

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

128566

**İSTANBUL'DA EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN
İŞLETME MALİYETİNİN ve ÇAMUR YÖNETİMİNİN
İNCELENMESİ**

Çevre Müh. Abdullah DALCI

**TEZ YÜKSEK LİSANS KURULU
BÜYÜK MÜHÜRÜ**

**F.B.E Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç.Dr. Gürdal KANAT

Prof. Dr. Lütfi AKÇA

Prof. Dr. Feriye ERGİ

İSTANBUL, 2002

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1.ATIKSU ARITMA ÇAMURLARI.....	1
1.1 Arıtma Çamurlarının Bileşimi	2
1.1.1 Patajonlar.....	2
1.1.2 Askıda Katı Maddeler.....	2
1.1.3 Oksijen Tüketen Maddeler	3
1.1.4 Amonyak	3
1.1.5 Bitkisel Besin Kaynakları	3
1.1.6 Ağır Metaller	3
1.1.7 Organik Zararlı Maddeler	3
1.2 Çamur Arıtma Yöntemleri	17
1.2.1 Yoğunlaştırma	17
1.2.2 Stabilizasyon.....	18
1.2.3 Susuzlaştırma	19
1.2.4 Nihai Çamur Arıtma Prosesleri	22
1.2.4.1 Yüksek Sıcaklıkta Kireç Stabilisasyonu.....	22
1.2.4.2 Isıyla Kurutma	23
1.2.4.3 Yakma.....	23
1.2.4.4 Kompostlaştırma.....	25
1.2.5 Çamur Değerlendirme ve Uzaklaştırma	27
1.2.5.1 Arazide Değerlendirme	27
1.2.5.2 Dağıtım ve Pazarlama.....	29
1.2.5.3 Depolama Yöntemleri.....	30
1.2.6 Gama Işınları ile Arıtma Çamurlarının Hijyenleştirilmesi	31
2.ARITMA ÇAMURUNUN YENİDEN DEĞERLENDİRİLMESİ	33
2.1 Atık Çamurun Tarımsal Alanda Değerlendirilmesi.....	35
2.2 Atık Çamurlarının Yakılması	41
2.3 Arıtma Çamurunun Bertarafı ile İlgili Maaliyetler.....	42

3.ATIKSU ARITMA ÇAMURLARININ KOMPOSTLAŞTIRILMASI.....	43
3.1 Evsel Atıksu Arıtma Çamurlarının Karakteristikleri.....	43
3.2 Kompostlaştırma Metodları.....	46
3.2.1 Yığın (Küme) Kompostlaştırma	47
3.2.2 Havalandırmalı Statik Yığın Kompostlaştırma	47
3.2.3 Kapalı Reaktör İçinde Kompostlaştırma Sistemleri	48
3.2.4 Havalı Kompostlaştırma Proseslerinin Karşılaştırılması.....	49
3.3 Kompost Kullanımı	50
3.3.1 Kompostun Değeri	50
3.3.2 Kompostun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	53
3.3.3 Kompostun Kullanım Alternatifleri.....	54
3.3.4 Kompost Kullanımında Kısıtlamalar.....	57
3.4 Kompostlaştırmayı Tanımlayan Kimyasal Reaksiyon	58
4.İSTANBUL'DAKİ EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİ VE BUNLARIN İŞLETME MALİYETLERİ	60
4.1 Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesisi	62
4.2 Baltalımanlı Atıksu Ön Arıtma Tesisi	63
4.3 Büyükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesisi	66
4.4 Üsküdar Atıksu Ön Arıtma Tesisi	67
4.5 Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	69
4.6 Ataköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi.....	71
4.7 Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi.....	73
4.8 Terkos İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi.....	75
4.9 Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin İşletme Maliyetinin Mukayesesi.....	82
5. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDEKİ ÇAMUR MİKTARLARININ BELİRLENMESİ VE ÇAMUR YÖNETİMİ	83
5.1 Giriş	83
5.2 Çamur Miktarlarının Belirlenmesi.....	84
5.2.1 Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesisi	89
5.2.2 Baltalımanlı Atıksu Ön Arıtma Tesisi	89
5.2.3 Büyükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesisi	90
5.2.4 Üsküdar Atıksu Ön Arıtma Tesisi	90
5.2.5 Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	91
5.2.6 Ataköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi.....	92
5.2.7 Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi.....	93
5.3 Tuzla Atıksu Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurların Kompostlaştırma İşleminin İncelenmesi.....	107
5.4 Çamur Yönetim Çalışma Teklifleri	108
5.4.1 Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Sistemleri Çamurları.....	108
5.4.1.1. Avrupa Yakası	108
5.4.1.2. Asya Yakası.....	109
5.4.1.3. Yakma Tesisleri.....	109
5.4.1.4. Susuzlaştırılmış Çamurun Taşınması	109
5.5. Çamur Yönetim Stratejileri	110
5.5.1. Güvenirlilik.....	110
5.5.2. Esneklik	110

5.5.3.	Düzenli Depolama Politikasına Etkisi	110
5.5.4.	Trafiğe Etkii.....	110
5.5.5.	Yönetmeliklere Uygunluk	111
5.5.6.	Sorumluluk Minimizasyonu	111
5.5.7.	Karmaşıklık	111
5.5.9.	Çamur Yönetim Stratejilerinin Ekonomik ve Pazarlama Faktörleri	111
5.5.10.	Çamur Yönetim Stratejilerinin Arazi Kullanım Açısından Değerlendirilmesi ...	112
5.6.	Çamur Yönetim Stratejileri	113
5.6.1.	Tarım Alanlarına Uzaklaştırma	113
5.6.2.	Orman Alanlarına Uzaklaştırma.....	114
5.6.3.	Tahsis Edilmiş Alanlara Uzaklaştırma ve Tek Tip Dolgu.....	114
5.6.4.	Dağıtım ve Pazarlama.....	114
5.6.5.	Düzenli Depolama Alanlarına Katı Atıklarla Birlikte Uzaklaştırılması.....	115
5.6.6.	Sonuç	116
6.SONUÇLAR.....		118
KAYNAKLAR.....		120
EKLER.....		121
Ek 1	Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Hidrolik Akış Şeması	121
Ek 2	Baltalımanlı Ön Arıtma Tesisi.....	122
Ek 3	Büyükçekmece Ön Arıtma Tesisi.....	123
Ek 4	Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri	124
Ek 5	Ataköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Proses Akım Şeması.....	125
Ek 6	Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şeması	126
Ek 7	Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Hidrolik Profili.....	127
Ek 8	Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Şeması	128
ÖZGEÇMİŞ.....		129

SİMGE LİSTESİ

Ca	Kalsiyum
Cd	Kadyum
C/N	Karbon azot oranı
CO	Karbonmonoksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
E	Verim
Hg	Civa
K	Potasyum
k _D	İçsel solunum katsayısı
L _s	Çamur yükü
M	Biyokütle konsantrasyonu
mgd	Million gallon per day
Mo	Molibden
N	Azot
NH ₄	Amonyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
PCB	Poliklorit bifonil
P _x	Çamur Miktarı
Q	Debi
R _G	Izgarada giderilen katı madde yüzdesi
R _{KM}	Çamurun katı madde yüzdesi
R _{ÖÇ}	Ön çöktürmede giderilen katı madde yüzdesi
R _{SC}	Kum tutucuda giderilen katı madde yüzdesi
S _{BOI}	BOI konsantrasyonu
Si	Silisyum
TKM	Toplam katı madde
V	Hacim
X _{AKM}	Askıda katı madde yükü
Zn	Çinko
y	Dönüşüm oranı
γ _ç	Çamurun özgül ağırlığı
θ _ç	Çamurun yaşı
ρ _{su}	Suyun yoğunluğu

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AKM	Askıda Katı Madde
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
İSTAÇ	İstanbul Büyükşehir Belediyesi �evre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme San. ve Tic. A. �.
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Çamur arıtma ve son uzaklaştırma alternatifleri	6
Şekil 1.2	Biyolojik prosesleri içeren çamur arıtma alternatifleri	7
Şekil 1.3	Biyolojik olmayan çamurlar için arıtma alternatifleri	8
Şekil 1.4	Çamur bileşenlerinin çamur arıtma yöntemleri için önemi	14
Şekil 1.5	Çamur özelliğinin arıtma alternatifleri için önemi.....	15
Şekil 3.1	Havali kompostlaştırma sistemleri.....	46
Şekil 3.2	Kapalı reaktörde kompostlaştırma sistemleri.....	49
Şekil 4.1	1999,2000 ve 2001 yıllarında arıtılan ile direkt deşarj edilen atıksu miktarları.....	60
Şekil 4.2	İstanbuldaki atıksu arıtma tesisleri.....	61
Şekil 4.3	Yenikapı atıksu ön arıtma tesisinin görünüşü.	62
Şekil 4.4	Baltalimanı atıksu ön arıtma tesisinin görünüşü.	64
Şekil 4.5	Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesisinin görünüşü.	66
Şekil 4.6	Üsküdar atıksu ön arıtma tesisinin görünüşü.	67
Şekil 4.7	Tuzla biyolojik atıksu arıtma tesisinin görünüşü.	69
Şekil 4.8	Ataköy biyolojik atıksu arıtma tesisinin görünüşü.	71
Şekil 4.9	Paşaköy ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinin görünüşü.	73
Şekil 4.10	Terkos ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinin görünüşü.....	75
Şekil 4.11	2001 Yılı atıksu ön arıtma tesisleri birim maliyetleri.....	77
Şekil 4.12	2001Yılı biyolojik ve ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri işletme birim maliyet	78
Şekil 4.13	2001 Yılı İstanbul'daki evsel atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetleri ...	79
Şekil 4.14	Atıksu arıtma tesislerinin yıllık elektrik tüketimleri.....	80
Şekil 4.15	Atıksu arıtma tesislerinin yıllık atıksu miktarları	81
Şekil 4.16	2000 ve 2001 Yıllarında birim arıtılan atıksu miktarı için sarf edilen elektrik enerjisi miktarının mukayesesi	82
Şekil 5.1	Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurun hacmi	106

