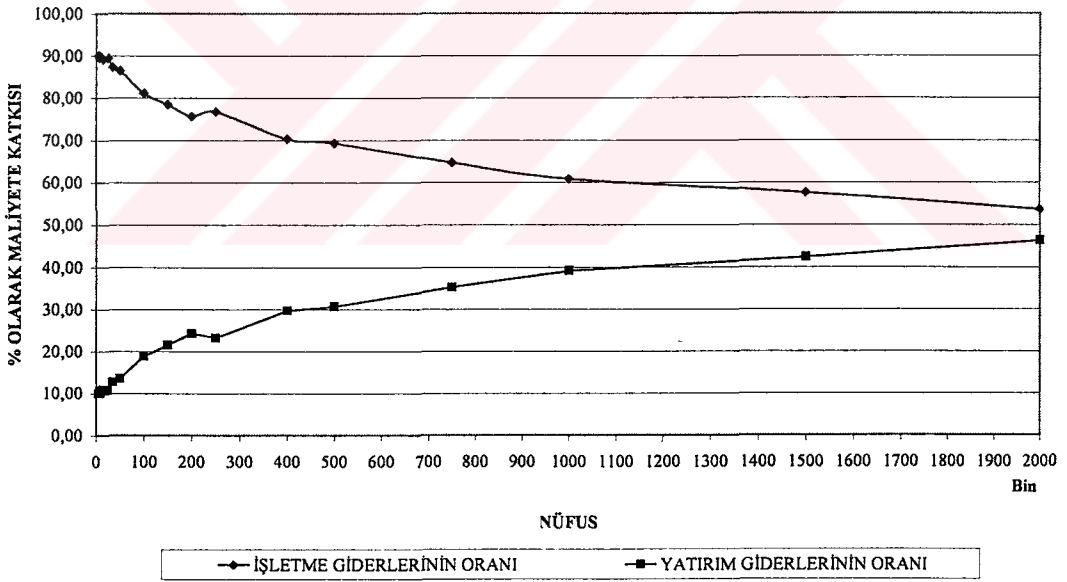
Ancak BNR sistemindeki yüksek enerji kimyasal madde giderleri, UAC sistemindeki yüksek enerji giderleri sebebiyle her iki proses içinde birim arıtma maliyetindeki işletme bileşeninin AC sistemindekine oranla daha büyük olduğu açıkça görülmektedir.

UAC SİSTEMİNDE BİRİM ARITMA MALİYETİNE YATIRIM / İŞLETME GİDERLERİNİN ETKİSİ



Şekil 7.37 UAC’da birim arıtma maliyeti üzerinde ilk yatırım ve işletmenin etkisi

BNR SİSTEMİNDE BİRİM ARITMA MALİYETİNE YATIRIM / İŞLETME GİDERLERİNİN ETKİSİ



Şekil 7.38 BNR’da birim arıtma maliyeti üzerinde ilk yatırım ve işletmenin etkisi

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1) 100.000 kişiye kadar AC, ilk yatırım maliyeti en düşük olan sistemdir. Ancak 100.000 kişiden başlayarak yapılan havasız çamur stabilizasyonu gerek inşaat, gerekse elektrik/mekanik ekipman yatırım maliyeti bakımından AC sistemini, UAC sisteminden daha pahalı kılmaktadır.

2) Her nüfus değeri için ilk yatırım maliyeti en fazla olan sistem, ön denitrifikasyon ile biyolojik azot giderimi de yapabilen proses çözümü olmaktadır. Bu sistemdeki çamur stabilizasyonu da AC sistemindeki gibi, 100.000 kişiden sonra anaerobik olarak yapılmakta ve elde edilen biyogazın elektrik enerjisine dönüştürülmesi sağlanarak, nitrifikasyon yapılması için harcanan enerjinin bir kısmı karşılanmaktadır.

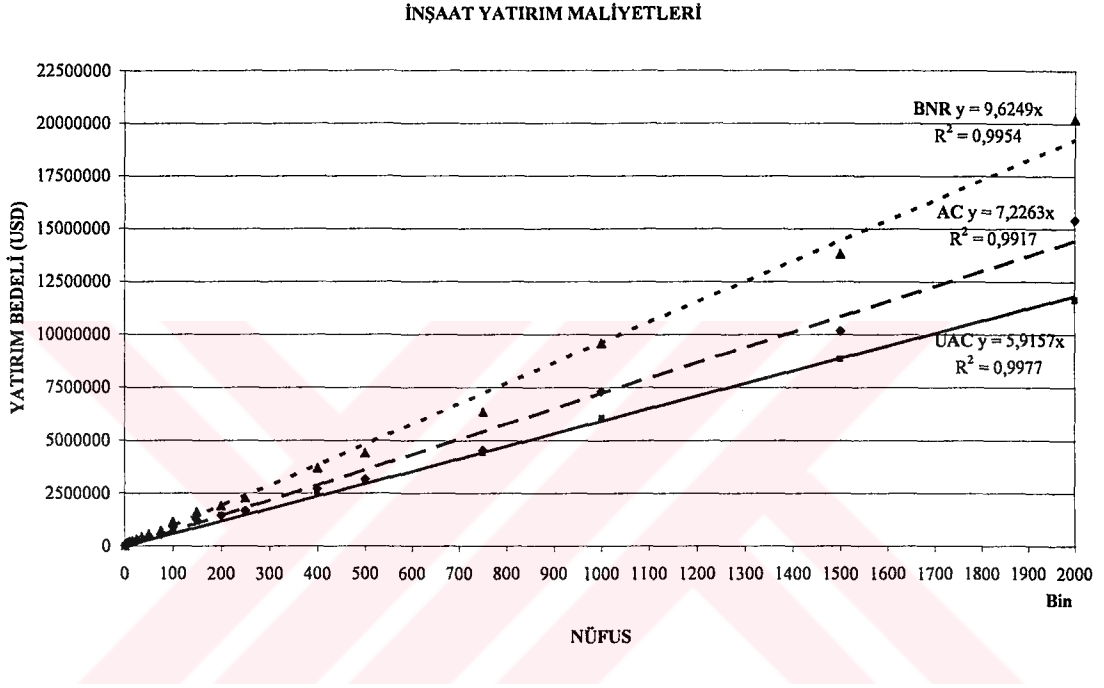
Ayrıca nitrifikasyon için gerekli olan minimum çamur yaşının sağlanması için arttırılan havalandırma havuzu hacmi de yatırım maliyetinin artmasındaki nedenlerden biridir.

BNR proses çözümünde ise sistemin toplam çamur yaşı 12 derece atıksu sıcaklığı için VD/V oranına da bağlı olarak 10-14 gün arasındadır. Bunun dışında özellikle anaerobik çamur stabilizasyonu yapan sistemlerdeki çürütücü büyüklüğünün belirlenmesi için seçilen çamur yaşı ise 20 gün olarak alınmıştır.

Diğer yandan birim enerji maliyetinin bu kadar yüksek olduğu Türkiye’de (120.000 TL/ kW-saat veya 0.08 USD/kW-saat) anaerobik çürütücülerden elde edilecek biyogazın elektrik enerjisine dönüştürülmesinin uygun olan her durum için değerlendirilmesi gerekli olduğu açıktır.

Türkiye’de Arıtma tesislerinin tasarımına yönelik bir stratejinin oluşturulması için burada belirtilmiş olan unsurların yanı sıra nüfus, deşarj standartları, enerji maliyetleri, atıksu karakterizasyonu gibi hususlar da büyük önem taşımaktadır.

3) Her nüfus değeri için yapılmış olan üç farklı proses hesabının neticesinde boyutlandırılmış olan arıtma tesislerine ait inşaat ve elektrik-mekanik toplam yatırım bedellerine ait değişimler sırasıyla Şekil 7.1, Şekil 7.2, Şekil 7.3 ve Şekil 7.4’de verilmişti. Bu nüfuslar için hesaplanmış olan yatırım bedellerinin Tablo 6.1 de bulunmayan nüfuslar için hesaplanabilmesi amacıyla Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6 ve Şekil 7.7 de verilmiş olan grafiklerin doğrusallaştırılmasıyla elde edilmiş ve Şekil 8.1 ile Şekil 8.2 de gösterilmiş bağıntılar kullanılabilir.



Şekil 8.1 Nüfusa göre inşaat yatırım bedellerinin fonksiyonel ifadeleri

Şekil 8.1 den görüldüğü gibi 8.1 bağıntısında AC sisteminin, 8.2 bağıntısında UAC sisteminin ve 8.3 bağıntısında da BNR sisteminin inşaat yatırım bedellerinin nüfusa bağlı olarak hesaplanabileceği fonksiyonlar verilmiştir.

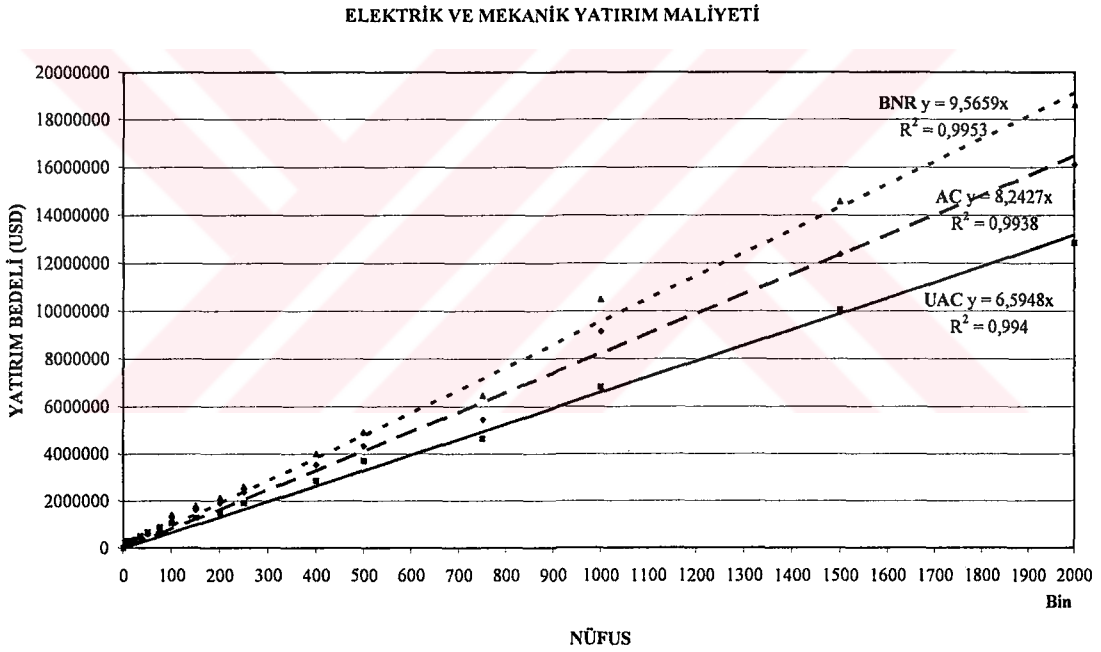
$$AC (\text{inşaat yatırım}) = (7,2263 \times \text{Nüfus}) \quad (8.1)$$

$$UAC (\text{inşaat yatırım}) = (5,9157 \times \text{Nüfus}) \quad (8.2)$$

$$BNR (\text{inşaat yatırım}) = (9,6249 \times \text{Nüfus}) \quad (8.3)$$

Şekil 8.1 incelendiğinde sırasıyla AC, UAC ve BNR sistemleri için elde edilen eğrilerin doğrusallaştırılması ile elde edilen fonksiyonların tutarlılıkları için elde edilen R^2 değerleri yine sırasıyla $R^2_{AC}=0,9917$, $R^2_{UAC}=0,9977$ ve $R^2_{BNR}=0,9954$ olarak bulunmuştur. Bu değerlerin tümü 1.00 'e yeteri kadar yakın olması nedeniyle inşaat yatırımı aranan her nüfus değeri için 8.1, 8.2 ve 8.3 bağıntısı kullanılabilir. Bu bağıntıların kullanılmasında inşaat yatırım hesaplarında esas alınmış ve 7.1.2 başlığında verilmiş olan hususlara uygunluk dikkatle aranmalıdır.

Aynı noktadan hareketle Tablo 6.1 de verilmiş olan nüfuslar için üç farklı prosesle hesaplanmış arıtma sistemlerinin elektrik-mekanik yatırım değerleri de Şekil 8.2 de doğrusallaştırılarak bu tabloda bulunmayan nüfus değerleri için kullanılabilecek fonksiyonların elde edilmesine çalışılmıştır. Elde edilen fonksiyonlar şekil üzerinde de gösterilmiştir. Bu fonksiyonlar ayrıca 8.4, 8.5 ve 8.6. bağıntılarında verilmiştir.



Şekil 8.2 Nüfusa göre elektrik-mekanik yatırım bedellerinin fonksiyonel ifadeleri

$$AC \text{ (elektrik-mekanik yatırım)} = (8,2427 \times \text{Nüfus}) \quad (8.4)$$

$$UAC \text{ (elektrik-mekanik yatırım)} = (6,5948 \times \text{Nüfus}) \quad (8.5)$$

$$BNR \text{ (elektrik-mekanik yatırım)} = (9,5659 \times \text{Nüfus}) \quad (8.6)$$

Aynı biçimde Şekil 8.2 incelendiğinde sırasıyla AC, UAC ve BNR sistemlerinin elektrik-mekanik yatırım bedellerinin hesabı için elde edilen eğrilerin doğrusallaştırılmasıyla oluşturulan fonksiyonların tutarlılıkları sırasıyla $R^2_{AC}=0,9938$, $R^2_{UAC}=0,9940$ ve $R^2_{BNR}=0,9953$ olarak bulunmuştur. Bu değerlerin de tamamı 1.00 'e yeteri kadar yakındır. Böylece 8.4, 8.5 ve 8.6 bağıntıları da 7.1.1 başlığı altında verilmiş olan hususlara uygunluk dikkatle alınarak Tablo 6.1 de verilmemiş nüfus değerlerinin elektrik-mekanik yatırım bedellerinin hesabında kullanılabilir.