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1	Atıksu arıtma sonucu oluşan katı atık ve çamurların özellikleri.....	5
Çizelge 1.2	Arıtılmamış ve çürütülmüş çamurun kimyasal kompozisyonu	10
Çizelge 1.3	Atıksu arıtma çamurundaki metal içeriği.....	11
Çizelge 1.4	Çeşitli arıtma proseslerinde oluşan tahmini çamur konsantrasyonları	12
Çizelge 1.5	Ön Arıtma ve çamur proseslerinin çamur ve çamur bertarafına olan etkileri...	16
Çizelge 1.6	Bir yılda araziye verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü.....	29
Çizelge 1.7	Araziye uygulama çeşitlerine göre uygulanan çamur miktarları	29
Çizelge 2.1	Avrupada arıtma çamuru toplamının ülke bazında dağılımı ve imha yöntemleri ile ilgili veriler	34
Çizelge 2.2	Avrupa ve diğer ülkelerde arıtma çamurunun değerlendirilmesinde zararlı maddeler için toprak limit değerleri.....	37
Çizelge 2.3	Arıtma çamurunun tarımsal alanda değerlendirilmesinde ortaya çıkan zararlı maddeler için avrupa ülkelerinde izin verilen arıtma çamuru limit değerleri...	38
Çizelge 2.4	Avrupa ülkelerinde izin verilen arıtma çamuru değerlendirme miktarları	39
Çizelge 2.5	Arıtma çamurunun yakımıyla ilgili alternatifler	41
Çizelge 2.6	Arıtma çamurunun bertarafı ile ilgili maliyetler.....	41
Çizelge 3.1	Evsel atıksu arıtma çamuru miktarları ve yoğunlukları.....	44
Çizelge 3.2	Atıksu arıtma tesisi çamurlarının tipik kimyasal özellikleri	45
Çizelge 3.3	Havalı kompostlaştırma proseslerinin karşılaştırılması.....	52
Çizelge 4.1	1999,2000 ve 2001 Yıllarında arıtılan atıksu ile direkt deşarj edilen atıksu miktarları	60
Çizelge 4.2	2001 Yılı atıksu ön arıtma tesislerinin işletme maliyetleri	76
Çizelge 4.3	2001 Yılı biyolojik atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetleri.....	77
Çizelge 4.4	Atıksu arıtma tesislerinin 2000 ve 2001 yıllarının elektrik tüketimleri ile atıksu miktarları	80
Çizelge 4.5	Atıksu miktarı için sarf edilen elektrik enerjisi miktarlarının mukayeseleri	81
Çizelge 4.6	2001 Yılına ait atıksu arıtma tesislerinin kullanım kapasiteleri.....	82
Çizelge 4.7	Aşırı Yağışların debi ve parametreleri etkileme durumları	83
Çizelge 5.1	Birinci ve ikinci derecede arıtmada kullanılan prosesler ve birim işlemlerin arıtma dereceleri	84
Çizelge 5.2	Yenikapı atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları.....	94
Çizelge 5.3	Yenikapı atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (ön çöktürme havuzunun olması durumunda)	95
Çizelge 5.4	Baltalimanı atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları	96
Çizelge 5.5	Baltalimanı atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (ön çöktürme havuzunun olması durumunda).....	97
Çizelge 5.6	Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları.....	98
Çizelge 5.7	Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (ön çöktürme havuzunun olması durumunda).....	99
Çizelge 5.8	Üsküdar atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları.....	100
Çizelge 5.9	Üsküdar atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (ön çöktürme havuzunun olması durumunda)	101
Çizelge 5.10	Tuzla atıksu arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları	102
Çizelge 5.11	Ataköy atıksu arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları	103
Çizelge 5.12	Paşaköy ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları.....	104
Çizelge 5.13	Atıksu arıtma tesisinde meydana gelen çamurun hacmi	105

ÖNSÖZ

Günümüzde çok önemli konulardan biri haline gelen çevre; gelişen teknoloji, hızlı nüfus artışı, çarpık kentleşmenin oluşturduğu sorunlarla karşı karşıyadır. Hava, su , toprak kirliliği gibi çevresel problemlerin arttığı şehirlerimizde, bu kirlilikleri en aza indirmek için yapılan arıtma tesisleri de ek bir kirleticisi meydana getirmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde atıksu temizlenirken , diğer yandan bertaraf edilmesi gereken arıtma çamurları meydana gelmektedir. Bu arıtma çamurun düzenli bir şekilde toplanması, taşınması ve değerlendirilip zararsız hale getirilmesi gerekmektedir. Arıtma çamurlarının değerlendirilmesinde ekonomik kaynakları son derece sınırlı ve henüz gelişme süreci yaşayan ülkemiz için kısa vadede en sağlıklı yöntemlerin başında düzenli depolama yöntemi gelmektedir.

Öncelikle bu çalışmayı yöneten, yardımlarını her zaman yanımda bulduğum değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Gürdal KANAT'a göstermiş oldukları yakın ilgilerinden ve desteklerinden dolayı şükranlarımı sunarım.

Çalışmamda gerekli olan dataların elde edilmesinde yardımlarından ve ilgilerinden dolayı İSKİ Atıksu Arıtma Daire Başkanı Sayın Şeyh Abdullah YİNANÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmamı göstermiş oldukları yakın ilgi ve teşviklerinden dolayı İSKİ Bakırköy Şube Müdürü Sayın Mehmet BAHAT'a şükranlarımı sunarım.

ÖZET

Bu çalışmada ilk olarak atıksu arıtma çamurlarının bileşenleri incelenmiş olup çamur arıtma, değerlendirme ve uzaklaştırma yöntemleri araştırılmıştır. Yoğunlaştırma, stabilizasyon, susuzlaştırma, yakma, kompostlaştırma, arazide değerlendirme, dağıtım ve pazarlama yöntemleri hakkında çalışma yapılmıştır. Daha sonra arıtma çamurunun yeniden değerlendirilmesinde Avrupa Birliği ülkelerindeki arıtma çamurunun toplamı , ülkeler bazında dağılımı ve imha yöntemleri ile ilgili veriler verilmiştir. İstanbul'da uygulaması düşünülen evsel atıksu arıtma çamurlarının kompostlaştırma alternatifi araştırılarak sunulmuştur. Kompost parkların oluşturulmasında, bozulmuş ve işlenmiş arazilerin yeniden bitkilendirilmesinde, sebze ve meyvelerin yetiştirilmesinde, bahçecilik ve fidancılık mahsullerinde kullanılır. Çalışmada ayrıca İstanbul'daki evsel atıksu arıtma tesislerinin 2001 yılına ait işletme maliyetlerinin hesabı yapılmış olup arıtma tesislerin kapasiteleri ve elektrik tüketimleri verilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda biyolojik arıtma tesislerinin işletme maliyeti ön arıtma tesislerinin işletme maliyetinin 3,7 kat daha fazla olduğu bulunmuştur. Biyolojik atıksu arıtma tesislerinin işletme birim maliyeti 0,252 \$/m³'tür. Ön atıksu arıtma tesislerinin işletme birim maliyeti 0,0678 \$ /m³'tür. En son olarak arıtma tesislerinde 2000 ve 2001 yıllarında aylara göre oluşan çamur miktarları ve çamur hacmi hesaplanmıştır. İstanbul su temini, kanalizasyon ve drenaj, atıksu arıtma ve uzaklaştırma master plan etüdü incelenerek çamur yönetim alternatifleri belirlenmiştir. Çamurların tahsis edilmiş alanlara depolanması kısa vadede uygulanabilecek bir çözüm olarak görülmüştür.

ABSTRACT

In this study, firstly the components of the wastewater treatment sludges are inspected and the methods of sludge treatment, evaluating and removing are investigated. The study was carried out relating to the thickening, stabilisation, dewatering, burning, composting, evaluating in the field, distribution and marketing methods. After that, the related data about the total treatment sludge in the countries of European Union, its dispersion on the basis of the mentioned countries and the methods of destruction in recycling process the treatment sludge are given. The alternatives of composting the treatment sludges in domestic wastewater as applied in İstanbul is explored thoroughly and presented. Compost is used in the formation of the parks, replantation of the lands spoiled and processed, in cultivation of the vegetables and fruits, in the gardening and sapling products. In addition to this, in this study, the calculation of operation costs belonging to the year 2001 of the domestic wastewater treatment plants in İstanbul is made, and the capacities and electricity consumption of these plants are given properly. As a consequence of the performed calculations, it is found out that the operating cost of the biological treatment plants are 3,7 times more than the operating cost of the preliminary treatment plants. The operating unit cost of the biological wastewater treatment plants is $0,252 \text{ \$ / m}^3$. The operating unit cost of the wastewater preliminary treatment plants is $0,0678 \text{ \$ / m}^3$. At the end, the sludge quantities and sludge volume of treatment plants for the months of the years 2000 and 2001 were calculated. The water supply, sewerage system and drainage, wastewater treatment and removing master plan study of İstanbul is examined, then the sludge management alternatives are determined. Landfilling the sludges into allocated areas was considered a way of solution to be implemented in short-term period.

1. ATIKSU ARITMA ÇAMURLARI

Atıksu arıtma tesislerinde, ızgaradan, kum tutucudan ve yağ sıyrıcıdan gelen atıklar ile tesiste oluşan çamurlar katı atık niteliğini taşır. Çamurun tipi, miktarı, kalitesi, ham atıksuyun özelliğine, arıtma tesisi birimlerine bağlıdır. Arıtma çamurları, ön arıtma çamuru, biyolojik çamur, kimyasal çamur olarak üç kısma ayrılabilir. Bu çamurların karakterleri birbirinden farklı olduğu için, farklı arıtma teknikleri gerekir.(WPCF,1990)

Çamur arıtma proseslerini seçerken dikkat edilecek en önemli husus, çok prosesli alternatiflerin uygun olduğu ve prosesler arasındaki ilişkidir. (EPA,1989)

Atıksu arıtma tesislerinde meydana gelen çamurlar, arıtılan suyun %1-6'sını oluştururlar. Buna rağmen, çamur arıtma ünitelerinin yatırım maliyeti bütün arıtma tesisi maliyetinin %30-40'ı, işletme maliyeti ise bütün işletme maliyetinin %50'si kadardır.

Arıtma sistemlerinde oluşan katı atık, çamur ve çeşitli kirleticilerin nihai bertaraf işlemleri, Çevre Mühendisliğinin en zor ve en pahalı problemlerinden biridir. Uygulanan bertaraf yöntemlerinin de havada, suda, toprakta kirlilik yaratmayacak şekilde uygulanması gerekmektedir. (EPA,1994)

Arıtma çamurları, atıksu arıtımının kaçınılmaz ürünleri olarak ortaya çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki arıtma tesislerinde daima büyük miktarlarda çamur oluşmaktadır. İnsanların büyük şehirlerde yaşamaya başlaması ile bu atıkların bertaraf edilmesi problemi ortaya çıkmakta ve bu problem de 18. yüzyıl sonlarına doğru tuvalet yıkama sularının da karışması sonucu şiddetlenmiştir.

Kanalizasyon sistemine bağlanacak nüfus sayısının artışı, bu atıkların miktarının artışı kaçınılmaz kılmakta ve bunun sonucu olarak da bu atıkların en zararsız ve hızla uzaklaştırılması gerekmektedir.

1.1. Arıtma Çamurlarının Bileşimi

Arıtma çamurlarının en önemli bileşenlerinin konsantrasyonları atıksuyun kaynağına bağlı olarak değişmektedir. Kaynağın evsel veya endüstriyel kökenli olması bileşenlerin konsantrasyonlarını etkilemektedir. Çoğu hallerde istenmeyen yüksek konsantrasyonlu toksik ağır metallerin ve organoklor bileşenlerinin bulunduğu karışık atıksulara rastlanmaktadır.

1.1.1. Patojenler

Patojenlere, evsel kökenli atıksuların çoğunda rastlanmaktadır. Birim hacimdeki sayıları, halın sağlık seviyesine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Atıksuda patojen sayısının çoğu hallerde çok düşük olmasından dolayı, bu patojenlerin varlığının göstergesi olarak kolaylıkla sayılabilen patojen olmayan koliform bakteriler kullanılır. 100 ml atıksuda 10 ila 50 milyon arasında koliforma rastlanabilir. İyi bir arıtma ile bu sayı 1 ila 2 misli azaltılabilir. İnsanlar üzerinde etkili hastalık yapıcı organizmaların etkilerini, çamurlarının denize boşaltılmasından rölatif olarak kısa bir süre sonra kaybettiği gerçeğinden hareket edilmektedir. Patojen bakterilerin kısa bir süre sonra kültürlenme olanaklarını yitirmeleri ile öldükleri sonucuna varılmaması belirtilmektedir. Uygun kültür ortamlarının kullanılması ile bu hücreler tekrar hayata döndürülebilir. Büyüklüklerini değiştirmelerine rağmen, etkili kalabilmektedirler.

1.1.2. Askıda Maddeler

Atıkların arıtılma derecelerine bağlı olarak suda, çoğu zaman ızgara, elek ve çöktürme havuzu gibi yapılarda giderilebilecek olan çeşitli büyüklüklerde askıda maddelere rastlanmaktadır. Sabun, deterjan, yağ gibi maddeler yüzey bulanıklarına neden olmaktadır. Arıtılmamış atıklar tipik olarak 500 mg/1 askıda madde, 100 ve 150 mg/1 yağ, 10 ve 20 mg/1 deterjan içermektedir.

1.1.3. Oksijen Tüketen Maddeler

Arıtma çamurundaki organik maddelerin büyük bir kısmı biyolojik olarak ayrışabilir halde olup, bu maddelerin karbondioksit hızla şekilde dönüşümü sudaki doğal filtrasyon olayları ile gerçekleşebilmektedir.

1.1.4 Amonyak

Arıtma çamurlarındaki amonyak miktarı yaklaşık olarak 50 mg/1 civarındadır. Zehirliliği düşük oksijen içeriği ve yüksek pH değerlerinde daha da artan amonyak, balıklar için aşırı miktarda toksiktir. Günümüzde amonyağı nitrata oksitleyen arıtma sistemlerin sayısı gittikçe artmaktadır.

1.1.5. Bitkisel Besin Kaynakları

Normal olarak arıtma çamurlarında 10 mg/1 fosfat bulunur. Bu çamurların denize veya karışımı az olan sahil şeritlerine boşaltılması ile ötrofikasyon meydana gelir. Bunun sonucu olarak da şiddetli alg büyümesi dolayısıyla su yüzeyinde kızılıklar ve köpükler oluşur. Sulardaki fosfatların bitkisel üretim için kısıtlayıcı bir faktör olmasından dolayı, bu tip besin kaynaklarının giderilmesi çamur arıtımında alınabilecek önemli bir önlemdir.

1.1.6. Ağır Metaller

Askıda maddelerin adsorpsiyon özelliklerinden dolayı ağır metaller arıtma çamurlarında bulunmaktadır.

1.1.7. Organik Zararlı Maddeler

Çoğu arıtma çamurunda, PCB (Poliklorit bifenil), gama – HCH, aldrin dieldrin, endrin ve diğerleri gibi organoklor bileşikler bulunmaktadır. Arıtma çamurlarındaki bu maddelerin konsantrasyonları özellikle endüstriyel atıksular ile karışıma bağlı olarak değişmektedir.

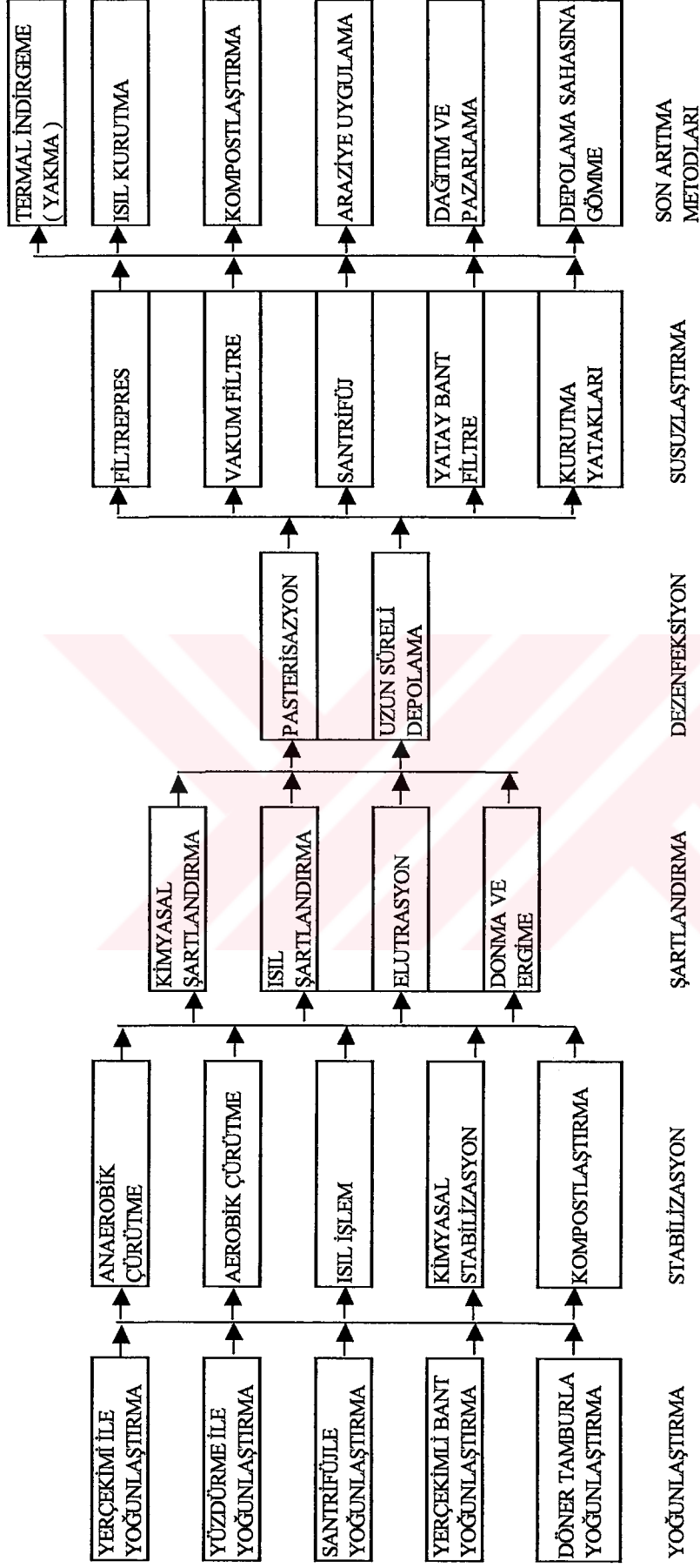
Evsel ve endüstriyel atıksularda bulunan organik bileşikler, inorganik nütrientler (karbon, azot, fosfor), iz elementler, ağır metaller, toksit organik ve inorganik maddeler, hastalık yapıcı (patojen) mikroorganizmalar canlı ortam için tehlike oluşturabilir. Arıtma tesisine giren bu kirletici maddelerin çoğu çamurlarda birikir. Çok az bir miktarı çıkışı suyuna karışır. Organik maddelerin küçük bir miktarı da arıtma işlemleri süresince bozunur. Yapılan araştırmalar neticesinde, çamurda en yüksek konsantrasyonlarda bulunan metallerin sırasıyla Zn, Pb, Ni, Cd, Hg, Cu ve Cr olduğu görülmüştür. (Lue-Hing,1992)

Atıksu arıtma esnasında oluşan katı atık ve çamurun karakterleri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

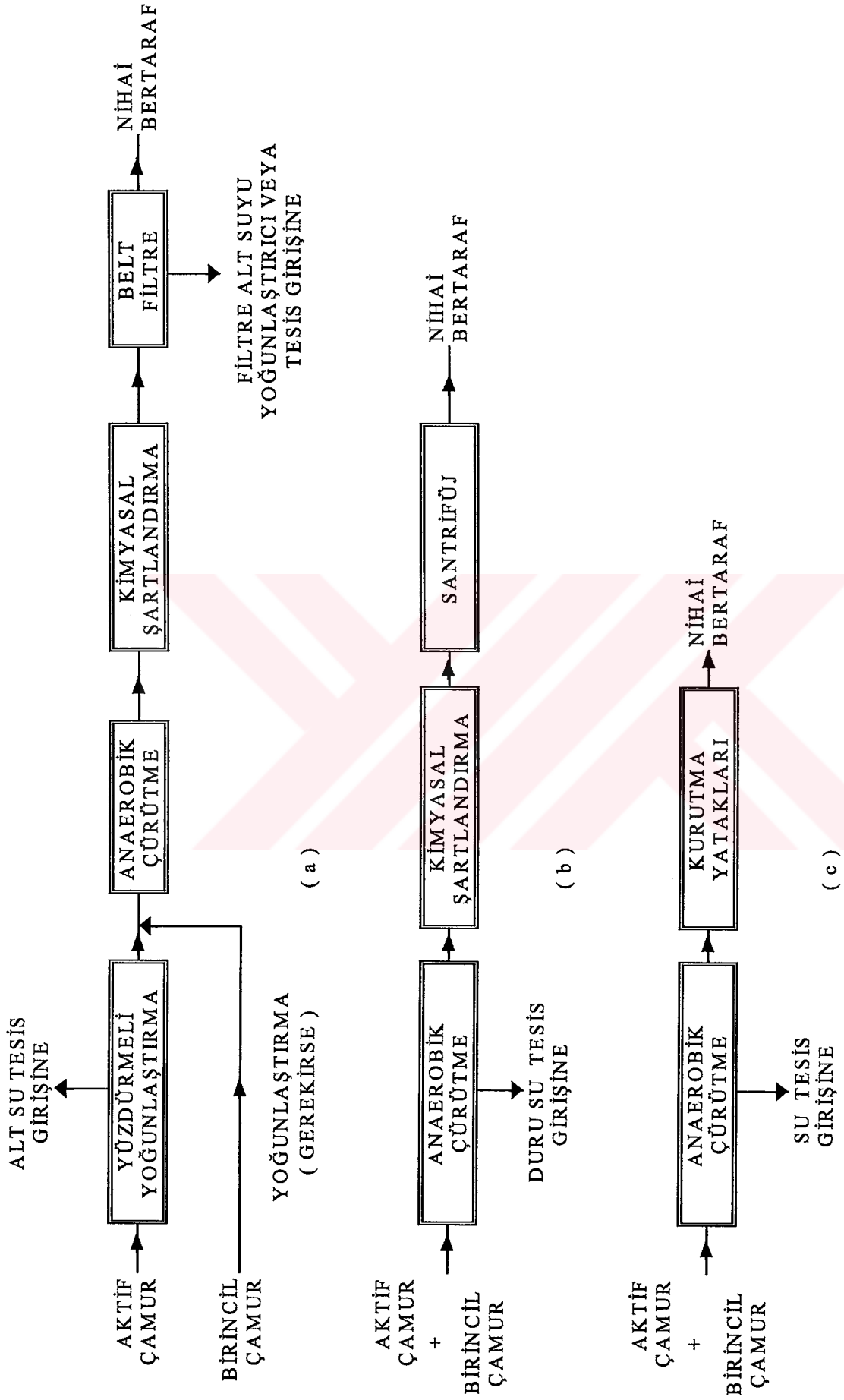
Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamur büyük miktarda su içermektedir. İlk çöktürme çamurunun katı madde muhtevası % 3-7 arasında değişirken, ikincil çamurun katı madde muhtevası % 0.5- 2 arasındadır. Bu şekilde çamurun uzaklaştırılması ve bertaraf işlemi zor olacağından, ayrıca içerdiği kirletici maddelerin azaltılması gerektiğinden, çamura arıtma teknikleri uygulanır. Çamur arıtma ve son uzaklaştırma alternatifleri Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Biyolojik prosesleri içeren arıtma alternatifi Şekil 1.2’de verilmiştir. Bazı endüstriyel ve zehirli atıkların biyolojik arıtımı problemlidir olduğundan, bunlar için de ayrı alternatifler düşünülmelidir. Şekil 1.3’de biyolojik olmayan çamurlar için çeşitli alternatifler gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Atıksu arıtma sonucu oluşan katı atık ve çamurların özellikleri
(Metcalf&Eddy,1991)