4) Atıksu arıtma tesisi planlanırken, yakın yerleşimlerin atıksularının toplanması ve ortak ve büyük kapasiteli tek bir tesiste çözüme gidilmesi yolu tercih edilmelidir.

5) Birim enerji bedelinin 0,08 USD gibi yüksek bir tarifeye faturalandırıldığı günümüzde 100.000 ve üzerindeki nüfusa sahip tüm yerleşim bölgeleri için planlanan arıtma tesislerinde havasız çamur çürütme ve buna entegre edilmiş olan biyogazdan elektrik ve ısı enerjisi sağlayan sistemler uygulama bulmalıdır..

6) Havasız çamur stabilizasyonunun ekonomik bir çözüm olmadığı nüfuslarda klasik aktif çamur sistemiyle birlikte tasarlanmış (kireçle) kimyasal çamur stabilizasyonu uygulaması, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerine göre daha düşük yatırım ve işletme maliyeti getirmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri enerji bedelinin yüksek, kireç bedelinin düşük olmasıdır. Ancak sistemden kaynaklanan fazla çamurun kireç ilavesi ile miktarının artması ve kireç içerdiği için biyolojik olarak stabilize edilmiş çamurdan farklı bir muamele görmemesi, ayrıca çöp döküm alanlarına bedelsiz kabul edilmeleri de önemli diğer faktörlerden biridir. Ancak bu yöntem çevre dostu bir uygulama olmadığı gibi, mevzuatın ve yönetmeliklerin değişmesi ile uygulanması mümkün olmayabilir.

7) Aktif çamur ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinin yatırım maliyetleri, 100.000 kişiye kadar birbirlerine çok yakın olmalarına rağmen, 100.000 kişiden sonra uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminin yatırım bedeli, AC sisteminde havasız çamur stabilizasyonu yapılması nedeniyle AC sisteminden ucuz olmaktadır. Ancak enerji tüketiminin yüksek olması nedeniyle birim arıtma maliyetlerine yansıyan durum farklıdır.

8) Her nüfus değeri için BNR sistemi gerek yatırım gerekse işletme giderleri bakımından en pahalı seçenektir.

9) Havasız çamur çürütme sisteminden elde edilen elektrik enerjisinin klasik aktif çamur sisteminde tesisin enerji ihtiyacını karşılama oranı nüfusa bağlı olarak %40-45 arasında değişmektedir.

10) İkinci bölümde belirtilen ve hayata geçirilmiş yabancı finansmanlardan Ankara ASKİ için kullanılmış olan KfW I, KfW II, KfW III ve KfW IV kredilerinin, Ticari kredi şeklinde kullanılmış olan bölümlerine ait koşullar irdelendiğinde, bu çalışmaya esas olarak alınmış olan Ticari Kredi şartlarından farklı olmadığı kolayca görülebilir.

Bunun yanında Adana ASKİ için kullanılmış olan kredinin ödenebilmesi için atıksuyun birim hacmi başına 0.5 Mark eşdeğeri TL tarife uygulanması, elde edilmesi hedeflenen gelirin gerçek değerinin bir hayli üzerinde olduğunu göstermektedir. Basit bir hesapla 0.5 Mark/m³ değerinin 0,25 EURO ve EURO/USD (1.2237) parite değerini kullanarak 0,306 USD/ m³ değerine karşı geldiği bulunabilir. Yüksek yüklü aktif çamur prosesi ile havasız çamur çürütme ve çamur susuzlaştırma sistemlerini de içeren ve 2010 yılına göre tasarlanıp kurulmuş olan atıksu arıtma tesisi 1.200.000 kişi için hizmet vermekte olup, günlük atıksu arıtma kapasitesi de 227.346 m³ olarak verilmiştir (www.water-technology.net 2004).

Bu tesisin kurulu kapasitesinin 227.346 m³/gün olduğu düşünülürse bu çalışma içersinde yapılan hesaplamalarda 1.500.000 kişilik bir nüfusa karşı geldiği (240.000 m³/gün) görülür ve bu nüfus eşdeğeri için bahsi geçen proses alternatifi için hesaplanmış olan birim arıtma maliyetinin 0,0878 USD/m³ olduğu veya yaklaşık olarak 0,0717 EURO/m³ olarak alınması gerektiği görülür.

Ayrıca hesaplanmış maliyet değerlerinin sadece atıksu arıtma tesisi yapılması ve işletilmesi için harcanacağı düşünüldüğünde aradaki yaklaşık 0,2182 USD/m³ (0,306-0,0878) farkın kanal sistemlerinin yapılması ve işletilmesi için kullanılabileceği öngörülebilir. Ancak Tablo 7.1 dikkatle incelendiğinde kanalizasyon sistemleri için yapılması gereken yıllık yatırım ve işletme giderleri, her üç proses alternatifinin de yıllık işletme giderlerinden düşük kalmaktadır. Bu nedenle en kötü durumda kanalizasyon sistemlerinin işletilmesi ve yenilenmesi için gerekli olan bedel atıksu arıtma sistemininkine eşdeğer kabul edilebilir.

Bu durumda 0.0878 USD/m³ değerinin iki katı olan 0,1756USD/m³ değeri birim atıksu başına hem arıtma hem de kanalizasyon sistemi için tahsil edildiğinde halen geçerli olan bedelden düşük kalmaktadır.

ASAT, Ankara ASKİ ve Adana ASKİ'nin su tarifeleri incelendiğinde bu kadar büyük nüfuslara sahip belediyelerin su tarifeleri içindeki atıksu bedellerinin oldukça fazla olduğu görülmektedir. Bu bedelin Ankara ASKİ de yaklaşık 0,20 USD/m³, olduğu ve su parası içindeki atıksu bedelinin yaklaşık %50 olduğu görülmektedir.

Yabancı finansman kullanarak atıksu arıtma tesisi yapmış ve işletmekte olan diğer bazı Büyükşehir belediyelerindeki su/atıksu tarifeleri incelendiğinde aşağıdaki tarifelerin uygulandığı tespit edilmiştir.

Bu fiyatların oluşturulması sırasında her belediye farklı stratejiler uygulamaktadır. Örneğin Ankara ASKİ, konutlara verdiği suyun birim fiyatını aylık 0-10 m³ sarfiyat için daha ucuz tutup (0,203 USD/m³), 10 m³ üzerindeki sarfiyatlar için önemli ölçüde fiyat artışı uygulamayı seçmiş ve su tarifesinde atıksu payını %50 alarak atıksu (0,521 USD/m³) toplam su bedelini 1.042 USD/m³ olarak faturalandırmaktadır (www.aski.gov.tr 2004).

Adana ASKİ ise konutlardaki su sarfiyatı için bir kademelendirmeyi öngörmemiştir. Adana ASKİ için kredi kuruluşu tarafından talep edilen toplam 1.1 Mark/m³ bedelin 0.6 Markı su temini, 0.5 Markı ise atıksu arıtma sistemi içindir. Buradan hareketle 2004 yılı Ağustos ayından beri Adana ASKİ için geçerli olan su tarifesindeki atıksu bedelinin miktarı 0,306 USD/m³, toplam su bedeli ise 0.641 USD/m³ olarak tahsil edilmektedir. (www.adana-aski.gov.tr 2004).

Bu durumun Antalya'da daha farklı olduğu görülmüştür. Antalya'da yılın 12 ayı boyunca farklı fiyat tarifelerinin uygulanması söz konusu olup, meskenler için bu fiyat değişmemektedir. Ankara ASKİ gibi Antalya'da 'da kademelendirme uygulamasına gidilmiş ve aylık 1-25 m³ sarfiyat için daha az bir bedel talep edilmekte olup atıksu bedelinin (toplam su faturasındaki oranı % 50 kabul edilerek) 0,455 USD/m³, su kullanımının 25 m³ değerini geçmesi durumunda ise bu değer 1.10 USD/m³ olduğu görülmüştür. Buradan hareketle toplam su bedeli 2.2 USD/m³ olmaktadır. (www.asat.gov.tr 2004).

Böylelikle belediye sınırları içinde yaşayan nüfusun altyapı hizmetinden yararlanması için su bedeli olarak ödediği ücretin içinde atıksu arıtma ve kanalizasyon sistemi için bulunan katkı paylarının doğru olarak öngörülmesi amacıyla bu veriler kullanılabilir. Bu hesaplara toplam yatırım maliyetlerinin yanında, bu tesislerin çalıştırılmasından kaynaklanacak olan işletme ve bakım giderleri de eklenmiştir. Böylece 30 yıl boyunca kullanılan suyun arıtılması için gerekli tesislerin yapılıp, işletilmesinin sürdürülebilir olması amacıyla, suyun birim satış bedeline hangi oranda bir ilavenin yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Verilmiş olan tüm hesaplar, tablolar, şekiller ve bağıntılar dikkate alındığında, belediye yerleşimleri için yapılması planlanan bir arıtma tesisi için optimum maliyete dayalı prosesin seçilmesi ve seçilen prosesin boyutlandırılması için kullanılabilir.



KAYNAKLAR

- Andreakis, A.D.**, 1992. The use of water quality model for evaluation of impact of marine sewage disposal on the evoikos gulf Greece, *Water Science Technology* **25** (9) 165-172.
- Arvin, E.**, 1985. Biological removal of phosphorous from wastewater. *Environmental Control, CRC Critical Review*, **15**, 25-69.
- Barbosa, R.A., Santana, J.R.**, 1989. Treatment of raw domestic sewage in an UASB reactor. *Water Resarch* **23**, 1483-1490
- Barnard, J.L.**, 1991. Design of nitrification/denitrification process: Design for nitrogen removal and guarantees for aeration *R.Kayser (ed), Veroffentlichungen des Institus fur siedungswasserwirtschaft, TU Braunschweig Heeft 50 E*, 9-26
- Chavez, M.A., Jimenez, C.B.**, 1996. Treatment of Mexico city's wastewater for irrigation purposes. *In proceeding of the 8 th biennial conference and exibition of the international assosiation on IAWQ at the crossroads of Asia*, Singapore 23-28 June 1996.
- Chudoba, P and Pannier, M.** 1994, Nitrification kinetics in activated sludge with both suspended and attached biomasses. *Wat. Sci. TechnolResarch* **23**, 1483-1490
- Daigger, G.T, Polson, S.R.**, 1991. Design and operation of biological phosphorous removal facilities. Phosphorous and nitrogen removal from municipal wastewater, NY USA 1167-201.
- Dölgen, D.**, 2004. Ülkemizdeki kentsel atıksu arıtma tesisleri ve maliyetleri üzerine bir araştırma. *Kentsel Atıksuların Arıtılması Sorunları ve Çözüm Önerileri Sempozyumu*, Çevre Mühendisleri Odası, İzmit Şubesi, 2004
- Ekama, G.A., Barnard, J.L., Günhert, F.W., Krebs, P., McCorquodale, j.A., Parker, D.S., Wahlberg, E.J.**, 1997. Secondary settling tanks theory, modelling, design and operation, IWAQ Scientific and Technical Report No 6, London, England.
- Eliosov, B, Argamon Y.**, 1995. Hydrolysis of particulate organics in activated sludge systems. *Water Resarch* **29** (1), 155-163
- Finstein, M.S.**, 1980. Sludge composting and utilization. Rational approach to process control final report, NJ, USA.
- Fistein, M.S., Miller, F.C., Hogan, J.A. and Strom, P.F.**, 1987. Analysis of EPA guidance on composting sludge. Part IV-*Facility Design And Operation Biocycle Vol 28* No 4 1987

- Henze, M., Dupont, R., Grau, P., de la Sota, A., 1993. Rising sludge in secondary settlers due to denitrification *Water Resarch* 27, (2) 231-236.
- Henze, M., Gujer, W., Mino, T., Matsuo, T., Wentzel, C., M. Marias, G., 1995. Activated sludge model no: 2, *IAWQ Sci and Tech report* NO:3 London England
- Henze, M., Ødegaard, H., 1994. An analysis of wastewater treatment strategies for eastern and central Europe. *Water Science and Technology* 30 (5) 25-40.
- İSKİ, 1999. İstanbul su temini, kanalizasyon ve drenaj, atıksu arıtma ve uzaklaştırma master planı nihai raporu, İstanbul
- İSKİ, 1999. Güney haliç havzası I.kısım atıksu-yağmur suyu şebeke ve toplayıcılarına ait proje ve metraj hazırlama işi raporu, İstanbul
- KA- Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 2000. (47) Nr 8, Rückbelastung aus der Schlammbehandlung-Menge und Beschaffenheit der Rückläufe ATV-DVWK Fachausschuss AK1.
- Meriç, S., 1990. Marmara denizinde kara kökenli kirlenme ve sonuçları. *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Ødegaard, H., Henze, M., 1992. Evaluation of alternative municipal wastewater management strategies. *World Bank Report Copenhagen Denmark*, 14
- Ødegaard, H., 1992. Norwegian experiences with chemical treatment of raw wastewater. *Water science and technology* 25 (12) 255-264
- Okutman, D., 2001. Eysel atıksularda çökelebilir KOI ayrışmasının deneysel incelenmesi ve modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Orhon, D., Sözen, S., Artan, N., Babuna, F.G., Eremektar, G., İnsel, G., Görgün, E., Taşlı, R., Çokgör, E.U., Ateş, E., Avcıoğlu, E., 2000. Eysel atıksularda azot gideren tek kademeli aktif çamur sistemlerinin tasarımı için standart oluşturulması, Tubitak Projesi Proje No:YDABÇAG-584/Ü-7
- Orhon, D., Tünay. O., Germirli, F., Artan, N., Sözen, S., Taşlı, R., Çokgör, Ubay E., Görgün, E., 1996. Hassas bölgelerde atıksu karakterizasyonu ve artırılabilirliği, hassas bölgelerde en uygun arıtma teknolojileri ve atıksu yönetimi sonuç raporu, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
- Orhon, D. Ateş, E. Sözen, S. Ubay, Çokgör. E., 1997. Characterisation and COD fractionation of domestic wastewater. *Environmental Pollution* 95 (2) 191-204
- Orhon, D. Artan, N., 1994. Modelling of Activated Sludge Systems, Technomic Publishing Company Pennsylvania 17604 USA
- Ponse, M.N., Spanjers, H., Baetens, D., Nowak, O., 2001. Wastewater Characteristics in Europe, a survey *Cost* 624.