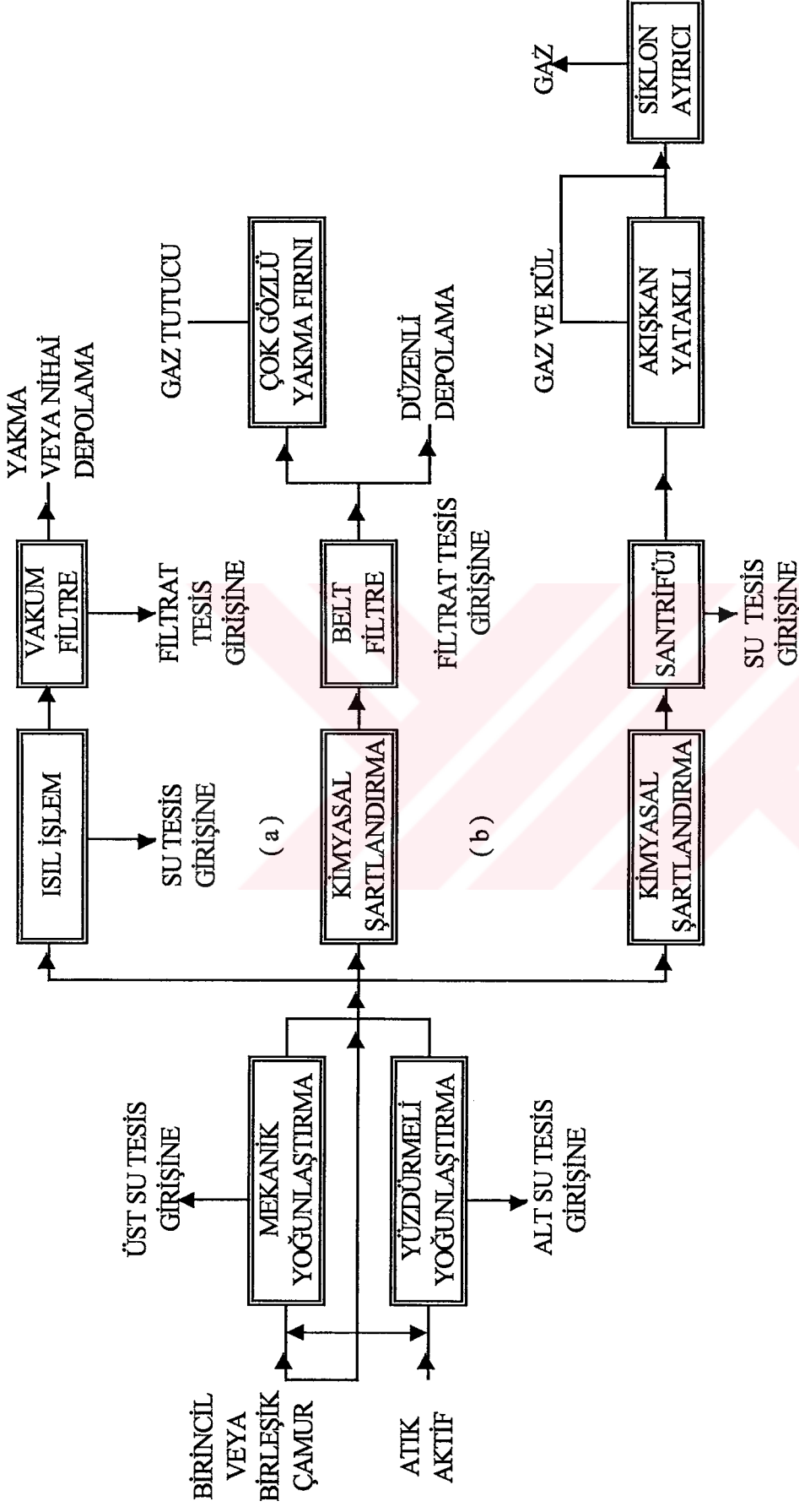
Katı atık ve çamur	Özellikleri
Izgarada Tutulanlar	Izgaralarda tutulabilecek kadar büyük organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder. Mevsime ve kullanılan sisteme bağlı olarak madde muhtevası değişir.
Kum Tutucuda Tutulanlar	Çökeltme hızları nispeten yüksek ağır inorganik maddeleri ihtiva eder. İşletme şartlarına bağlı olarak önemli miktarda organik madde, özellikle yağ ve gres ihtiva edebilir.
Yüzer Madde/Gres	İlk ve son çöktürme tankının yüzeyinde toplanan yüzücü maddeleri ihtiva eder. Yüzer maddeler, gres, bitkisel ve mineral yağ, sigara filtreleri, sabun, kağıt, pamuk, hayvansal yağ v.b. maddeleri içerir.
Ön Çöktürme Çamuru	Ön çöktürme tankında toplanan gri renkli ve rahatsız edici kokuya sahip, çürütülmesi kolaydır.
Kimyasal Çökeltme Çamuru	Metal tuzları ilavesi ile kimyasal çökeltme sonucu oluşan çamurun rengi koyudur. Eğer önemli miktarda demir içeriyorsa, renk kırmızıya yaklaşır.
Aktif Çamur	Genelde, yumaklı görünüme sahip, sarı-kahverengidir. Renk, koyulaşırsa septik durumu, açık olursa havalandırmanın yetersiz olduğunu ve yavaş çökmeyi ifade eder. İyi bir aktif çamurun kokusu rahatsız edici değildir. Yalnız veya ön çökeltme çamuru ile beraber kolayca çökebilir.
Damlatmalı Filtre çamuru	Kahverengi, yumaklı ve taze iken kokusu rahatsız edici olmayan bir humus çamurdur. Ayırışması diğer çürütülmemiş çamurlara nazaran nispeten daha yavaştır. Çürütülmesi kolaydır.
Aerobik Çürütülmüş çamur	Koyu kahverengiye yakın, yumaklı ve koku problemi olmayan bir çamurdur. İyi çürütülmüş aerobik çamurlar kurutma yataklarında kolayca susuzlaştırılabilirler.
Anaerobik Çürütülmüş çamur	Koyu kahverengi ile siyah arası renge sahip olup, yüksek miktarlarda gaz ihtiva eder.
Kompost Çamuru	Koyu kahverengidir. Gübre olarak kullanılabilir.
Septik Tank Çamuru	Siyah renktedir. Bekletme süresi yetersiz ise, çıkan hidrojen sülfür ve diğer gazlarla rahatsız edici olur. İyi çürütülmemişleri koku yapar.



Şekil 1.1 Çamur arıtma ve son uzaklaştırma alternatifleri (Metcalf&Eddy,1991)



Şekil 1.2 Biyolojik prosesleri içeren çamur arıtma alternatifleri



Şekil 1.3 Biyolojik olmayan çamurlar için arıtma alternatifleri

Çamurun nihai bertaraf yöntemini seçerken özelliklerine dikkat etmek gerekir. Anaerobik çürütme düşünülüyorsa, pH, alkalinite ve organik asit içeriği önemlidir. Eğer yakma ve arazide uygulama planlanacaksa, ağır metaller, pestisidler ve hidrokarbonlar, yakma için çamurun yanabilirliği göz önüne alınmalıdır. Arıtılmamış ve çürütülmüş çamurun kimyasal kompozisyonu Çizelge 1.2’de, çamurdaki metal içeriği Çizelge 1.3’de, çeşitli arıtma proseslerinde oluşan tahmini çamur konsantrasyonları Çizelge 1.4’de, çamur bileşenlerinin arıtma alternatifleri için önemi Şekil 1.4’de çamurun özelliğinin arıtma alternatifleri için önemi Şekil 1.5’de gösterilmiştir.(EPA,1994)

Bazı çamur arıtma prosesleri çamurun hacmini, bazıları çamurun kütlesini azaltırken, bazıları da çamurun kütlesini artırırlar. Örneğin, susuzlaştırma işleminde çamur içindeki su miktarı azaltıldığı için, bu proses bir hacim azalması sağlar. Anaerobik çürütmeye ise biyolojik ayrışmadan dolayı kütleli azalma gerçekleşir. İnorganik kimyasal madde ilavesi ile kütleli artış olur. Kireç ve demir (3) klorür ilavesi ile çamurun kütlesi artmasına rağmen, hacim azalması sağlayan susuzlaştırma olayında kolayca suyu alınabilir. Yine kompostlama olayında da çamurun kütlesi artar.

Çamurun karakteristik yapısı, atıksuyun kompozisyonuna, kullanılan atıksu ve çamur arıtma proseslerine göre değişir.