- Qasım, S.Y.**, 1999. Wastewater Treatment Plants Planning Design and Operation, Technomic Publishing Company Pennsylvania 17604 USA.
- Randall, C.W. Barnard, J.L. Stensel, H.D.**, 1992. Design and retrofit of biological nutrient removal. Water Quality Management Library, Vol 5 Technomic Publication Pennsylvania, USA 97-185.
- Rules and Standards ATV-DVWK-A 131** 1191. Dimensioning of single-stage activated sludge plants upwards from 5.000 total inhabitants and population equivalents. *Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Verband Kommunalen Stadtereinigungsbetriebe*. Postfach 1160, Markt 71, D-5205 St. Augustin 1
- Standard ATV-DVWK-A 131-E** 2000. Dimensioning of single-stage activated sludge plants. *Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.* Theodor-Heuss-Allee 17 D-53773 Hennef P.O Box 1165
- Stensel HD** 1991. Principals of biological phosphorous removal. Phosphorous and nitrogen removal from municipal wastewater, NY USA 1167-201.
- Taşlı, R.**, 1995. Ardısklı Kesikli Reaktörlerde Biyolojik Aşırı Fosfor Giderimi *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Tchobanoglous, G. and Franklin, L Burton.**, 1991. Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse, Metcalf and Eddy Inc. Singapore.
- Tuna, M.**, 1995. Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet İndeksi ve Debi-Maliyet İlişkileri *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- U.S Environmental Protection Agency EPA** 1987. Design Manual – Phosphorous removal. US EPA / 625 / 1-87 / 001, Cincinnati, Ohio USA.
- U.S Environmental Protection Agency EPA** 1984. Handbook –Septage treatment and disposal US EPA / 625/6-84-009.1984
- U.S Environmental Protection Agency EPA** 1977. Process Design Manuel. Wastewater treatment facilities for sewered small communities. EPA-625/1-77-009.
- Water Pollution Control Federation** 1983. Manuel of Practice No 20 Sludge Dewatering, WPCF 601 Wythe Street Alexandria, VA 22314-1994.
- Water Pollution Control Federation** 1985. Manuel of Practice FD No 9 Sludge Stabilization, WPCF 2626 Pennsylvania Avenue, N.W Washington DC 20037.
- Wilson, G.B.**, 1977. Equipment for composting sewerage sludge in windrows and piles. *Proc National Conf. Composting Munic Residues and sludges, information transfer* , Inc Rockville Md, 122

(www.adana-aski.gov.tr/aski.asp?diIID=1&KatID=5&sayfaID=30 2004)

(www.asat.gov.tr/tr/musteri_hizmetleri/tahkkuk_islemleri/tarifeler.html 2004)

(www.aski.gov.tr/sufiyatlari/alt.html 2004)

(www.ensic.inpl-nancy.fr/COSTWWTP 2001)

(www.izmir-bld.gov.tr/izsukitap/su_crazy_on_cal.asp 2003)

(www.yerelnet.org.tr 2004)

(www.water-technology.net/project_printable.asp?ProjectID=570 2004)



EKLER



EK-A

500.000 KİŞİLİK KLASİK AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ

PROSES HESAPLARI

500.000 Kişi Eşdeğeri Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Klasik Aktif Çamur Sistemi Proses Hesabı

Artıma Tesisine Bağlı Toplam Nüfus	500.000 Kişi
Kişi Başına Üretilen Günlük Atıksu	140 lt/N-gün
Toplam Günlük Debi	70.000 m ³ /gün
Ortalama Saatlik Atıksu Debisi (Kuru Hava)	2.917 m ³ /saat
Maksimum Saatlik Atıksu Debisi (Kuru Hava)	3.500 m ³ /saat
Maksimum Saatlik Atıksu Debisi (Yağışlı Hava)	4.375 m ³ /saat
Minimum Saatlik Atıksu Debisi (Kuru Hava)	1.896 m ³ /saat
Günlük Geri Dönüş Suları Debisi (Toplam)	1.972 m ³ /gün
Günlük Geri Dönüş Suları Debisi (Saatlik)	82 m ³ /saat
Artıma Tesisi Tasarımına Esas Günlük Atıksu Debisi	71.972 m ³ /gün
Artıma Tesisi Tasarımına Esas Maksimum Saatlik Atıksu	4.457 m ³ /saat
Tesisin deniz seviyesinden olan yüksekliği	150 m

Debi Değişim Katsayısı	
Ortalama Debi	1,2
Ortalama Debi	1,5
Ortalama Debi	0,65

Parametre	KİŞİ BAŞINA YÜKLER gr/N-gün			KONSANTRASYON mg/lt			Seçilen
	Minimum	Ortalama	Maksimum	Minimum	Ortalama	Maksimum	
Askıda Katı Madde	70,0	100,0	150,0	500	714	1071	413
KOI	70,0	145,0	220,0	500	1036	1571	688
BOI	45,0	53,0	60,0	321	379	429	316
Amonyum N	4,5	6,1	9,0	32	44	64	45
Organik N	1,5	3,9	6,0	11	28	43	24
TKN	6,0	10,0	15,0	43	71	107	69
Toplam Fosfor	0,6	1,8	4,0	4	13	29	11
Alkalinite	9,0	18,0	45,0	64	129	321	250
Yağ ve Gres	10,0	20,0	40,0	71	143	286	100

GİRİŞ KANALI BİLGİLERİ

Atıksu debisi	4.457	m ³ /st
Maksimum atıksu debisi	1,24	m ³ /sn
Seçilen kanal genişliği	2,00	m
Seçilen kanal taban eğimi	2.500	m/m
Maksimum Debide		
Kanaldaki akış derinliği	0,718	m
Kanaldaki akış hızı	0,862	m/sn
Atıksu debisi	1896	m ³ /st
Minimum atıksu debisi	0,527	m ³ /sn
Seçilen ızgara kanalı genişliği	2,00	m
Seçilen kanal taban eğimi	2.500	m/m
Minimum Debide		
Kanaldaki akış derinliği	0,396	m
Kanaldaki akış hızı	0,665	m/sn

Seçilen Kanal Boyutları

Kanal genişliği	2,00	m
Kanal uzunluğu	4,00	m
Maksimum su derinliği	0,72	m
Minimum su derinliği	0,40	m
Maksimum akış hızı	0,86	m/sn
Minimum akış hızı	0,66	m/sn

KABA IZGARA KANALI HESABI

Seçilen ızgara kanalı sayısı	3	
Izgara başına maksimum saatlik atıksu debisi	1.486	m3/st
Maksimum atıksu debisi	0,41	m3/sn
Seçilen ızgara kanalı genişliği	2,00	m
Seçilen kanal taban eğimi	2.500	m/m
Maksimum Debide		
Kanaldaki akış derinliği	0,336	m
Kanaldaki Akış hızı	0,614	m/sn
Izgara başına minimum saatlik debi	632	m3/st
Minimum atıksu debisi	0,176	m3/sn
Seçilen ızgara kanalı genişliği	2,00	m
Seçilen kanal taban eğimi	2.500	m/m
Minimum Debide		
Kanaldaki akış derinliği	0,192	m
Kanaldaki akış hızı	0,457	m/sn

Kaba Izgara Bilgileri (maks.debide)

Çubuklar arası mesafe	30	mm
Çabuk kalınlığı	10	mm
Boşluk sayısı	50	adet
Çubuk sayısı	49	adet
Net akış alanı	0,51	m2
Temiz ızgarada çubuklar arası akış hızı	0,81	m/sn
% 25 tıkanmış ızgarada çubuklar arası akış hızı	1,08	m/sn

Kaba Izgara Bilgileri (min.debide)

Çubuklar arası mesafe	30	mm
Çabuk kalınlığı	10	mm
Boşluk sayısı	50	adet
Çubuk sayısı	49	adet
Net akış alanı	0,29	m2
Temiz ızgarada çubuklar arası akış hızı	0,61	m/sn
% 25 tıkanmış ızgarada çubuklar arası akış hızı	0,81	m/sn
Izgara yerleşim açısı	45	derece
Izgarada tutulacak Max katı madde miktarı	2,030	m3/gün
Izgarada tutulacak Min katı madde miktarı	1,120	m3/gün

İNCE IZGARA KANALI HESABI

Seçilen ızgara kanalı sayısı	3	
Izgara başına maksimum saatlik debi	1.486	m3/st
Maksimum atıksu debisi	0,41	m3/sn
Seçilen ızgara kanalı genişliği	2,00	m
Seçilen kanal taban eğimi	2.500	m/m
Maksimum Debide		
Kanaldaki akış derinliği	0,336	m
Kanaldaki Akış hızı	0,614	m/sn
Izgara başına minimum saatlik debi	632	m3/st
Minimum atıksu debisi	0,176	m3/sn
Seçilen ızgara kanalı genişliği	2,00	m
Seçilen kanal taban eğimi	2.500	m/m
Minimum Debide		
Kanaldaki akış derinliği	0,192	m
Kanaldaki Akış hızı	0,457	m/sn

İnce Izgara Bilgileri (maks.debide)

Çubuklar arası mesafe	15	mm
Çabuk kalınlığı	5	mm
Boşluk sayısı	100	adet
Çubuk sayısı	99	adet
Net akış alanı	0,51	m2
Temiz ızgarada çubuklar arası akış hızı	0,82	m/sn
% 25 tıkanmış ızgarada çubuklar arası akış hızı	1,09	m/sn

İnce Izgara Bilgileri (min.debide)

Çubuklar arası mesafe	15	mm
Çabuk kalınlığı	5	mm
Boşluk sayısı	100	adet
Çubuk sayısı	99	adet
Net akış alanı	0,29	m2
Temiz ızgarada çubuklar arası akış hızı	0,61	m/sn
% 25 tıkanmış ızgarada çubuklar arası akış hızı	0,81	m/sn
Izgara yerleşim açısı	60	derece

HAVALANDIRMALI KUM VE YAĞ TUTUCU

Yağışlı hava maksimum debisindeki hidrolik bekletme süresi	5,0 dk
Toplam hacim	371 m ³
Kuru hava maksimum debisindeki hidrolik bekletme süresi	6,4 dk
Ortalama debideki hidrolik bekletme süresi	7,6 dk
Minimum debideki hidrolik bekletme süresi	11,8 dk
Seçilen kanal sayısı	4 adet
Her kanalın hacmi	92,86 m ³
Net su derinliği	2,00 m
Kanal genişliği	2,50 m
Kanal uzunluğu	19 m
Gerekli hava debisi	223 m ³ /st
Difüzör başına hava debisi	10 m ³ /st-adet
Gerekli difüzör sayısı	22 adet
Seçilen blower kapasitesi	56 m ³ /st
Seçilen blwoer sayısı	4 adet
Seçilen blower basıncı	325 mBar
Blower gücü	kw-saat
Sistemden alınacak günlük Max kum miktarı	1407 lt
Sistemden alınacak günlük Min kum miktarı	26 lt
Sistemden alınacak günlük Max yüzücü madde miktarı	314 lt
Sistemden alınacak günlük Min yüzücü madde miktarı	52 lt

DAİRESEL ÖN ÇÖKELTİM TANKI

Yağışlı hava maksimum debisindeki yüzeysel yükleme	100 m ³ /m ² -gün
Gerekli yüzey alanı	1.070 m ²
Kuru hava maksimum debisindeki yüzeysel yükleme	98 m ³ /m ² -gün
Ortalama debideki yüzeysel yükleme değeri	65 m ³ /m ² -gün
Minimum debideki yüzeysel yükleme değeri	43 m ³ /m ² -gün
Seçilen tank sayısı	4 m
Her tankın alanı	267 m ²
Her tankın çapı	18,45 m
Kenardaki net su derinliği	3,0 m
Taban eğimi 1/10	0,1 m/m
Merkezdeki derinlik	3,92 m
Bir tankın hacmi	885 m ³
Sistemin ortalama debideki hidrolik bekletme süresi	1,2 saat
AKM giderim verimi	0,45 %
BOI giderim verimi	0,24 %
KOI giderim verimi	0,23 %
TKN giderim verimi	0,08 %
TP giderim verimi	0,05 %
Fazla çamurun kuru madde miktarı	30 kg/m ³
Fazla çamur miktarı	10.359 kg/gün
Fazla çamur debisi	345,31 m ³ /gün
Saatlik fazla çamur debisi	14,388 m ³ /saat

Çöketim tankı sonrası konsantrasyonlar

AKM konsantrasyonu	177 mg/lt
BOI konsantrasyonu	187 mg/lt
KOI konsantrasyonu	413 mg/lt
TKN konsantrasyonu	50 mg/lt
TP konsantrasyonu	8 mg/lt
Savak Yüğü	19 m ³ /m-gün

HAVALANDIRMA HAVUZU HESABI

Günlük Atıksu Debisi	71.972 m ³ /gün		
AKM	177 mg/lt		
KOI	413 mg/lt		
TKN	50 mg/lt		
TP	8 mg/lt		
Toplam KOI	413	mg/lt	
Ayrışabilir KOI	351	mg/lt	
Kolay Ayrışabilen KOI	10%	41	mg/lt
Yavaş Hidroliz Olan KOI	75%	310	mg/lt
İnert KOI		62	mg/lt
İnert Partiküler KOI	10,0%	41	mg/lt
İnert Çözülmüş KOI	5,0%	21	mg/lt
Çamur Yaşı	5	gün	
UAKM Konsantrasyonu	2250	mg/lt	
UAKM / AKM Oranı	0,75		
AKM Konsantrasyonu	3.000	mg/lt	
Y katsayısı	0,45	kgUAKM/kgKOI	
kd katsayısı	0,05	1/gün	
Net Dönüşüm Oranı	0,36	kgUAKM/kgKOI	
Günlük Çamur Üretimi	9.102	kgUAKM	
Toplam Fazla Çamur	12.136	kgKM	
Havalandırma Havuzu Hacmi	20.226	m ³	
Bekletme Süresi	0,28	gün	
Teorik Azot Tüketimi	15	mg N/lt Atıksu	
Teorik Oksijen İhtiyacı	12.358	kgO ₂ /gün	
Çözülmüş Oksijen Konsantrasyonu	1,5	mg/lt	
Standart O ₂ İhtiyacı	22.496	kgO ₂ /gün	
Standart O ₂ İhtiyacı	1.190	kgO ₂ /saat	
H.Havuzu AKM Konsantrasyonu	3.000	mg/lt	
Geri Devir Hattı AKM Konsantrasyonu	8.063	mg/lt	
Gerekli Geri Devir Oranı	0,59	%	
Gerekli Geri Devir Debisi	4776	m ³ /saat	
Paralel Havuz Sayısı	2	adet	
Net Su Derinliği	5,5	m	
Havuz Genişliği	16,5	m	
Havuz Uzunluğu	111	m	
Gerekli Karışım Enerjisi	405	kw	
Blower Seçimi			
Standart O ₂ Transfer Verimi	25	%	
Difüzör Kapasitesi	10	m ³ /saat	
Hava Debisi	17.089	m ³ /saat	
Difüzör Sayısı	1.709	adet	
Difüzör Tipi	Membran		

Sıcaklık	Çözülmüş Oksijen	Yükseklik	Düzeltilme Faktörü
C	mg/lt	m	
0	14,60	100	1,000
1	14,20	200	0,985
2	13,81	300	0,970
3	13,45	400	0,960
4	13,09	500	0,948
5	12,76	600	0,936
6	12,44	700	0,924
7	12,13	800	0,912
8	11,83	900	0,900
9	11,55	1000	0,894
10	11,28	1100	0,888
11	11,02	1200	0,881
12	10,77	1300	0,875
13	10,53	1400	0,869
14	10,29	1500	0,863
15	10,07	1600	0,856
16	9,86	1700	0,850
17	9,65	1800	0,839
18	9,45	1900	0,828
19	9,26	2000	0,816
20	9,08	2100	0,805
21	8,90	2200	0,794
22	8,73	2300	0,783
23	8,56	2400	0,771
24	8,40	2500	0,760
25	8,24	$N = No(Beta * C_{walt} - Cl / Cs_{20}) * 1,024^{(T-20)} * Alfa$	
26	8,09		
27	7,95	Alfa aerator	0,85
28	7,81	Alfa blower	0,70
29	7,67	Beta	0,95
30	7,54	Yükseklik	431
31	7,41	Sıcaklık	20
32	7,29	Cs	9,08
33	7,17	Yükseklik F	1,00
34	7,05	Cwalt	9,080
35	6,93	Cl	1,50
36	6,82	N/No Blower	0,549
37	6,72	N/No Aerator	0,667
38	6,61		
39	6,51		
40	6,41		

SON ÇÖKTÜRME HAVUZU HESABI

Günlük ortalama debi	2.917 m3/saat
Yağışlı hava maksimum debisi	4.457 m3/saat
AKM	3,0 kg/m3
Yoğunlaştırma süresi	2 saat
DSVI	150 ml/gr
Emişli tip sıyrıcı	0,5
Sıyrıcı tipine bağlı seyrelme katsayısı	0,7
Yüzeysel yükleme değeri	400 lt/m2-saat
Havuz tabanında max AKM konsantrasyonu	8,40 kg/m3
Geri devir hattındaki ortalama AKM konsantrasyonu	8,063 mg/lt
Ortalama debideki geri devir oranı	0,59 %
Ortalama debide geri devir debisi	1728 m3/saat
Maksimum yağışlı hava debisindeki geri devir oranı	0,35 %
Maksimum yağışlı hava geri devir debisi	1570 m3/saat
Yağışlı hava maksimum debisi için yüzeysel yükleme	0,9 m/saat
Son çökeltim tankı toplam yüzey alanı	5014 m2
Ortalama debi için yüzeysel yükleme değeri	0,582 m/saat
h1	0,5 m
h2	0,71 m
h3	0,49 m
h4	0,98 m
Tankın 2/3 mesafesindeki ortalama derinlik	2,68 m
Yağışlı hava maksimum debisi için yüzey yükleme kontrolü	Uygun
Çökeltim tankı taban eğimi	0,083
Planlanan çökeltim tankı sayısı	4
Planlanan çökeltim tanklarının birim alanı	1254 m2
Planlanan çökeltim tanklarının çapı	39,95 m
Çökeltim tankı deflektör çapı	7,99 m
Çökeltim tankı çamur toplama konisi çapı	6,99 m
Çökeltim tankının kenarındaki su derinliği	2,50 m
Çökeltim tankının merkezindeki su derinliği	4,16 m
Çökeltim tankı çıkışında AKM konsantrasyonu	20

ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRMA SİSTEMİ

Ön Çökeltim Çamuru Miktarı	10.359 kgKM/gün
Ön Çökeltim Çamuru Kuru Madde Miktarı	30,0 kg/m ³
Ön Çökeltim Çamuru Günlük Debisi	345 m ³ /gün
Ön Çökeltim Çamuru Saatlik Debisi	14,4 m ³ /st
Son Çökeltim Çamuru Miktarı	0 kgKM/gün
Son Çökeltim Çamuru Kuru Madde Miktarı	8,1 kg/m ³
Son Çökeltim Çamuru Günlük Debisi	0 m ³ /gün
Son Çökeltim Çamuru Saatlik Debisi	0,0 m ³ /st
Toplam Çamur Miktarı	10.359 kgKM/gün
Toplam Çamurun Kuru Madde Miktarı	30 kg/m ³
Toplam Çamurun Günlük Debisi	345 m ³ /gün
Toplam Çamurun Saatlik Debisi	14,4 m ³ /st
Seçilen Katı Madde Yüğü	75 kgKM/m ² gür
Gerekli Yoğunlaştırıcı Alanı	138,1 m ²
Seyrelme ve Homojenizasyon Tankı Hacmi	37 m ³
Seyrelme ve Homojenizasyon Tankı Derinliğı	3 m
Seyrelme ve Homojenizasyon Tankı Çapı	4 m
Gerekli Karıştırıcı Gücü	0,19 kw
Yoğunlaştırıcıya Giren Çamurun Katı Madde Miktarı	27,1 kg/m ³
Yüzeyssel Yükleme Oranı Tahkiki	9 m ³ /m ² -gün
Yoğunlaşma Bölgesinin Yüksekliğı	0,11 m
Temizsu Bölgesi Yüksekliğı	1,5 m
Çökelme Bölgesi Yüksekliğı	1,0 m
Toplam Kenar Derinliğı	3,1 m
Seçilen Taban Eğimi 2:12	0,167 m/m
Merkezdeki Derinlik	3,9 m
Taban Konisinin Hacmi	89,6 m ³
Seçilen Yoğunlaştırıcı Sayısı	2 adet
Çapı	9,38 m
Hava Payı	0,5 m
Bir Yoğunlaştırıcının Hacmi	242 m ³
Toplam Hacim	484 m ³
Bir Yoğunlaştırıcının Yüzey alanı	69 m ²
Toplam Yüzey alanı	138 m ²
Çıkıştaki Kuru Madde	50 kg/m ³
Katı Madde Tutma Oranı	95 %
Yoğunlaştırıcı Çıkışı Kuru Madde Miktarı	9.841 kgKM/gün
Yoğunlaştırıcı Çıkışı Günlük Çamur Debisi	197 m ³ /gün
Yoğunlaştırıcı Çıkışı Saatlik Çamur Debisi	8 m ³ /st
Oluşan Günlük Üst Su Miktarı	148 m ³ /gün
Oluşan Saatlik Üst Su Miktarı	6,19 m ³ /st
Üst Su Katı Madde Yüğü	518 kg/gün
Üst Su Katı Madde Konsantrasyonu	3.488 mg/lt

MEKANİK ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRMA SİSTEMİ

Ön Çökeltim Çamuru Miktarı	0 kgKM/gün
Ön Çökeltim Çamuru Kuru Madde	30,0 kg/m ³
Ön Çökeltim Çamuru Günlük Debisi	0 m ³ /gün
Ön Çökeltim Çamuru Saatlik Debisi	0 m ³ /st
Son Çökeltim Çamuru	12.136 kgKM/gün
Son Çökeltim Çamuru	8,1 kg/m ³
Son Çökeltim Çamuru Günlük Debisi	1.505 m ³ /gün
Son Çökeltim Çamuru Saatlik Debisi	63 m ³ /st
Toplam Çamur Miktarı	12.136 kgKM/gün
Toplam Çamurun Kuru Madde Miktarı	8,1 kg/m ³
Toplam Çamurun Günlük Debisi	1.505 m ³ /gün
Toplam Çamurun Saatlik Debisi	108 m ³ /st
Mekanik Yoğunlaştırıcı Günlük İşletme Süresi	14 saat/gün
Mekanik Yoğunlaştırıcı Hidrolik Kapasitesi	130 m ³ /st
Mekanik Yoğunlaştırıcı Katı Madde Kapasitesi	1.000 kgKM/st
Çamur Debisi Açısından Seçilen Mekanik Yoğunlaştırıcı Sayısı	0,8 adet

Katı Madde Açısından Gerekli Mekanik Yoğunlaştırıcı Sayısı	0,87 adet
Gerekli Yoğunlaştırıcı Sayısı	0,87 adet
Seçilen Yoğunlaştırıcı Sayısı	1 adet
Gerçekleşen Hidrolik Yükleme Değeri	124 m ³ /st
Gerçekleşen Katı Madde Yükleme	1.000 kgKM/st
Katı Madde Tutuma Oranı	98 %
Mekanik Yoğunlaştırıcı Çıkışındaki Katı Madde Miktarı	11.893 kgKM/gün
Yoğun Çamur Katı Madde Konsantrasyonu	50 kg/m ³
Günlük Yoğun Çamur Debisi	238 m ³ /gün
Saatlik Yoğun Çamur Debisi	10 m ³ /st
Günlük Filtrat Miktarı	1.267 m ³ /gün
Saatlik Filtrat Miktarı	91 m ³ /st
Filtrat Katı Madde Yüğü	243 kg/gün
Filtrat Katı Madde Konsantrasyonu	192 mg/lt
Mekanik Yoğunlaştırıcı Yıkama Suyu İhtiyacı	15 m ³ /st
Gerekli Yıkama Suyu Pompası	1 adet
Yıkama Suyu Pompası Kapasitesi	15 m ³ /st
Yıkama Suyu Basıncı	60 mSS
Yıkama Suyu Pompası Çalışma Süresi	14 st/gün

Polimer Hazırlama Dozlama Sistemi

İşletme Süresi	14 st/gün
Özgöl Polimer Kullanımı	3,00 gr/kgKM
Toplam Polimer Kullanımı	36 kg/gün
Besleme Çözeltisi Konsantrasyonu	0,1 %

Çamur Homojenizasyon Tankı (Ön Çökeltim + Biyolojik Çamur)

Yoğun Ön Çökeltim Çamuru	9.841 kg/gün
Yoğun Ön Çökeltim Çamuru Kuru Madde Miktarı	50,0 kg/m ³
Yoğun Ön Çökeltim Çamuru Debisi	197 m ³ / d
Yoğun Biyolojik Çamur	11.893 kg/gün
Yoğun Biyolojik Çamur Kuru Madde Miktarı	50,00 kg/m ³
Yoğun Biyolojik Çamur Debisi	238 m ³ /gün
Karışım Çamuru Miktarı	21.735 kg/gün
Karışım Çamurunun Kuru Madde Miktarı	50,0 kg/m ³
Karışım Çamuru Hacmi	435 m ³ /gün
Seçilen Hidrolik Bekletme Süresi	2,0 saat
Gerekli Tank Hacmi	36 m ³
Seçilen Tank Sayısı	1 Adet
Net Su Derinliği	3,0 m
Hava Payı	0,5 m
Tank Çapı	3,9 m