Çizelge 1.2. Artılmamış ve çürütülmüş çamurun kimyasal kompozisyonu (Metcalf&Eddy, 1991)

Parametre	Artılmamış Birincil Çamur		Çürütülmüş Birincil Çamur		Aktif Çamur
	Aralık	Tipik	Aralık	Tipik	
Toplam Katı Madde, %	2-8	5,0	6-12	10,0	0,83-1,16
Uçucu Katı Madde, %	60-80	65	30-60	40	59-88
Yağ ve Gres, %					
Çözünabilir	6-30	-	5-20	18	-
Konsantre edilebilir	7-35	-	-	-	5-12
Protein, %	20-30	25	15-20	18	32-41
Azot, %N	1,5-4	2,5	1,6-6	3	2,4-5
Fosfor, %	0,8-2,8	1,6	1,5-4	2,5	2,8-11
Potasyum, %	0-1	0,4	0-3	1	0,5-0,7
Selüloz, %	8-15	10	8-15	10	-
Demir	2-4	2,5	3-8	4	-
Silikat, %	15-20	-	10-20	-	-
PH	5-8	6	6,5-7,5	7	6,5-8
Alkalinite, mg/lt CaCO ₃	500-1500	600	2500-3500	3000	580-1100
Organik Asitler, mg/lt	200-2000	500	100-600	200	1100-1700
Enerji İçeriği, kJ/kg	23241-29051	25565	9296-13945	11621	18593-23241

Çizelge 1.3. Atıksu arıtma çamurlarındaki metal içeriği(Metcalf&Eddy,1991)

Metal	Kuru Çamur, mg/kg	
	Aralık	Medyan
Arsenik	1,1-230	10
Kadmiyum	1-3410	10
Krom	10-99000	500
Kobalt	11,3-2490	30
Bakır	84-17000	800
Demir	1000-154000	17000
Kurşun	13-26000	500
Mangan	32-9870	260
Cıva	0,6-56	6
Molibden	0,1-214	4
Nikel	2-5300	80
Selenyum	1,7-17,2	5
Kalay	2,6-329	14
Çinko	101-49000	1700

Çizelge 1.4. Çeşitli arıtma proseslerinde oluşan çamur konsantrasyonları(Metcalf&Eddy,1991)

Uygulanan Proses ya da İşlem	Çamurdaki Katı Madde Konsantrasyonu (% Kuru Madde)	Tipik
İlk Çöktürme Tankı		
Birincil Çamur	4-10	5
Birincil Çamur(Siklon)	0,5-3	1,5
Birincil Çamur ve Aktif Çamur	3-8	4
Birincil Çamur ve Damlatmalı Filtre Humusu	4-10	5
Birincil Çamur + Fosfor Giderimi için Demir ilavesi	0,5-3	2
Birincil Çamur + Fosfor Giderimi için Düşük Dozda Kireç ilavesi	2-8	4
Birincil Çamur + Fosfor Giderimi için Yüksek Dozda Kireç ilavesi	4-16	10
Yüzey Madde	3-10	5
İkincil (Son) Çöktürme Tankı		
Ön Çöktürmeli, Aktif Çamur	0,5-1,5	0,8
Ön Çöktürmesiz, Aktif Çamur	0,8-2,5	1,3
Ön Çöktürmeli, Saf Oksijenli Aktif Çamur	1,3-3	2
Ön Çöktürmesiz, Saf Oksijenli Aktif Çamur	1,4-4	2,5
Damlatmalı Filtre Humusu	1-3	1,5
Sadece Birincil Çamur	5-10	8
Birincil Çamur ve Aktif çamur	2-8	4
Birincil Çamur ve Damlatmalı Filtre Humusu	4-9	5

Uygulanan Proses ya da İşlem	Aralık	Tipik
Çözünmüş Hava Flotasyonlu Yoğunlaştırıcı		
Kimyasal madde ilaveli	4-6	5
Kimyasal madde ilavesiz	3-5	4
Santrifüj Yoğunlaştırıcı		
Sadece Aktif Çamur	4-8	5
Yerçekimli Bant Yoğunlaştırıcı		
Kimyasal Madde İlave Aktif Çamur	3-6	5
Anaerobik Çürütücü		
Sadece Birincil Çamur	5-10	7
Birincil Çamur ve Aktif Çamur	2,5-7	3,5
Birincil Çamur ve Damlatmalı Filtre Humusu	3-8	4
Aerobik Çürütücü		
Sadece Birincil Çamur	2,5-7	3,5
Birincil ve Aktif Çamur	1,5-4	2,5
Sadece Aktif Çamur	0,8-2,5	1,3

	ARAZİDE KULLANMA	DAĞITIM VE PAZARLAMA	DÜZENLİ DEPOLAMA	YAKMA	OKYANUSA DESARJ
UÇUCU KATILAR	●	●	●	●	○
BESİ MADDELERİ	●	●	●	○	●
PATOJENLER	●	●	○	●	○
METALLER	●	●	●	●	●
TOKSİT ORGANİK KİMYASALLAR	●	●	●	●	●

● Çok önemli

● Orta derecede önemli

○ Önemsiz

Şekil 1.4. Çamur bileşenlerinin çamur arıtma yöntemleri için önemi (EPA,1994)

	ARAZİDE KULLANMA	DAĞITIM VE PAZARLAMA	DÜZENLİ DEPOLAMA	YAKMA	OKYANUSA DESARJ
SU MUHTEVASI	●	●	●	●	●
STABİLİZASYON DERECEŚİ	●	●	●	●	●
PH	●	●	●	●	



Çok önemli



Orta derecede önemli



Önemsiz

Şekil 1.5. Çamurun özelliğinin arıtma alternatifleri için önemi (EPA,1994)

Çizelge 1.5. Ön Arıtma ve Çamur Arıtma Proseslerinin Çamur ve Çamur Bertarafına Olan Etkileri (EPA, 1994)

Arıtma Prosesi, Tanımı	Çamura Etkisi	Kullanım ve Bertaraf Alternatiflerine Etkisi
Ön Arıtma: Endüstriyel atıksu deşarjlarındaki kirletici seviyelerinde azalma	Endüstriyel atıksulardaki organik madde ve ağır metallerin oranının azaltılmasıyla, çamurdaki konsantrasyonları da azalır.	Araziye uygulamada, dağıtım ve pazarlamada uygulanabilirliği artar.
Yoğunlaştırma: Yerçekimi veya flotasyonla su ve katının ayrışımı.	Çamurdaki katı madde konsantrasyonu arttığında çamur hacminde azalma.	Bütün alternatifler için düşük maliyetle çamur uzaklaştırma.
Çürütme (Aerobik ve Anaerobik): Çamurun biyolojik stabilizasyonu sonucu bazı organik maddelerin su, karbondioksit ve metana dönüşümü.	Çamurdaki üçü ve biyolojik ayrışabilen organik maddede, çözünabilir madde ve gazla dönüşmeyle gerçekleşen azalma.	Çamurun miktarında azalma. Düzenli depolama ve araziye uygulamadan önce gerekirse stabilizasyon işlemi uygulama. Yakma için gerekli ısı değeri azalır. Anaerobik çürütme ile oluşan metan kullanılabilir.
Kireç Stabilizasyonu: Kireç ilavesi ile çamurun stabilizasyonu	Çamurun pH'sı yükselir. Biyolojik aktivite geçici sürelerle azalır. Patojen seviyesi azalar. Çamurdaki kuru madde kütlesi artar.	Yüksek pH'larda kireçle stabilize edilmiş çamurlar ağır metalleri bünyelerinde tutarlar. Araziye uygulama ve düzenli depolamadan önce kullanılabilir.
Şartlandırma: Çamurun niteliğindeki değişme ile çamur ve suyun kolayca ayrışması. Çeşitli şekillerde şartlandırma gerçekleşir. (Kireç ve demir (3) klorür gibi inorganik kimyasal madde ilavesi, polimer gibi organik kimyasal madde ilavesi ile). Isıl şartlandırma ile dezenfeksiyonu da yapılır.	Çamurun susuzlaştırılabilme kabiliyeti gelişir.	Çamur içindeki inert madde miktarı arttığında, yakma için yakıt kullanımında artış olur.
Susuzlaştırma: Su ve çamurun ayrışımı.	Çamurdaki katı madde konsantrasyonunda artış. Azot ve çözünabilir maddelerin bir kısmı su ile giderilebilir. Düşük biyolojik aktivite. Bütün patojenleri imha edebilir. Çamur humus özelliğine dönüşür.	Yakma için gerekli yakıt miktarında azalma. Bütün alternatifler için çamur taşıma maliyeti düşük.
Kompostlama: Çamurun aerobik ortamda biyolojik stabilizasyonu.	Düşük biyolojik aktivite. Bütün patojenleri imha edebilir. Çamur humus özelliğine dönüşür.	Araziye uygulama, dağıtım ve pazarlamadan önce kullanılır. Diğer alternatifler için kullanılması maliyet açısından uygun olmaz.
Isıl Kurutma: Patojenleri öldürmek ve su miktarını azaltmak için ısı işlem uygulanır.	Çamuru dezenfekte eder.	Genelde, dağıtım ve pazarlama işleminden önce kullanılır.

1.2. Çamur Arıtma Yöntemleri

1.2.1. Yoğunlaştırma

Yoğunlaştırma çamurun hacminin azaltılması için içindeki suyun giderilmesi olarak tanımlanabilir. Ancak, yoğunlaştırılmış çamurlar genellikle %4 ila %6 katı madde içerirler ve halen akışkandırlar. Yerçekimi, yüzdürme veya santrifüj teknikleri ile uygulanmakta olan yoğunlaştırma proseslerinin şu fayda ve mahzurları vardır.(İSKİ,1997)

Faydalar

- İleri arıtma gerektiren çamurların, hacmini azaltmak ilk yatırım ve işletme maliyetlerini azaltır.
- Çökeltme tanklarından daha sık çamur atılmasına imkan tanıyarak, bu ünitelerin performansının artmasını sağlar.
- Gelen çamurun karışımını ve debi salınımını düzenler.
- Anaerobik stabilizasyondan önce kullanılması durumunda çürütücü kullanım verimini ve gaz üretimini artırırken ısıtma gereksinimini ve bakım masrafını azaltır.

Mahzurlar

- Koku problemine sebep olabilir.
- Çamur bayatlayabileceği için şartlandırma için gereken kimyasal gereksinimini arttırabilir.
- Çamurun tipine bağlı olmak aşırı yoğunlaşma oluşması durumunda cazibeli akışa veya pompalama verimine engelleyici etki yapabilir.
- Oluşturduğu üst suyu (süpernatant) genellikle geri devredildiği için arıtma sistemine ek bir yük getirir.
- Çürütücülerde karıştırma ve ısı transferinde problemlere yol açabilir.