YÜKSEK HIZLI ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜ

ÖN ÇÖKELTİM ÇAMURU

Ön Çökeltim Çamur Miktarı	9.841 kg KM/gün
Ön Çökeltim Çamuru Kuru Madde Miktarı	50,0 %
Günlük Çamur Debisi	197 m ³ /gün
kg UAKM/gün	8,20 m ³ /st
Çamurun Organik Madde İçeriği	67 %
Organik Çamur Miktarı	6.594 kg UAKM/gün

BİYOLOJİK FAZLA ÇAMUR

Çamur Miktarı filtrat dönüşleri dahil	11.893 kg KM/gün
Kuru Madde Miktarı	50,0 %
Günlük Çamur Debisi	238 m ³ /gün
Saatlik Çamur Debisi	9,91 m ³ /st
Çamurun Organik Madde İçeriği	63 %
Organik Çamur Miktarı	7.493 kg UAKM/gün
Reaktöre Giren Günlük Çamur Miktarı	21.735 kg UAKM/gün
Reaktöre Giren Günlük Çamur Hacmi	435 m ³ /gün
Reaktöre Giren Çamurun Organik Madde İçeriği	14.086 kg UAKM/gün
Reaktöre Giren Çamurun İnorganik Madde İçeriği	7.648 kg UAKM/gün
Reaktörün Hidrolik Bekletme Süresi	20 gün
Gerekli Reaktör Hacmi	8.694 m ³
Seçilen Reaktör Hacmi	8.700 m ³
Seçilen Reaktör Sayısı	1,0 adet
Toplam Reaktör Hacmi	8.700 m ³
Organik Yükleme Değeri	1,619 kg UAKM/m ³ gün
Reaktör İşletme Sıcaklığı	35 °C
Organik Madde Giderim Verimi	48 %
Günlük Giderilen Organik Madde Miktarı	6.759 kg UAKM/gün
Reaktör Çıkışındaki Toplam Çamur Miktarı	14.975 kg UAKM/gün
Toplam Çamurun Organik Madde İçeriği	7.327 kg UAKM/gün
Çürütülmüş Çamurdaki Organik Madde Miktarı	49 %
Reaktör Çıkışındaki Günlük Çamur Hacmi	435 m ³ /gün
Reaktör Çıkışındaki Saatlik Çamur Hacmi	18 m ³ /st
Reaktör Çıkışındaki Çamurun Katı Madde İçeriği	34 kg KM/ m ³

Reaktör Isıtma Sistemi Hesabı

Reaktöre Giren Çamurun Minimum Sıcaklığı	15 °C
Çamurun Isıtılması İçin Gerekli Günlük Isı Enerjisi	10.102 kWst /gün
Çamurun Isıtılması İçin Gerekli Saatlik Isı Enerjisi	421 kWst /st
Her Reaktörden Kaybedilen Günlük Isı Enerjisi	2.324 kWst /gün
Her Reaktörden Kaybedilen Saatlik Isı Enerjisi	97 kWst /st
Tüm Reaktörlerden Kaybedilen Günlük Isı Enerjisi	2.324 kWst /gün
Tüm Reaktörlerden Kaybedilen Saatlik Isı Enerjisi	97 kWst /st
24 Saatlik İşletmede Günlük Toplam Isı İhtiyacı	12.426 kWst /gün
24 Saatlik İşletmede Saatlik Isı İhtiyacı	518 kWst /st
20 Saatlik Isıtmada Günlük Toplam Isı İhtiyacı	14.911 kWst /gün
20 Saatlik Isıtmada Saatlik Isı İhtiyacı	621 kWst /st
Reaktör Başına Seçilen Isı Değiştirici Sayısı	1 adet
24 Saatlik İşletmede Gerekli Isı Değiştirici Kapasitesi	518 kWst
20 Saatlik İşletmede Gerekli Isı Değiştirici Kapasitesi	621 kWst
Seçilen Isı Değiştirici Kapasitesi	777 kWst
Gerekli Isı Değiştirici Sayısı	1 adet
Isı Değiştiricilerin Günlük Çalışma Süresi	16 st/gün
Reaktör Başına Gerekli Sirkülasyon Pompası Sayısı	1,5 adet
Gerekli Sirkülasyon Pompası Sayısı	2 adet
Sirkülasyon Pompası Kapasitesi	218 m ³ /st
Sirkülasyon Pompası Basıncı	10 mSS
Sirkülasyon Pompası İşletme Süresi	24 st/gün

Reaktör Karışımı İçin Gaz Enjeksiyonu

Her Reaktöre Karışım İçin Gerekli Gaz Beslemesi	0,04 m ³ /st
Birim Reaktör Hacmi	8.700 m ³
Gerekli Kompresör Kapasitesi	387 m ³ /st
Gerekli Kompresör Sayısı	1 adet
Kompresör Basıncı	5 bar
Kompresör Çalışma Süresi	12 st/gün
Her Reaktörde Bulunacak Gaz Dağıtım Borusu Sayısı	16 adet
Toplam Gaz Dağıtım Borusu Sayısı	16 adet

Biyogaz Üretimi

Özgöl Gaz Üretimi	0,9 m ³ /kgUAKM _{gid.}
Toplam Gaz Üretimi	6.083 m ³ /gün
Saatlik Gaz Üretimi	253 m ³ /st
Biyogazın Kalorifik Değeri	6,40 kWst / m ³
Üretilen Gazın Enerji Eşdeğeri	38.934 kWst /gün

Gaz Depolama Tankı

Hidrolik Bekletme Süresi	6 st
Saatlik Gaz Üretimi	253 m ³
Seçilen Gaz Deposu Sayısı	1 adet
Gerekli Gaz Depolama Tankı Hacmi	1.521 m ³
Birim Gaz Depolama Tankı Hacmi	1.521 m ³
Gerçekleşen Hidrolik Bekletme Süresi	6,00 st

Atık Gaz Yakma Bacası

Saatlik Gaz Üretimi	253 m ³ /st
Pik Faktörü	2,0 m ³ /st
Gerekli Gaz Yakma Bacası Kapasitesi	507 m ³ /st
Toplam Gaz Yakma Bacası Sayısı	1 adet
Seçilen Atık Gaz Yakma Bacası Kapasitesi	634 m ³ /st

Çift Brülörlü Kazanlar

Reaktörlerin Isıtılması İçin Gerekli Maks. Isı Enerjisi	621 kW
Seçilen Kazan Kapasitesi	621 kW
Gerekli Kazan Sayısı	1,00 adet
Seçilen Kazan Sayısı	1 adet
Toplam Isıtma Kapasitesi	621 kW/st

Gaz Motorları TİP A

Her Motorun Elektrik Üretim Kapasitesi	626 kW
Her Motorun Isı Üretim Kapasitesi	847 kW
Her Motorun Yakıt Kapasitesi	1.711 kW
Her Motorun Biyogaz Yakma Kapasitesi	267 m ³ /st
Her Motorun Günlük Biyogaz Tüketimi	6.082 m ³ /gün
Her Motorun Elektrik Üretim Verimi	36,6 %
Her Motorun Isı Üretim Verimi	49,5 %
Her Motorun Toplam Verimi	86,1 %
Motorların İşletme Süresi	22,75 st/gün
Motor Başına Günlük Elektrik Üretimi	14.242 kWst /gün
Motor Başına Günlük Isı Üretimi	19.269 kWst /gün
Seçilen Motor Sayısı	1 adet
Motorların Günlük Biyogaz Tüketimi	6.082 m ³ /gün
Kullanılamayan Günlük Biyogaz Miktarı	1 m ³ /gün
Tip A Tarafından Günlük Üretilen Elektrik Enerjisi	14.242 kWst /gün
Tip A Tarafından Günlük Üretilen Isı Enerjisi	19.269 kWst /gün

Gaz Motorları TİP B

Tip A Motorlardan Kalan Günlük Biyogaz	1 m ³ /gün
Tip A Motorlardan Kalan Saatlik Biyogaz	0 m ³ /st
Her Motorun Elektrik Üretim Kapasitesi	1.255 kW
Her Motorun Isı Üretim Kapasitesi	1.587 kW
Her Motorun Yakıt Kapasitesi	3.246 kWst
Her Motorun Biyogaz Yakma Kapasitesi	507 m ³ /st
Her Motorun Günlük Biyogaz Tüketimi	12.173 m ³ /gün
Her Motorun Elektrik Üretim Verimi	39 %
Her Motorun Isı Üretim Verimi	49 %
Her Motorun Toplam Verimi	88 %
Gerekli Motor Sayısı	1,00 adet
Motorun Günlük Çalışma Süresi	0 st
Seçilen Motor Sayısı	1,0 adet
Motorların Günlük Biyogaz Tüketimi	1 m ³ /gün
Tip B Motorlar Tarafından Günlük Üretilen Elektrik Enerjisi	3 kWst /gün
Tip B Motorlar Tarafından Günlük Üretilen Isı Enerjisi	4 kWst /gün
Atık Gaz Yakma Bacasına Gidecek Gaz Miktarı	0 m ³ /gün

Tip A-B Motorların Elektrik ve Isı Üretimi

I.Grup Motorların Ürettiği Günlük Elektrik	14.242 kWst /gün
II.Grup Motorların Ürettiği Günlük Elektrik	3 kWst /gün
Toplam Üretilen Günlük Elektrik	14.245 kWst /gün
Toplam Günlük Biyogaz Kullanımı	6.083 m ³ /gün
I.Grup Motorların Ürettiği Günlük Isı	19.269 kWst /gün
II.Grup Motorların Ürettiği Günlük Isı	4 kWst /gün
Toplam Üretilen Günlük Isı	19.274 kWst /gün

Isıl Denge

Reaktör Isıtması İçin Gerekli Maksimum Enerji	12.426 kWst /gün
24 Saatlikİstımada Gerekli Saatlik Enerji	518 kWst / gün
20 Saatlikİstımada Gerekli Saatlik Enerji	621 kWst /gün 20-st
I.ve II. Grup Motorların Ürettiği Günlük Enerji	19.274 kWst /st
Kazanların Isıtma Kapasitesi	621 kWst /st
Kazanların ve Motorların Toplam Isıtma Kapasitesi	19.895 kWst /st
Isıl Denge Durumu	Sadece Motorlar Kullanılacak

Korozyona Karşı Demir Sülfat Dozlaması

Gerekli Demir İyonu Dozajı	3 gr/m ³
Toplam Demir İyonu İhtiyacı	68 kg/gün
Ticari Formda Günlük Demir Sülfat Tuzu Kullanımı	381 kg/gün

ÇÜRÜTÜCÜ ISITMA İHTİYACI (DOLUM SÜRESİ 30 GÜN)

Günlük çamur girişi	18 m ³ /st
Giriş sıcaklığı	15,0 Santigrat
İşletme sıcaklığı (reaktörde)	35,0 Santigrat
Minimum hava sıcaklığı	-5,0 Santigrat
Reaktörün altındaki toprak sıcaklığı	3,5 Santigrat
Reaktörün yanındaki toprak sıcaklığı	1,0 Santigrat

Isı Transfer Katsayıları

Beton yüzeyler	<u>1,8</u> Kcal/m-st-C
Cam yünü veya taş yünü	<u>0,035</u> Kcal/m-st-C
Alüminyum kaplama	<u>172,0</u> Kcal/m-st-C

Film Katsayıları

Dış (hava su)	<u>20,0</u> Kcal/m ² -st-C
Su	<u>166,0</u> Kcal/m ² -st-C
Gaz	<u>5,2</u> Kcal/m ² -st-C

Çürütücü Bilgileri

Seçilen hacim	8.700 m³
Çap	21,0 m
Toplam silindirik yükseklik	22,0 m
Toprak üstündeki silindirik yükseklik	14,7 m
Toprak altındaki silindirik yükseklik	7,3 m
Konik tabanın üst kesit çapı	21,0 m
Konik tabanın alt kesit çapı	3,7 m
Konik tabandaki net yükseklik	2,89 m
Konik tavanın üst kesit çapı	2,5 m
Konik tavanın üst kesit çapı	5,2 m
Konik tavanın alt kesit çapı	21,0 m
Konik tavandaki net yükseklik (gaz kısmı için)	1,25 m
Toprak üstündeki yan alan	967 m ²
Toprak altındaki yan alan	484 m ²
Su ile temas eden çatı yüzeyi	711 m ²
Gaz ile temas eden çatı yüzeyi	48 m ²
Taban alanı	346 m ²
Toplam çürütücü alanı	2.555 m²

Taban betonu kalınlığı	0,90 m
Çatı betonu kalınlığı	0,40 m
Perde betonu kalınlığı	0,55 m
Cam yünü kalınlığı	0,10 m
Alüminyum kaplama kalınlığı	0,001 m

Toprak üstünde silindirik kısmın ısı iletimi	0,311 Kcal/m ² -st-C
Toprak altında silindirik kısmın ısı iletimi	3,209 Kcal/m ² -st-C
Reaktör tanabı ısı iletimi	1,976 Kcal/m ² -st-C
Reaktör çatısı ısı iletimi (çamur ile temas)	0,319 Kcal/m ² -st-C
Reaktör çatısı ısı iletimi (gaz ile temas)	0,301 Kcal/m ² -st-C

Isı Kayıpları

Gaz ile temastaki çatıdan kayıp	576 Kcal/st
Çamur ile temastaki çatıdan kayıp	9.065 Kcal/st
Toprak üstün yan duvardan kayıp	12.019 Kcal/st
Toprak altı yan duvardan kayıp	32.491 Kcal/st
Tabandan kayıp	21.550 Kcal/st
Borulardan kayıp (toplam kaybın % 5'i)	7.570 Kcal/st

Kayıpların toplamı 83.270 Kcal/st

Ana Toplam

83.270 Kcal/st

96,8 Kw/st

2.324 Kw-st/gün

8,2 Kg Fuel Oil/st

197,3 Kg Fuel Oil /gün

ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA SİSTEMİ HESABI

Preste İşlenecek Çamur Miktarı	14.975 kg KM /gün
Preste İşlenecek Çamurun Kuru Madde Miktarı	34,5 kg KM / m ³
Preste İşlenecek Günlük Çamur Debisi	435 m ³ / gün
Preslerin Günlük Çalışma Süresi	18,0 saat
Preste İşlenecek Saatlik Çamur Debisi	24 m ³ / saat
Seçilen Presin Katı Madde Tutabilme Oranı	96,0 %
Seçilen Presin Maksimum Hidrolik Kapasitesi	30,0 m ³ / st
Presin Maksimum Katı Madde İşleme Kapasitesi	900 kg KM /st
Hidrolik Kapasiteye Göre Gerekli Pres Sayısı	1 Adet
Katı Madde Kapasitesine Göre Gerekli Pres Sayısı	1 Adet
Seçilen Pres Kapasitesi	1 Adet
Susuzlaştırılmış Çamur Keki Kuru Madde Miktarı	250,0 kg KM / m ³
Susuzlaştırılmış Günlük Çamur Keki Miktarı	14.376 kg KM /gün
Susuzlaştırılmış Günlük Çamur Keki Hacmi	57,5 m ³ / gün
Susuzlaştırılmış Saatlik Çamur Keki Hacmi	3 m ³ /
Kek Nakliyesi İçin Kullanılacak Kamyonun Kapasitesi	15 m ³
Kek Nakliyesi İçin Gerekli Günlük Kamyon Sayısı	4 Adet
Oluşacak Günlük Filtrat Miktarı	377 m ³ / gün
Oluşacak Saatlik Filtrat Miktarı	21 m ³
Filtrat İçindeki Katı Madde Yüğü	599 kg / gün
Filtrat İçindeki Katı Madde Konsantrasyonu	1.588 mg / l
Filtrat İçindeki KOI Konsantrasyonu	300 mg / l
Filtrat İçindeki KOI Yüğü	113 kg / gün
Her Presin Yıkama Suyu İhtiyacı	10 m ³ / st
Kullanılacak Günlük Yıkama Suyu Miktarı	180 m ³ / gün
Kullanılacak Saatlik Yıkama Suyu Miktarı	10 m ³ / st20
Yıkama Suyu KOI Konsantrasyonu	100 mg / l
Yıkama Suyu KOI Yüğü	18 kg / gün
Yıkama Suyu Pompa Kapasitesi	20
Gerekli Yıkama Suyu Pompa Sayısı	1
Yıkama Suyu Pompa Basıncı	60 mSS
Yıkama Suyu Pompası Günlük Çalışma Süresi	18
Günlük Toplam Filtrat ve Yıkama Suyu Miktarı	557 m³ / gün
Saatlik Toplam Filtrat ve Yıkama Suyu Miktarı	31 m ³ / saat
Bant Presler İçin Polimer Hazırlama Dozlama Sistemi	
İşletme Süresi	18 st/gün
Özgöl Polimer Kullanımı	3,500 g / kg KM
Toplam Polimer Kullanımı	52 kg / gün
Polimer Hazırlama İstemi Kapasitesi	3 kg/saat
Besleme Çözeltisi Konsantrasyonu	0,0010 %

EK-B

500.000 KİŞİLİK KLASİK AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ

İNŞAAT METRAJLARI VE FİYATI

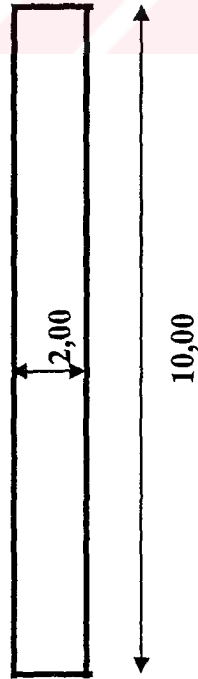
MALİYET HESABINDA KULLANILAN KALEMLER VE BİRİM FİYATLARI (işçilik dahil olarak)

Döviz Kuru USD= 1.450.000 TL

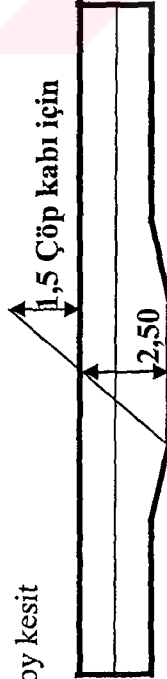
	Birim	Maliyet	Miktarı	Satış Fiyatı USD	USD Tutarı
Makine ile kazı yapılması	m3	3,72	76.525	4,66	356.238
Geri dolgu yapılması	m3	1,38	3.826	1,72	6.597
Temel tabanına kum, çakıl serilmesi	m3	3,72	1.688	4,66	7.857
200 Doz demirsiz beton dökülmesi	m3	46,21	1.688	57,76	97.490
BS 25 Beton dökülmesi	m3	47,59	13.505	59,49	803.289
ST III Demir yapılması	kg	0,61	1.350.457	0,76	1.022.156
Düz yüzeyli betonarme kalıp işleri	m2	6,77	8.571	8,46	72.532
Eğri yüzeyli betonarme kalıp işleri	m2	9,45	17.168	11,81	202.706
Şap yapılması (tesviye için katkısız)	m3	5,12	6.097	6,40	39.026
Şap yapılması (katkılı)	m3	6,83	24.388	8,54	208.137
Su tutucu bant döşenmesi	m	5,33	3.249	6,66	21.636
Çeşitli demir işleri (kapı,korkuluk,merdiven vb)	kg	1,11	23.783	1,39	33.009
Demir imalatların boyanması	kg	0,12	23.783	0,15	3.468
Bordür yapılması	m	4,95	0	6,19	0
Tel çit yapılması 2.63 m lik tel çit	m	14,14	0	17,68	0
Beton yol yapılması (kazı dolgu hariç olarak)	m2	170,00	0	212,50	0
İşletme binasının yapılması (konut olarak)	m2	300,00	125	375,00	46.875
Çimlendirilecek alan toplamı	m2	5,00	0	6,25	0
Çam ağacı dikilmesi	adet	4,14	0	5,18	0
Blower binasının yapılması	m2	227,59	125	284	35.560
Çamur susuzlaştırma binasının yapılması	m2	227,59	125	284	35.560
İlave işler 1 (KOROZYON KAPLAMA)	m2	21,72	0	21,72	0
İlave işler 2 (MÜHENDİSLİK)	m2	75.000	1	75.000	75.000
İNŞAAT İŞLERİ GENEL TOPLAMI USD OLARAK					3.067.138

IZGARA ve GİRİŞ KANALI PLANI, BOY KESİTİ

Plan

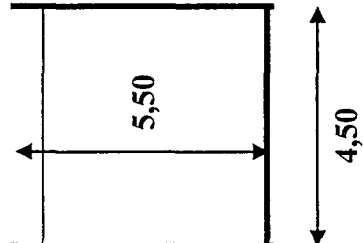
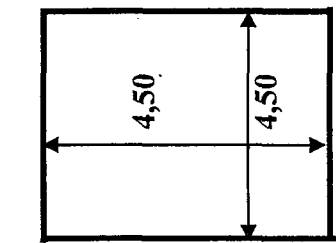


Boy kesit



UZUNLUK	10	m	11 a
GENİŞLİK	2	m	3 b
YÜKSEKLİK	2,5	m	11,5 c
KÖPRÜ SAYISI	0	adet	3,5 d
HAVUZ SAYISI	3	adet	
ARA PERDE SAYISI	0	adet	
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m	
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,40	m	
ORTALAMA ARA PERDE KALINLIĞI	0,30	m	
ORTALAMA ARA PERDE UZUNLUĞU	0	m	
KAZI DERİNLİĞİ	0,5	m	
KAZI	55	m ³	255 USD
GRO BETON 200 DOZ	6,36	m ³	368 USD
BETONARME BETONU BS25	96	m ³	5.710 USD
BETONARME DEMİRİ	9.600	Kg	7.266 USD
BETONARME KALIBI	389	m ²	3.290 USD
SİKALI ŞAP	240	m ²	2.048 USD
SU TUTUCU BANT	117	m	779 USD
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI			<u>19.717 USD</u>

POMPA İSTASYONU PLANI, BOY KESİTİ

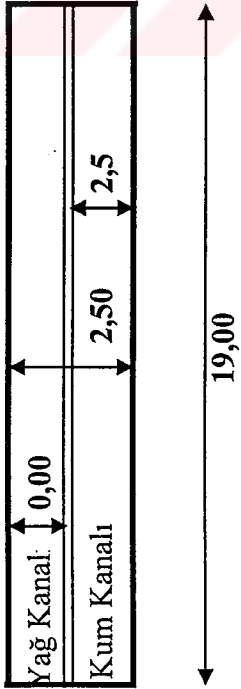


255

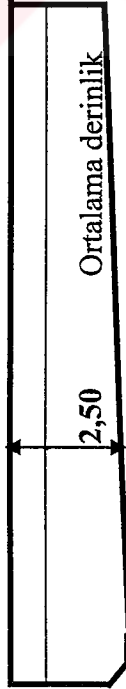
[illegible]

HAVALANDIRMALI KUM TUTUCU PLANI, BOY KESİTİ

Plan



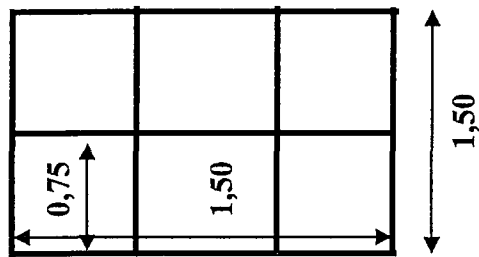
Boy kesit



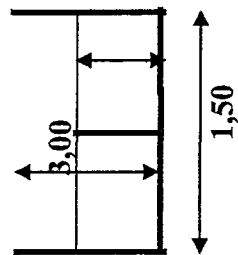
UZUNLUK	19	m
GENİŞLİK	2,5	m
YÜKSEKLİK	2,5	m
KÖPRÜ SAYISI	0	adet
HAVUZ SAYISI	4	adet
ARA PERDE SAYISI	0	adet
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,40	m
ORTALAMA ARA PERDE KALINLIĞI	0,00	m
ORTALAMA ARA PERDE UZUNLUĞU	0	m
KAZI DERİNLİĞİ	0,5	m
KAZI	152	m3
GRO BETON 200 DOZ	19,86	m3
BETONARME BETONU BS25	248	m3
BETONARME DEMİRİ	24.800	Kg
BETONARME KALIBI	929	m2
SİKALI ŞAP	620	m2
SU TUTUCU BANT	232	m
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI	50.074	USD

DAĞITIM YAPISI 1 PLANI, BOY KESİTİ

Plan

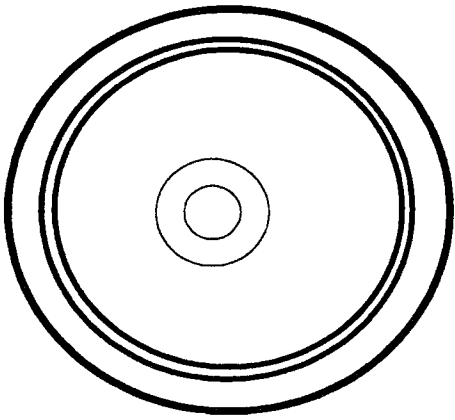


Boy kesit

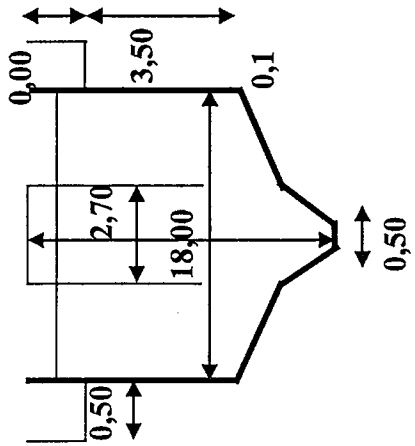
[illegible]

ÖN ÇÖKTÜRME TANKI PLANI, BOY KESİTİ

Plan



Boy kesit



SİLİNDİRİK ÜZERİ AÇIK HAVUZ

HAVUZ ÇAPI	18	m
KENARDAKİ DERİNLİK	3,5	m
TABAN EĞİMİ	0,1	
KÖPRÜ SAYISI	0	adet
DEFLEKTÖR ÇAPI	2,7	m
DEFLEKTÖR YÜKSEKLİĞİ	3,5	m
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,40	m
DEFLEKTÖR KALINLIĞI	0,35	m
HAVUZ SAYISI	4	adet
KAZI DERİNLİĞİ	2,5	m
KAZI	7.591	m3
GRO BETON 200 DOZ	163	m3
BETONARME BETONU BS25	1.147	m3
BETONARME DEMİRİ	114.657	Kg
BETONARME KALIBI	2.574	m2
SİKALI ŞAP	2.699	m2
SU TUTUCU BANT	475	m