1.2.2 Stabilizasyon

Çamur stabilizasyonu. çamurda bulunan patojenleri organik maddeyi, dolayısıyla da kokuyu azaltmak için yapılır. Patojen azaltımı yüksek ısılarda veya uygun kimyasal koşullarda (yüksek pH) patojenleri öldürmek suretiyle gerçekleştirilir. Patojen azaltımı, mikrobik gelişmeleri desteklemeyecek şekilde çamur yapısını değiştirerek sağlanır. Bu ayrıca koku ve çürüme potansiyelini de azaltır. Yaygın kullanıma sahip stabilizasyon prosesleri arasında sayılabilecek anaerobik çürütme, aerobik çürütme ve kireç stabilizasyonuna ait fayda ve mahzurlar aşağıda sıralanmıştır. (İSKİ,1997)

Faydalar

- Anaerobik çürütme metan üretir, toplam çamur kütlesinin ve koku seviyesinin azalmasını sağlar.
- Anaerobik çürütme ile toprak şartlandırıcısı olarak kullanılabilen katı atık üretmek mümkündür.
- Anaerobik çürütme patojenleri etkisiz hale getirir.
- Kötü koku üretmeyen aerobik çürütücüler, düşük AKM, BOI_5 ve NH_3 konsantrasyonlarına sahip süpernatant oluştururlar.
- Aerobik sistemler, patojen miktarlarını azaltır, anaerobik sistemlerle yaklaşık olarak eşit miktarda uçucu katı madde giderimi sağlar ve ayrıca çamurdaki yağ ve çözünmüş heksanların, azaltılmasında etkili olurlar.
- Kireç stabilizasyonu düşük maliyetli, susuzlaştırılması kolay çamur üreten, tekil bir prosestir.

Mahzurlar

- Anaerobik çürütücülerin yüksek sermaye maliyeti vardır ve bozulmalara karşı hassastır.
- Anaerobik çürütücüler metan üreten bakterilerin büyümesini düşük bir seviyede tutar.

- Aerobik sistemler kullanıldığında oksijen takviyesi için yüksek enerji maliyetleri ile karşılaşılabilir.
- Mekanik susuzlaştırma için son derece zayıf karakteristikli çürümüş çamur üreten aerobik sistemler. Aynı zamanda yoğunlaştırma için de çökelme karakteristiklerinin zayıf olması nedeniyle zorluklarla karşılaşılmasına neden olabilir.
- Aerobik sistemlerde sıcaklık, konum, tank imalatında kullanılan malzemenin türü performansı etkiler.
- Kireç stabilizasyonu, kireç ilavesiyle kimyasal olarak kararlı olmayan ve daha fazla kütleye sahip çamur ortaya çıkarır.
- Kireç stabilizasyonu daha yüksek ulaşım ve uzaklaştırma maliyetleri gerektirir.

1.2.3. Susuzlaştırma

Susuzlaştırma, suyun kek oluşturmak üzere çamurdan ayrılması olarak tanımlanabilir. Yoğunlaştırma prosesleri ile ulaşılandan daha fazla hacim azalması elde etmek mümkündür. Susuzlaştırma, öncelikle son arıtma, uzaklaştırma veya faydalı kullanım proseslerinin yatırım ve işletme maliyetini azaltmak için yapılır. Çamurun susuzlaştırılması işleminde, katı madde konsantrasyonu %5'den %20'ye yükseltirirse, dörtte üçlük bir hacim azalması ve akışkan olmayan bir madde elde edilmesi sağlanır. Susuzlaştırma, çamur arıtma prosesinin yalnızca bir elemanıdır ve tüm sıvı ve katı arıtma kademelerinin performansı en elverişli duruma getirilecek ve toplam maliyetler en aza indirilecek şekilde atıksu arıtma sistemi içine entegre edilmelidir. Çoğunlukla kullanılan susuzlaştırma teknikleri;

- Kurutma Yatakları
- Kurutma Lagünleri
- Filtre Pres
- Bant Pres ile Filtrasyon
- Vakum Filtrasyon
- Santrifüjlü Filtrasyon

Faydalar

- Eğer arazi hazırsa her iki kurutma prosesi de en düşük sermaye maliyeti gereksinimine sahiptir.
- Kurutma yatakları ve lagünleri çok az bir işletim dikkati ve becerisi düşük enerji ve kimyasal madde tüketimi gerektirmekte ve çamur kararsızlığına karşı daha az hassasiyet gösterilmektedir.
- Kurutma yatakları tamamıyla mekanik olan metotlara nazaran daha yüksek katı madde konsantrasyonu sağlamaktadır.
- Kurutma lagünleri çamur akımı için tampon görevi görebilmektedir. Arıtma tesisindeki problemlerden kaynaklanan şok yüklemeler etkiye yol açarak lagünlere sevk edilebilir.
- Kurutma lagünlerinde organik maddeler daha kararlı hale getirilir.
- Filtre pres metodu en yüksek katı madde konsantrasyonunu sağlamakta, en aza indirilmiş üretim maliyeti ve sadece vasat miktarda enerji harcayarak filtre suyunda düşük AKM konsantrasyonuna (350 mg/lı) imkan tanımaktadır.
- Bant presler çok kuru kek üretirken benzer performanstaki ekipmanlara kıyasla düşük enerji, düşük bakım ve ilk yatırım maliyeti ile minimum operatör dikkati gerektirmektedir.
- Bant presler, sessiz, hızlı, otomatik, sürekli ve kompakt ekipmanlardır ve minimum düzeyde ek yapı gerektirmektedirler.
- Vakum filtrelerin bakım gereksinimi diğer sürekli sistemlere kıyasla düşük, ilk yatırımı normal ve kalifiye operatör ihtiyacı azdır.
- Vakum filtreler ile birçok çamur çeşidine hizmet vermek, filtre suyunda düşük AKM konsantrasyonlarına ulaşmak ve toprağa uyumlu kekler üretmek mümkündür.
- Santrifüj filtreler temiz görünümlü, koku problemi hiç bulunmayan yada az bulunan, işletmeye alınması ve devreden çıkarılması hızlı olan ve kolaylıkla kurulabilen ekipmanlardır.
- Basınçlı filtrasyon sistemleri hariç tutulduğunda, santrifüj filtreler, diğer tüm susuzlaştırma proseslerinde olduğundan daha fazla kuru kek üretmekte ve dar yüzey alanında yüksek işletim miktarı sağlamaktadır.

- Kapasite oranlarına karşı en düşük sermaye maliyetlerinden birine sahip olan santrifüjler, devamlı bir işletme dikkati de gerektirmemektedir.

Mahzurlar

- Kurutma yatakları kararlı çamurlara gereksinim duymakta, iklimsel koşullardan etkilenebilmekte ve ham çamurlar nedeniyle koku problemi ile karşılaşma riski içermektedirler.
- Kurutma yatakları ve lagünleri için etkili mühendislik analizlerine olanak tanıyan rasyonel mühendislik tasarım veriler yoktur, tamamen mekanik sistemlere göre daha fazla yer ihtiyacı göstermekte ve toplum açısından göze çarpıcı nitelikte bulunmaktadır.
- Kurutma lagünlerinde periyodik koku ve sineklenme problemleri ve yeraltı suyu veya çevredeki yüzeysel su kaynaklarında kirlenme ile karşılaşmak mümkündür.
- Filtre presler kesikli olarak çalışır ve ürettikleri keklerin bir yüzdesi parçalanması zor olan kireç ve metal tuzları ihtiva etmektedir.
- Filtre pres yönteminde yüksek işgücü ve sermaye maliyeti, özel destek yapıları, daha geniş işletme ve depolama alanı ihtiyacı ve kimyasal ön arıtma gerekmektedir.
- Bant presler besleme karakteristiklerine son derece hassas, hidrolik olarak işlenecek miktarla sınırlı çalışan ve şartlandırmanın gerektiği ekipmanlardır.
- Kumaş kullanan diğer birimlerle karşılaştırıldığında daha az ömürlüdür.
- Bant preslerin yıkanması ve oluşturduğu kokular problem olabilir.
- Vakum filtreler diğer proseslere nazaran susuzlaştırılmış çamur kütlesi başına en fazla enerjiyi tüketen ekipmanlardır ve sürekli operatör dikkati gerektirmektedir.
- Vakum filtreler kullanıldığında filtre malzemesinin tıkanması ve pompa gürültüsü sorunlarıyla karşılaşılabilir.
- Vakum filtrelerin çalıştırılması için en az %3 katı madde konsantrasyonuna sahip çamurları sisteme vermek, şartlandırmak için yüksek dozda kireç kullanmak gereklidir ve sonuçta elde edilen kekler nispeten daha ıslaktır.
- Santrifüjler bakım için büyük potansiyele sahiptir ve bakım personelinin becerikli olması gerekir.

- Santrifüjlerde besleme akımı için kum giderme ekipmanı veya öğütücü gerektirmektedir.

1.2.3 Nihai Çamur Arıtma Prosesleri

1.2.4.1 Yüksek Sıcaklıkta Kireç Stabilizasyonu

Kirecin yüksek sıcaklıkta stabilizasyonunda pH ve sıcaklığı arttırmak için çamura kireç katılır. pH ayarlanması kirecin alkali yapısına bağlı olarak yapılabilir. Sıcaklığın artması ise kirecin çamurdaki su ile karıştırılması veya bir tür egzotermik reaksiyon olan kirecin hidrasyonu sonucudur. Bu amaçla iki yöntem izlenir: ya kireç tek başına sıcaklığı arttırmak için kullanılır ya da çamurun sıcaklığı kirece ek olarak elektrik ısısıyla artırılır. Bu iki yöntem de yüksek derecede stabilize çamur üretilmesini sağlayacak niteliktedir.

Faydalar

- Yüksek sıcaklıkta kireç stabilizasyonu son derece güvenilir bir prosesdir.
- Kireç stabilizasyonu daha optimum maliyetler sağlamakta, daha az kireç sarfederek daha az çamur üretmektedir.
- Kireç stabilizasyonunda kullanılan sistemde koku kontrol ve önleme ekipmanları ile otomatik kontrol özelliği bulunur.

Mahzurlar

- Yüksek sıcaklıkta kireç stabilizasyonunda yüksek kimyasal madde ve daha fazla alan gereksinimi ortaya çıkar.
- Yüksek sıcaklıkta kireç stabilizasyonunda açık proses koku problemini ortaya çıkarır ve nihai ürünle, yüksek miktarda olabilir.
- Isıtmalı kireç stabilizasyon proseslerinde enerji maliyetleri yüksektir.

1.2.4.2 Isıyla Kurutma

Isıyla kurutma, çamurdan suyun ısısal yollarla buharlaşması prosesidir. Bu tür kurutma işleminde sıcaklık, suyu buharlaştıracak düzeyde olmasına rağmen organik maddeyi uzaklaştırmaya yetecek kadar yüksek değildir. Bu gibi koşullar sıcaklığın % 80'ine erişildiğinde ve nemlik %10'un altına indirildiğinde sağlanır.

Faydalar

- Isıyla kurutma proseslerinde kuru kek %90-95 mertebesinde kuru katı içermekte hatta Carver-Greenfield prosesi ile %98'e kadar ulaşılmaktadır.
- Nihai ürün toprak şeklindedir.
- Temassız kurutmada öğütücü çamur geri çevrimi gerekli değildir ve gaz emisyonları azaltılmıştır.