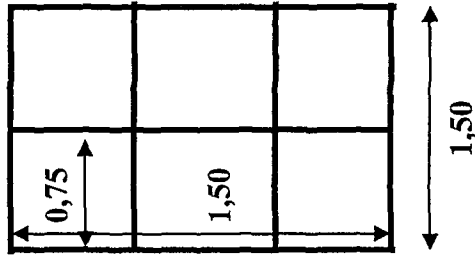
35.337	USD
9.431	USD
68.201	USD
86.784	USD
30.387	USD
23.036	USD
3.163	USD

ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI

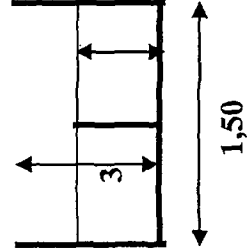
256.338 USD

DAĞITIM YAPISI 2 PLANI, BOY KESİTİ

Plan



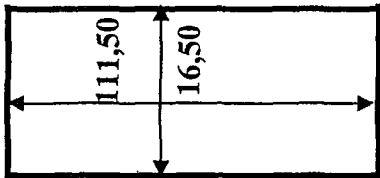
Boy kesit



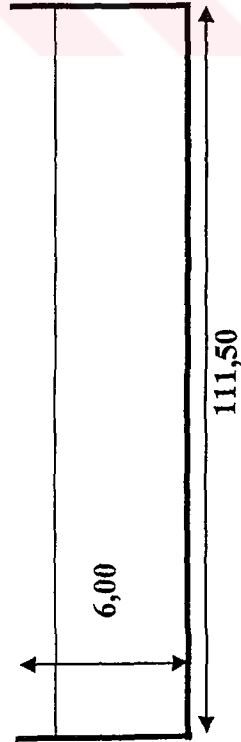
UZUNLUK	1,5	m	
GENİŞLİK	1,5	m	
YÜKSEKLİK	3	m	
KÖPRÜ SAYISI	0	adet	
HAVUZ SAYISI	1	adet	
ARA PERDE SAYISI	3	adet	
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m	
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,50	m	
ORTALAMA ARA PERDE KALINLIĞI	0,30	m	
ORTALAMA ARA PERDE UZUNLUĞU	5	m	
KAZI DERİNLİĞİ	3	m	
KAZI	50	m3	234 USD
GRO BETON 200 DOZ	0,26	m3	15 USD
BETONARME BETONU BS25	23	m3	1.379 USD
BETONARME DEMİRİ	2.318	Kg	1.754 USD
BETONARME KALIBI	138	m2	1.168 USD
SIKALI ŞAP	20	m2	173 USD
SU TUTUCU BANT	42	m	280 USD
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI			<u>5.002</u> USD

HAVALANDIRMA HAVUZU PLANI, BOY KESİTİ

Plan



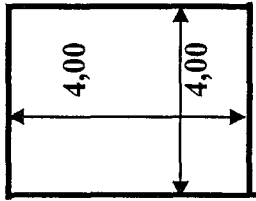
Boy kesit



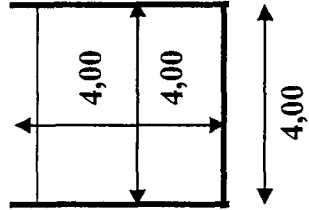
DİKDÖRTGEN UZUNLUK	111,5	m
TEK BİR KANALIN GENİŞLİĞİ	16,5	m
TOPLAM YÜKSEKLİK	6	m
KÖPRÜ SAYISI	0	adet
HAVUZ SAYISI	2	m
ARA PERDE SAYISI	0	m
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,50	m
ORTALAMA ARA PERDE KALINLIĞI	0,30	m
ORTALAMA ARA PERDE UZUNLUĞU	0	m
KAZI DERİNLİĞİ	5	m
KAZI	22.980	m3
GRO BETON 200 DOZ	370,51	m3
BETONARME BETONU BS25	3.069	m3
BETONARME DEMİRİ	306.855	Kg
BETONARME KALIBI	6.400	m2
SİKALI ŞAP	6.752	m2
SU TUTUCU BANT	584	m
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI	<u>658.831</u>	USD

GERİ DEVİR TERFİ MERKEZİ PLANI, BOY KESİTİ

Plan



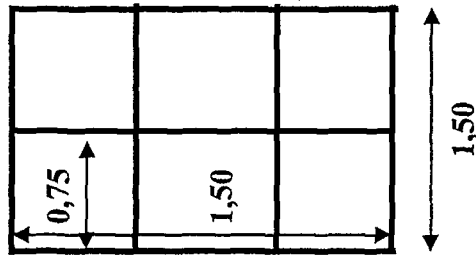
Boy kesit



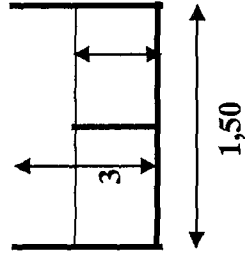
UZUNLUK	4	m
GENİŞLİK	4	m
YÜKSEKLİK	4	m
KÖPRÜ SAYISI	1	adet
HAVUZ SAYISI	1	adet
ARA PERDE SAYISI	0	adet
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,50	m
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,50	m
ORTALAMA ARA PERDE KALINLIĞI	0,30	m
ORTALAMA ARA PERDE UZUNLUĞU	5	m
KAZI DERİNLİĞİ	3,5	m
KAZI	163	m3
GRO BETON 200 DOZ	1,68	m3
BETONARME BETONU BS25	42	m3
BETONARME DEMİRİ	4.150	Kg
BETONARME KALIBI	144	m2
SİKALI ŞAP	80	m2
SU TUTUCU BANT	40	m
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI	8.635	USD

DAĞITIM YAPISI 3 PLANI, BOY KESİTİ

Plan



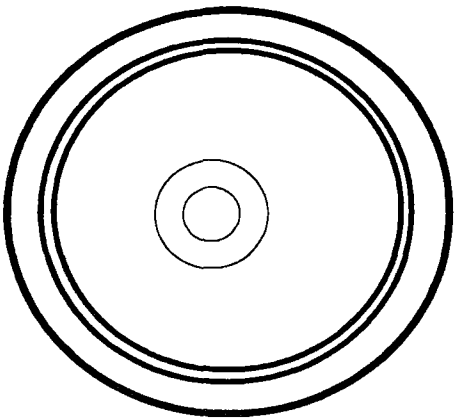
Boy kesit



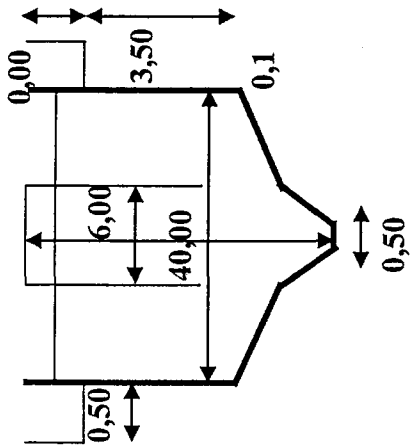
UZUNLUK	1,5	m
GENİŞLİK	1,5	m
YÜKSEKLİK	3	m
KÖPRÜ SAYISI	0	adet
HAVUZ SAYISI	1	adet
ARA PERDE SAYISI	3	adet
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,50	m
ORTALAMA ARA PERDE KALINLIĞI	0,30	m
ORTALAMA ARA PERDE UZUNLUĞU	5	m
KAZI DERİNLİĞİ	3	m
KAZI	50	m3
GRO BETON 200 DOZ	0,26	m3
BETONARME BETONU BS25	23	m3
BETONARME DEMİRİ	2.318	Kg
BETONARME KALIBI	138	m2
SIKALI ŞAP	20	m2
SU TUTUCU BANT	42	m
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI	5.002	USD

SON ÇÖKTÜRME TANKI PLANI, BOY KESİTİ

Plan



Boy kesit

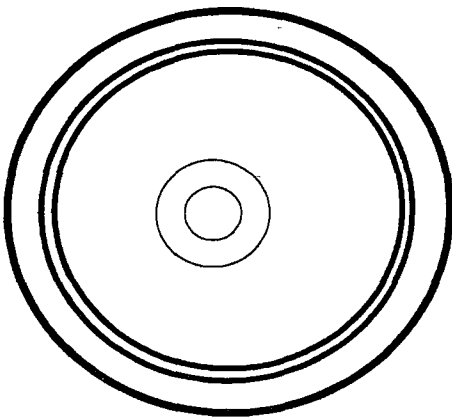


SİLİNDİRİK ÜZERİ AÇIK HAVUZ

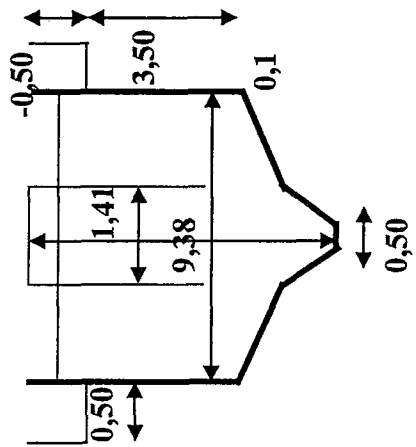
HAVUZ ÇAPI	40	m			
KENARDAKİ DERİNLİK	3,5	m			
TABAN EĞİMİ	0,1				
KÖPRÜ SAYISI	0	adet			
DEFLEKTÖR ÇAPI	6	m			
DEFLEKTÖR YÜKSEKLİĞİ	3,5	m			
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m			
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,50	m			
DEFLEKTÖR KALINLIĞI	0,35	m			
HAVUZ SAYISI	4	adet			
KAZI DERİNLİĞİ	3	m			
KAZI	40.104	m3	186.691	USD	
GRO BETON 200 DOZ	630	m3	36.412	USD	
BETONARME BETONU BS25	4.241	m3	252.242	USD	
BETONARME DEMİRİ	424.059	Kg	320.969	USD	
BETONARME KALIBI	5.726	m2	67.611	USD	
SİKALI ŞAP	8.670	m2	73.900	USD	
SU TUTUCU BANT	1.028	m	6.844	USD	
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI			944.759	USD	

ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRMA TANKI PLANI, BOY KESİTİ

Plan



Boy kesit

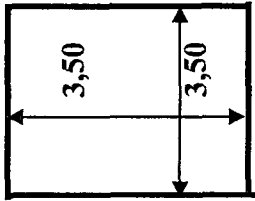


SİLİNDİRİK ÜZERİ AÇIK HAVUZ

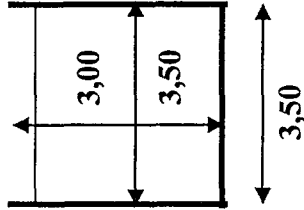
HAVUZ ÇAPI	9,38	m		
KENARDAKİ DERİNLİK	3	m		
TABAN EĞİMİ	0,1			
KÖPRÜ SAYISI	0	adet		
DEFLEKTÖR ÇAPI	1,407	m		
DEFLEKTÖR YÜKSEKLİĞİ	3,0	m		
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m		
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,50	m		
DEFLEKTÖR KALINLIĞI	0,35	m		
HAVUZ SAYISI	2	adet		
KAZI DERİNLİĞİ	3	m		
KAZI	1.608	m3	7.486	USD
GRO BETON 200 DOZ	32	m3	1.824	USD
BETONARME BETONU BS25	277	m3	16.474	USD
BETONARME DEMİRİ	27.696	Kg	20.963	USD
BETONARME KALIBI	635	m2	7.497	USD
SIKALI ŞAP	565	m2	4.822	USD
SU TUTUCU BANT	129	m	860	USD
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI			<u>59.926</u>	USD

ÇAMUR HOMOJENİZASYON TANKI PLANI, BOY KESİTİ

Plan



Boy kesit



UZUNLUK	3,5	m
GENİŞLİK	3,5	m
YÜKSEKLİK	3	m
KÖPRÜ SAYISI	0	adet
HAVUZ SAYISI	1	adet
ARA PERDE SAYISI	0	adet
ORTALAMA PERDE KALINLIĞI	0,40	m
ORTALAMA RADYE KALINLIĞI	0,40	m
ORTALAMA ARA PERDE KALINLIĞI	0,30	m
ORTALAMA ARA PERDE UZUNLUĞU	0	m
KAZI DERİNLİĞİ	1,5	m
KAZI	42	m3
GRO BETON 200 DOZ	1,30	m3
BETONARME BETONU BS25	22	m3
BETONARME DEMİRİ	2.170	Kg
BETONARME KALIBI	90	m2
SİKALI ŞAP	54	m2
SU TUTUCU BANT	32	m
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI	4.636	USD

ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTME TANKLARI

KAZI	3.350	m3	15.594	USD	Çap	21,0 m
GRO BETON 200 DOZ	460	m3	26.570	USD	Toplam silindirik yükseklik	22,0 m
BETONARME BETONU BS25	4.247	m3	252.652	USD	Toprak üstündeki silindirik yükseklik	14,7 m
BETONARME DEMİRİ	424.748	Kg	321.490	USD	Toprak altındaki silindirik yükseklik	7,3 m
BETONARME KALIBI	8.233	m2	69.679	USD	Konik tabanın üst kesit çapı	21,0 m
SİKALI ŞAP	4.528	m2	38.647	USD	Konik tabanın alt kesit çapı	3,7 m
SU TUTUCU BANT	435	m	2.898	USD	Konik tabandaki net yükseklik	2,89 m
					Konik tavanın üst kesit çapı	2,5 m
					Konik tavanın üst kesit çapı (maksimum çamur seviyesindeki)	5,2 m
ÜNİTENİN TOPLAM FİYATI			<u>727.531</u>	USD	Konik tavanın üst kesit çapı	21,0 m
					Konik tavadaki net yükseklik (sadece gaz kısmının yüksekliği)	1,3 m
					Toprak üstündeki silindirik kısmın alanı	967,1 m
					Toprak altındaki silindirik kısmın alanı	483,6 m
					Su ile temas halindeki çatı kısmının alanı	710,5 m
					Gaz ile temas halindeki çatı kısmının alanı	47,9 m
					Taban alanı	346,2 m
					Reaktör Sayısı	1,0
					Radye kalınlığı	0,90 m
					Çatı plak kalınlığı	0,40 m
					Yan perde kalınlığı	0,55 m

EK-C

500.000 KİŞİLİK KLASİK AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ
ELEKTRİK / MEKANİK EKİPMAN METRAJİ VE FİYATI

NO	EKİPMAN	ÖZELLİKLERİ	ADET	BİRİM FİYAT		K	T. FİYAT		Pos Fiyat	
				USD	USD		USD	USD	USD	USD
1	BY-PASS KANALI								4.550	
1.1	By-pass hattı için penstok	2000 mm manuel kumandalı	1	2.500,0		1,30	3.250,0			
1.2	Galvanizli karbon çelik plaka	2000 mm keskin kenarlı savak	1	1.000,0		1,30	1.300,0			
2.1	KABA IZGARA KANALI								23.166	
2.1.1	Giriş kanalı penstok	2000 mm manuel kumandalı	3	2.500,0		1,30	9.750,0			
2.1.2	Seviye kontrol cihazı	Seviye kontrolü	9	30,0		1,30	351,0			
2.1.3	Kaba ızgaralar	30 mm aralıklı	3	2.500,0		1,30	9.750,0			
2.1.4	Konteyner	1 m3 lük	3	850,0		1,30	3.315,0			
2.2	POMPA İSTASYONU								169.559	
2.2.1	Seviye kontrol cihazı	Seviye kontrolü	9	30,0		1,30	351,0			
2.2.2	Eysel atıksu terfi pompası	1800 m³ /h, 1 bar	3	41.720,0		1,30	162.708,0			
2.2.3	Vinç	1 ton	1	5.000,0		1,30	6.500,0			
2.3	İNCE IZGARA KANALI								88.166	
2.3.1	Seviye kontrol cihazı	Seviye kontrolü	9	30,0		1,30	351,0			
2.3.2	İnce ızgara penstok	500 mm manuel kumandalı	3	2.500,0		1,30	9.750,0			
2.3.3	İnce ızgara	15 mm aralıklı	3	15.000,0		1,30	58.500,0			
2.3.4	İnce ızgara konveyör(screw)	1,5 m³ / h spiral konveyörlü	1	7.500,0		1,30	9.750,0			
2.3.5	İzgara atık presi	1,5 m³ /h %50 sıkıştırma	1	5.000,0		1,30	6.500,0			
2.3.6	Konteyner	1 m3 lük	3	850,0		1,30	3.315,0			

179.093

2.4 KUM/YAĞ TUTUCU ve DEBİ ÖLÇÜMÜ

2.4.1	Kum tutucu kapakları	500 mm manuel kumandalı	4	2.500,0	1,30	13.000,0
2.4.2	Kum sıyırıcı köprü ve pompası	2 m genişlik 19 m uzunluk	4	17.500,0	1,30	91.000,0
2.4.3	Yağ ve köpük plakası	500 mm keskin kenarlı savak	4	2.500,0	1,30	13.000,0
2.4.4	Kum tutucu difüzör	5 m3/saat birim kapasitede	200	30,0	1,30	7.800,0
2.4.5	Kum tutucu blowerları	200 m ³ /h, 400 mbar	3	2.058,0	1,30	8.026,2
2.4.6	Kum ayırıcı	15,0 m ³ / h,	1	20.000,0	1,30	26.000,0
2.4.7	Numune alma cihazı	Standart tip soğutuculu	1	3.000,0	1,30	3.900,0
2.4.8	Yağ pompaları	5-10 m ³ /h 1 bar dalgıç	2	2.000,0	1,30	5.200,0
2.4.9	Parshal savağı	Paslanmaz çelikten imal	1	5.000,0	1,30	6.500,0
2.4.10	Ultrasonik debimetre	Standart	1	3.500,0	1,30	4.550,0
2.4.11	Seviye kontrol cihazı	Seviye kontrolü	3	30,0	1,30	117,0

66.742

2.5 ÖN ÇÖKTÜRME SİSTEMİ

3.3.1	Ön çöktürme tankı Sıyıcısı	18 m çapında	4	8.787,0	1,30	45.692,4
3.3.2	Savak sistemi ve dalgıç perde	18 m çap, 300 mm yükseklikte	4	1.048,0	1,30	5.449,6
3.3.3	Dalgıç çamur pompası	15 m ³ /h, 1 bar,	4	3.000,0	1,30	15.600,0

13.000

2.6 DAĞITIM YAPISI

2.5.1	Dağıtım yapısı kapakları	500 mm manuel kumandalı	4	2.500,0	1,30	13.000,0
2.5.2	Dalgıç mikser		0	-	1,30	-

199.608

3.1 HAVALANDIRMA SİSTEMİ

3.1.1	Denitrifikasyon havuzu mikseri	Dalgıç tip karıştırıcı	0	-	1,30	-
3.1.2	İç geri devir pompaları	Pervane tipi pompalar	0	-	1,30	-
3.1.3	Havalandırma havuzu difüzörleri	ve borulaması 10 m3/saat kapasiteli	1709	50,0	1,30	111.078,5
3.1.4	Oksijen ölçüm cihazı		2	1.549,8	1,30	4.029,5
3.1.5	Redox meter		0	950,0	1,30	-
3.1.6	Havalandırma Havuzu Blowerları	4850 m ³ /s 680 mBar	10	6.500,0	1,30	84.500,0

3.2	DAĞITIM YAPISI						13.000
3.2.1	Dağıtım yapısı kapakları	500 mm manuel kumandalı	4		1,30	13.000,0	
3.2.2	Dalgıç mikser		0		1,30	-	
3.3	SON ÇÖKTÜRME SİSTEMİ						117.270
3.3.1	Son çöktürme tankı sıyıcısı	39 m çapında	4		1,30	94.759,6	
3.3.2	Savak sistemi ve dalgıç perde	39 m çap 300 mm yükseklikte	4		1,30	12.110,8	
3.3.3	Dalgıç tip köpük pompaları	10 m ³ /h, 1 bar	4		1,30	10.400,0	
3.4	GERİ DEVİR ÇAMUR SİSTEMİ						156.283
3.4.1	Seviye ölçüm cihazı	Seviye kontrolü	3		1,30	117,0	
3.4.2	Geri devir çamur pomapaları	1800 m ³ /h, 1 bar	4		1,30	130.166,4	
3.4.3	Fazla çamur besleme pompası	50 m ³ /h 1,2 bar	2		1,30	26.000,0	
3.5	ÇIKIŞ YAPISI						6.617
3.5.1	Seviye ölçüm cihazı	Seviye kontrolü	3		1,30	117,0	
3.5.2	Numune alma cihazı		1		1,30	6.500,0	
3.5.3	Genel sistem borulaması		1		1,30	281.836,4	281.836
4	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA SİSTEMİ						323.760
4.1	Statik yoğunlaştırıcı sıyırıcısı	9 m çapında savaklarla birlikte	2		1,30	22.458,8	
4.2	Mekanik çamur yoğunlaştırıcısı	37 m ³ /saat, 150 kgKM/saat	3		1,30	136.500,0	
4.3	Vinç-profil	3 ton	1		1,30	6.500,0	
4.10	Beltpres besleme pompası	monopump, 3 m ³ /h 2 bar	3		1,30	13.650,0	
4.11	Kimyasal stabilizasyon mikseri	35 m ³ lük tank için	0		1,30	-	
4.12	Belt konveyör	çamur kekini taşıyacak L=10 m	1		1,30	16.250,0	
4.15	Romork	5 m ³	3		1,30	6.240,0	
4.17	Kompresör	100 lt / dak, 8 bar	3		1,30	5.830,5	
4.18	Hidrofor	10 m ³ / h 6 bar	3		1,30	5.830,5	
4.19	Süzüntü suyu pompaları	20 m ³ / h 6 bar	3		1,30	9.750,0	
4.20	Kireç silosu -dozlama sistemi		0		1,30	-	
4.21	Çift şaflı mikser		0		1,30	-	
4.22	Çamur homojenizasyon mikseri	Düşey milli düşük devirli	1		1,30	9.750,0	
4.23	Bant Pres	20 m ³ /saat, 900 kg KM/saat	2		1,30	91.000,0	

1	BY-PASS KANALI	4.550	ÖN ARITMA SİSTEMİ	544.276
2.1	KABA IZGARA KANALI	23.166	BİYOLOJİK ARITMA SİS	492.779
2.2	POMPA İSTASYONU	169.559	ÇAMUR STABLİZASYON SİS	1.449.500
2.3	İNCE IZGARA KANALI	88.166	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA SİS	343.260
2.4	KUM/YAĞ TUTUCU ve DEBİ ÖLÇÜMÜ	179.093	BORULAMA	281.836
2.5	ÖN ÇÖKTÜRME SİSTEMİ	66.742	ELEKTRİK	375.782
2.6	DAĞITIM YAPISI	13.000	PROJE ve DİĞER	717.958
3.1	HAVALANDIRMA SİSTEMİ	199.608		
3.2	DAĞITIM YAPISI	13.000		
3.3	SON ÇÖKTÜRME SİSTEMİ	117.270		
3.4	GERİ DEVİR ÇAMUR SİSTEMİ	156.283		
3.5	ÇIKIŞ YAPISI	6.617		
3.5.3	BORULAMA	281.836		
4	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA SİSTEMİ	323.760		
5	KİMYASAL HAZIRLAMA SİSTEMİ	19.500		
6	LABORATUAR	65.000		
7	ELEKTRİK ve OTOMASYON	375.782		
8	MONTAJ ve İŞLETMEYE ALMA	375.782		
9	DİĞER İŞLER	277.176		
10	ÇAMUR STABLİZASYON	1.449.500		
	ELEK+MEK FİYATI USD	4.205.391		USD

EK-D

500.000 KİŞİLİK KLASİK AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ

İŞLETME MALİYETLERİ HESAPLARI

500.000 KİŞİLİK AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ İŞLETME KADROSU

TOPLAM MALİYET

PERSONEL SAYISI, NET MAAŞI TL/AY		ÇALIŞAN SAYISI VE POZİSYONU	TL
Tesis Müdürü :	2.000.000.000	1 Tesis Müdürü :	2.000.000.000
Tesis Müdür Yardımcısı:	1.500.000.000	2 Tesis Müdür Yardımcısı:	3.000.000.000
Muhasebe Müdürü:	800.000.000	2 Muhasebe Müdürü:	1.600.000.000
Laboratuvar Teknisyeni :	450.000.000	2 Laboratuvar Teknisyeni :	900.000.000
Elektro/Mekanik Vardiya Amirleri :	700.000.000	5 Elektro/Mekanik Vardiya Amirleri :	3.500.000.000
İşçi :	1.000.000.000	20 İşçi :	20.000.000.000
Sekreter :	400.000.000	2 Sekreter :	800.000.000
Sağlık Personeli :	800.000.000	1 Sağlık Personeli :	800.000.000
Güvenlik :	400.000.000	8 Güvenlik :	3.200.000.000
Şoför:	500.000.000	4 Şoför:	2.000.000.000
Ofis Elemanı :	400.000.000	2 Ofis Elemanı :	800.000.000
Temizlik Elemanı :	400.000.000	2 Temizlik Elemanı :	800.000.000
Toplam Çalışan Sayısı:	51	Yıllık Personel Maliyeti (TL/yıl):	512.200.000.000
Polimer Birim Fiyatı (TL):	7.284.000	Yıllık Polimer Maliyeti (TL/yıl):	236.148.827.850
Demir Sülfat Birim Fiyatı (TL):	87000	Yıllık Demir-Sülfat Maliyeti (TL/yıl):	38.518.815.000
Kireç Birim Fiyatı (TL):	87000	Yıllık Kireç Maliyeti (TL/yıl):	0
Nakliye Birim Fiyatı (TL):	50.000.000	Yıllık Nakliye Gideri (TL/yıl):	72.878.333.333
Elektrik Birim Fiyatı (TL):	120.000	Yıllık Elektrik Maliyeti (TL/yıl):	707.956.135.104
Yıllık Arıtılan Debi (m ³ /yıl) :	26.269.780	Yıllık Toplam İşletme Gideri (TL/yıl):	1.567.702.111.287

ÖZGEMİŞ

Argun Olcayto ERDOĞAN 1966 yılında Kocaeli’de doğdu. 1983 yılında Gölcük Barbaros Hayrettin Lisesi’den mezun oldu. Aynı yıl İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı ve 1987 yılında mezun oldu. Mezuniyetini takiben Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Yüksek Lisans programına başladı ve 1991 yılında bu programdan mezun oldu. Daha sonra değişik firmalarda çeşitli görevler aldı. 1998 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü’nde doktora programına kayıt oldu. Halen özel sektörde çevre mühendisi olarak çalışmaktadır.