Mahzurlar

- Temaslı kurutmada öğütücü çamur geri çevrimi gereklidir ve bol miktarda gaz emisyonları bulunmaktadır.
- Temassız kurutmada kondanse sularının oluşturduğu yan akıntılar mevcuttur.
- Carver-Greenfield prosesleri yüksek enerji maliyetleri, bol miktarda işletme ve bakım gereksinimleri, karmaşık işletmeleri ve kullanılması güç nihai ürünleri ile karakterize edilebilir.

1.2.4.3 Yakma

Bir yakma sisteminin amacı tüm uçucu katıları yok ederek yakıt yardımı ile ısı açığa çıkarmak ve bunu gerçekleştirirken yanma ve ısınma prosesleri ile ilgili sorunları en aza indirmektir. Yakma önce kurutma daha sonra da yanmadan oluşan iki adımlı bir oksidasyon prosesidir. Kurutma, genellikle yakmadan önce yapılan ön susuzlaştırma ile karıştırılmamalıdır. Girişteki çamur keki normalde % 55-85 su içerir. Keki nem oranı

%50'nin altına düşürülmediği sürece yanması mümkün değildir. Çamurun yakılmasının genel olarak 4 adımda gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

- Genel çamur sıcaklığının 100 °C'ye çıkarılması,
- Çamur suyunun buharlaştırılması
- Su buharı ve havanın sıcaklığının yükseltilmesi
- Kurumuş çamur uçucuları sıcaklığının ateşleme noktasına kadar artırılması

Yakma, fırın içinde değişen zamanlarda, sıcaklıklarda ve yerlerde meydana gelen ısı ve kimyasal reaksiyonları içeren karmaşık bir prosestir. Çamurun yakılması ile açığa çıkan ısı, enerji üretimi, mekanik ekipmanlara enerji temini veya elektrik üretimi ile değerlendirilebilir. çok gözlü fırınlar ve akışkan yataklı fırınlar genellikle tercih edilen yakma fırınlarıdır.

Faydalar

- Yakma steril, kokusuz ve inorganik atık üreten bir prosestir.
- Organik kirleticiler, klorlu hidrokarbonlar da dahil olmak üzere etkili olarak yok edilirler.
- Yakma hacimde maksimum azalmayı sağlar, değerlendirilebilir enerji üretir ve iklimsel koşullara bağımlı değildir.

Mahzurlar

- Yakma, yüksek ilk yatırım, işletme ve bakım masrafları gerektirir.
- Yakma hava kirliliği kontrol tertibatı, son derece dikkatli bir işletme ve yetenekli bakım personeli bulundurmaya gerektirir.
- Giriş çamurun iyi derecede susuzlaştırılmış olmalıdır.

1.2.4.4 Kompostlaştırma

Kompostlaştırma, termofilik bakterilerce organik maddelerin nisbeten stabil, humusa benzer son ürünlere dönüşümü için, aerobik olarak parçalanması ile sağlanan bir stabilizasyon prosesidir. Çamurun, bazı yardımcı maddelerle karıştırılarak, daha iyi havalanmayı sağlamak üzere porozitesi artırılır, nem oranı azaltılır ve C/N oranı yükseltilir. Çoğunlukla her üç amaç tek bir madde ile sağlanır, örneğin; saman, ağaç yongası, pirinç kabuğu veya evsel katı atıklar gibi. İlaveten pek çok kompostlaştırma işleminde. bir miktar önceden kompost haline dönüşmüş malzeme de kullanılır. Kompostlaştırma proseslerinin çoğunda kompostlaştırma işleminin sonunda elde edilen ürünün bir bölümü prosese geri döndürülerek tekrar kullanılır. Buna göre kompostlaştırma çamurlarının azaltılması ve geri kazanımıyla ilgili olarak uygulanabilecek bir yöntemdir.(İSKİ,1997)

Kompostlaştırma işleminde mikroorganizmalar, aerobik olarak organik maddeleri karbondioksit ve suya ayırıştırır. Çağdaş kompostlaştırma sistemlerinde, optimum nem ve oksijen konsantrasyonunu sağlamak ve sıcaklığı denetlemek için mekanik havalandırma ve karıştırma kullanılır. Kompost karışımının içinde meydana gelen biyolojik aktivite ısı üretir ve üç gün süre ile sıcaklık 55 °C'de tutularak ileri seviyede patojenik stabilizasyon sağlanır. Uçucu katıların yaklaşık %20-30'u karbondioksit ve suya dönüştürülür. Doğru bir şekilde işletildiği takdirde kompostlaştırma sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklar tüm patojen ve parazitlerin ortadan kaldırılmasını sağlar. Bununla birlikte, bu organizmaların yeniden üremesi de olasıdır. Uçucu katıların ve suyun proses sırasında giderilmesine karşın kompost hacmi, kompostlaştırmada katkı maddesi ilavesi ve kompostun düşük yoğunlukta oluşu nedeniyle daha büyüktür.

Kompostlaştırma işlemleri iki kategoriye ayrılır: "Windrow" ve "in-vessel". "Windrow" kompostlaştırma havalandırılmalı statik yığın halinde, karıştırma malzemeleri ile yapılmaktadır. Kapalı sistemler, "In-vessel", yatay veya düşey olmaktadır. Kompostlaştırma zamanları seçilen proses bağlı olarak 21-45 gün arasında değişir. Kompostun bir miktar gübre değeri vardır ancak çoğunlukla toprağın organik içeriğinin ve nem tutma potansiyelinin artırılmasında kullanılır. Son ürün genellikle satışa sunulur.

Kompostlaştırmanın geçerli bir çamur arıtma alternatifi olabilmesi için aşağıdaki kriterlerin sağlanması gerekmektedir.

- (i) Son ürün patojen içermemelidir.
- (ii) Değerlendirilebilir bir ürün ortaya çıkarmalıdır.
- (iii) Güvenilir olmalıdır.
- (iv) Enerjiyi verimli kullanmalıdır.
- (v) Optimum maliyette olmalıdır.
- (vi) Estetik olarak kabul edilebilir olmalıdır.

Atıksu çamurlarının kompostlanmasında temel husus patojenlerin imha edilmesi olmalıdır. Uçucu katı maddelerin ayrışması ve koku kontrolüne karşı stabilizasyon bu nedenle birinci önem sırasında, ortaya çıkacak nihai malzemelerin değerlendirilmesi de ikinci sırada gelmektedir.

Kompostlaştırmaya karar verme aşamasındaki en önemli hususlardan ve ekonomik faktörlerden biri nihai ürün için uygun bir pazarın var olup olmadığıdır. Üretilecek malzemenin yararı, faaliyetin bulunduğu yere, ağır metal içeriğine ve diğer yerel kompost kullanımlarına bağlıdır. Kompostlar parkların oluşturulmasında, bozulmuş veya işlenmiş arazilerin yeniden bitkilendirilmesinde, sebze ve meyve yetiştirilmesinde, bahçecilik ve fidanlık mahsullerinde, özellikle ABD ve İskandinav ülkelerince uzun yıllardır uygulanmaktadır.

Faydalar

- Özellikle sınırlanmamış kompost sistemleri (havalandırılmış yığınlar) düşük maliyette arazi bulunabilirse son derece ekonomiktir
- Yatay sistemler sınırlanmamış sistemlere göre daha az yer gerektirirken, dikey sistemler arazi kullanımında en verimli olan sistemlerdir.
- Dikey sistemlerdeki kapalı reaktörlerde koku tutulur ve kontrol edilir.
- Dikey sistemler yatay sistemlerden daha az düzeltme gerektirir.

Mahzurlar

- Kompostlaştırma büyük hacimli bir nihai ürün ortaya çıkarır.
- Sınırlandırılmamış sistemler geniş alan gerektirmektedir.
- Sınırlandırılmamış sistem işletimi mevsimsel koşullardan etkilenir.
- Yatay sistemler ve “windrow” sistemlerde koku problemi ile karşılaşılabilir.
- İşletilen ekipmanlar nedeniyle yatay ve düşey sistemlerde ilk yatırım maliyetleri yüksektir.

1.2.5. Çamur Değerlendirme Ve Uzaklaştırma

1.2.5.1 Arazide Değerlendirme

Çamurun arazide değerlendirilmesinin temel olarak üç alternatifi vardır

- (i) Tarımsal değerlendirme
- (ii) Orman alanlarında değerlendirme
- (iii) Arazi ıslahı

Seçeneklerin hepsi için geçerli olan kısıtlayıcı faktör, çamurun yer altı ve yerüstü sularına ve halk sağlığına zararlı etkiye sahip maddeleri içermesidir. Bu tip problemlerden kaçınmak için bölge seçiminin, tasarımın ve arazi ıslahının dikkatle yürütülmesi gerekir.

Arazide uygulama işlemi yapılmadan önce bazı noktalara dikkat etmek gerekir. Bunlar; çamurun kalitesi ve miktarı, yerel kanun ve yönetmelikler, bertaraf alternatiflerini değerlendirme, dizayn parametreleridir (yüzey yükü, alan ihtiyacı, uygulanan metod). Çamurda bulunan N, P maddeleri, toprağın ve ekilen ürünün yıllık ihtiyacı olan N, P elementlerini aşmayacak miktarda olmalıdır. Yer seçimi yaparken de civardaki arazilerin tümüne ait N, P ihtiyaçları belirlenmeli ve bölgede belli bir program dahilinde çamur araziye uygulanmalıdır.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde, bir yılda araziye verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükleri (yılda hektar başına gram olarak) belirtilmiştir. Çizelge 1.6'da bu değerler gösterilmiştir.

Araziye uygulama işlemini etkileyen parametreler, organik madde (uçucu katı madde), besi maddeleri, patojenler, metaller ve zehirli organiklerdir.

Araziye uygulama çeşitlerine göre, tipik çamur miktarları Çizelge 1.7'de verilmiştir.

Faydalar

- Arazide çamur değerlendirmesi için bütün alternatifler toprak şartlandırılması ve besi maddesi kaynağı olarak çamurun faydalı geri kazanımına imkan tanımaktadır.
- Tarım ve orman alanlarında değerlendirme için arazi satın alınması gerekli değildir.
- Tarımsal uygulamalarda arazi ileriki kullanımlar için bozulmaz.
- Ormanlarda kullanım, tarımsal uygulamalara göre daha az halk sağlığı endişesi uyandırır.
- Arazi ıslahı yöntemlerinin çoğu alkalın durumları tamponlama etkisi gösterir.

Mahzurlar

- Tarımsal uygulamalar halk sağlığını korumak için kontrol ve yönetim uygulamaları gerektirir.
- Düşük çamur uygulama oranları nedeniyle geniş arazi gereksinimleri görülmektedir.
- Tarımsal uygulama dönemleri dışında çamurun depolanması gereklidir.
- Orman alanlarında uygulama durumunda halkın bu alanlara giriş çıkışının kontrolü güç olabilir.
- Arazi ıslahı için erozyondan ve aşırı toprak kaybindan kaçınmak için kapsamlı bir saha hazırlığı gereklidir.

- Islah çalışmalarında tekrar bitkilendirme yapılması için bitki seçiminde dikkatli seçim yapılmalıdır.

1.2.5.2. Dağıtım ve Pazarlama

Atıksu çamurundan yararlanmanın bir yolu olarak dağıtım ve pazarlama oldukça kârlı bir yöntemdir. Genellikle, dağıtılan ve pazarlanan atıksu çamuru kompostlanmış ve ısıyla kurutulmuş olup üst tabaka toprağı ve bahçelerde, golf sahalarında, parklarda gübre olarak kullanılmaktadır.(Kruger,1994)

Çizelge 1.6. Bir yılda araziye verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü
(yılda hektar başına gram olarak)

Ağır Metal	Sınır Yük Değeri (gr/ha-yıl)
Kurşun	2000
Kadmiyum	33
Krom	2000
Bakır	2000
Nikel	330
Civa	42
Çinko	5000

Çizelge 1.7. Araziye uygulama çeşitlerine göre, uygulanan çamur miktarları

Alternatifler	Uygulama Süresi	Mg/ha	
		Aralık	Tipik
Tarım Alanlarında	Yıllık	2,24-67	11
Ormanlar	Bir kez veya 3-5 yılda bir	9-224	45
Arazi Islahı	Bir kez	7-448	112
Özel Bertaraf Sahaları	Yıllık	224-897	336

Atıksu arıtım çamuru külünün beton malzemesi olarak kullanımını araştırmış ve çamur külü kullanılarak üretilen betonlarda priz başlangıcı ve priz sonu sürelerinin uzadığı, betonlarda permeabiliteyi ve su absorpsiyonunu azalttığı, çamur külünün çimento ile karıştırılmak suretiyle beton üretiminde kullanılabileceği sonuçlarını bulmuştur.

Atıksu çamuru nihai ürünleri için içerdikleri kirletici konsantrasyonlarına yönelik yasal kısıtlamalar getirilmelidir. Dağıtılıp pazarlanacak ürünler patojenik faaliyetlerin neredeyse tamamını durduracak şekilde stabilize edilmelidir. Atıksu çamuru ürünlerinin maksimum uygulama oranı hesaplanmalı ve bu oran ürünün satışında verilen kullanım kılavuzunda belirtilmelidir.

Faydalar

- Eğer pazarlanmışsa elde edilen gelirler, çamur arıtımının sermaye, işletme ve bakım maliyetlerini dengeler.
- Çamurun besi maddesi ve toprak şartlandırıcısı olarak faydalı geri kullanımı sağlanır.
- Vatandaşların kullanımı için düşük maliyetli veya maliyetsiz gübre temini sağlanabilir.

Mahzurlar

- Çamur son ürünü için uzun dönemli takip ve kârlılık gerektirir.
- Dağıtım ve pazarlama organizasyonunu gerektirir.

1.2.5.3. Depolama Yöntemleri

Atıksu çamurları, arazi kazanımındaki sınırlara, bahçe tarımında kullanılacak malzemelere uygun pazarın bulunmamasına veya çamurların yüksek metal ve toksik madde içeriklerine bağlı olarak her zaman kullanılmayabilirler. Bu durumda etkin bir çamur yöntemi için en ekonomik ve en uygun uzaklaştırma yöntemleri kullanılmalıdır.

Depolama için üç temel yöntem mevcuttur:

- (i) Belirlenmiş uzaklaştırma alanları (eski maden yatakları, derin kuyular, vb.)
- (ii) Katı atık dolgu alanları (evsel katı atık düzenli depolama alanları)
- (iii) Tektip dolgular (monofill)

Tüm bu metodlarda depolama öncesinde ileri derece patojen stabilizasyonu gerekmektedir. Çamur arıtma, değerlendirme ve depolama entegre bir çamur yönetim yaklaşımının parçaları olarak ele alınmalıdır. Bu nedenle karar verme aşamasında farklı kombinasyonlarda alternatifler hesaba katılmalıdır. Arıtma metotları, değerlendirme ve depolama alternatifleri için muhtemel kombinasyonlar aşağıda sıralanmıştır:

- (i) Arıtılmış çamurun tarımsal arazilere uygulanması
- (ii) Arıtılmış çamurun orman alanlarına uygulanması
- (iii) Arıtılmış çamurda arazi ıslahı
- (iv) Arıtılmış çamurun özel alanlarla uzaklaştırılması
- (v) Arıtılmış çamurun evsel katı atıkla birlikte uzaklaştırılması
- (vi) Arıtılmış çamurun tektip dolgusu
- (vii) Yüksek sıcaklıkta kireçle stabilize olmuş çamurun dağıtım ve pazarlaması
- (viii) Kompostlaştırılmış çamurun dağıtım ve pazarlaması
- (ix) Isıyla kurutulmuş çamurun dağıtım ve pazarlaması
- (x) Yakma tesisi külü ve evsel katı atıkların birlikte uzaklaştırılması
- (xi) Çamur külünün tektip dolgusu

1.2.6. Gama Işınları ile Arıtma Çamurlarının Hijyenleştirilmesi

Pissu arıtma tesislerinin yaygın ve çok bulunduğu gelişmiş ülkelerde, arıtma çamurlarının hijyenik bir şekilde bertaraf edilmesi sorun olmaktadır. Bakteriyolojik çalışmalar sonunda arıtma çamurlarında çok miktarda hastalık mikropları (solucan yumurtaları salmonella vs.) içerdiği insan ve hayvan sağlığı için enfeksiyon tehlikesini taşıdığı saptanmıştır. Çamurların tarımda sakıncasız ve kuşkusuz kullanılıp geri

kazanılması için, güvenceli bir şekilde içindeki bulaşıcı hastalık unsurlarının kesinlikle imha edilmesi gerekir. Gamma ışınları dışında, mikroorganizmalara öldürücü etkileri olan radyo dalgaları, ışık dalgaları, röntgen ışınları, lazer gibi ışınlar görülmektedir. Gamma ışınları radyoaktif elementlerden elde edilir. Sterilizasyon amacı ile genellikle 60 CO kaynağı kullanılmaktadır. Arıtma çamurlarının ışınlandırılmasında da 60 Ca ve 137 C5'den ışık kaynağı olarak yararlanılmaktadır.

Bu kaynaklardan elde edilen gamma ışınları bakterileri ve parazitleri kuşkusuz bir şekilde büyük ölçüde yok edilmektedir. Dolayısıyla tarımda gübre olarak kullanılması olanaklı olmaktadır.

Dünyada ilk gamma ışınları ile çamur sterilizasyonu yapan tesis Münih yakınında Geiselbullach Arıtma Tesisinde 1973 yılında yapılmıştır. Bu tesisin verimi 30-34 m³ sterilize edilmiş çamur/gündür. Kaynağın şiddeti 100.000 Curie Co-60 çamurun ışın dozu ise 300 krad'dır. Yapısal değişiklik ve ekler gerektirmeden daha kuvvetli ışın kaynakları kullanılarak 150-200 m³/gün kapasiteye çıkabilir.

Faydalar

Bütün patojen mikroorganizmalar emniyetli bir şekilde giderilir. Giderme faktörü yaklaşık 10⁷ dir. Arıtma çamurunda ki ot tohumları çimlenme yeteneğini kaybeder. Gamma ışınlanması çamurun suyunun alınabilirliğini artırır. Santrifüj edilmeden ve preslenmeden basit çökeltme ile ve yumaklaştırma maddesi kullanılmadan çamurun suyunun en azından yarısı alınabilir. Tarla denemelerinin sonuçlarına göre ışınlanmış çamurlar su geçirgenliğini kaybetmemekte ve arazide geçirimsiz kaynak tabakası oluşturulmaktadır. Işınlama O₂ tüketmemekle, gazlar oluşturulmakta ve organik azot bileşiklerini açığa çıkarmaktadır. Bu nedenle de koku sorunu meydana gelmektedir. Işınlama enerjisinin sağlanması hiçbir zaman bir sorun oluşturmayacaktır. Fuel Oil, gaz gibi konvansiyonel yakıta gerek duyulmaz. Gamma ışınları ile sterilizasyon çok basittir. Tesisler fazla hizmet personeline gerek duydurmayacak şekilde çalıştırabilmektedir.

2. ARITMA ÇAMURUNUN YENİDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Endüstriyel ve evsel atık suların arıtılması sonucunda bertaraf edilmesi gereken kalıntılar ortaya çıkacaktır. Kalıntıların ve atıkların kalıcı ve çevreye uygun bir hale getirilmesi şarttır. Eskiden olduğu gibi bunların yok edilmesi esnasında yeni kirliliklere yol açılmaması esastır. (Grau,1995)

Atık su arıtımı konusunda gün geçtikçe artan talepler nedeniyle arıtma çamuru miktarları hem ulusal hem de Avrupa boyutunda artış göstermektedir. Bu konuda Avrupa Birliği Yönergeleri önemli rol oynamaktadır.

Belediye ve endüstriyel kaynaklı arıtma çamuru 230.000 t/yıl olarak gösterilmiştir ama Avrupa Birliği çapında meydana gelecek artışla 300.000 t/yıl olarak hesaplanabilir.

Arıtma çamuru için imha yöntemleri arasında

- tarımsal değerlendirme
- depolama
- yakma
- denize deşarj

akla gelmektedir.

Çizelge 2.1’de AB ülkelerinde uygulanan imha yöntemleri ve arıtma çamuru miktarının dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Avrupa’da arıtma çamuru toplamının ülke bazında dağılımı ve imha yöntemleri ile ilgili veriler (Steffen,1995)

Ülkeler	Miktar		Tarım		Depolama		Yakma		Göllerde		Diğer bir şekilde rekultive etme, ormanda v.b.	
	1000 t[KURU]/yıl	%	1000 t[KURU]/yıl	%	1000 t[KURU]/yıl	%	1000 t[KURU]/yıl	%	1000 t[KURU]/yıl	%	1000 t[KURU]/yıl	%
Belçika	59,2	0,8	17,2	29	32,5	55	8,9	15	-	-	0,6	1
Danimarka	170,3	2,3	92	54	34	20	40,9	24	-	-	3,4	2
Almanya	2681,2	36,3	724	27	1448	54	375,2	14	-	-	134	5
Finlandiya	150	2	37,5	25	112,5	75	-	-	-	-	-	-
Fransa	865,4	12	502	58	223,5	27	130	15	-	-	-	-
Yunanistan	48,2 ⁽¹⁾	0,6	4,8	10	43,4	90	-	-	-	-	-	-
İngiltere	1107	15	448	44	88,6	8	77,4	7	332	30	121	11
İrlanda	36,7	0,5	4,4	12	16,6	45	-	-	12,8	35	2,9	8
İtalya	816	11	269,2	33	449	55	16,2	2	-	-	81,6	10
Lüksemburg	8	0,1	1	12	7	88	-	-	-	-	-	-
Hollanda	335	4,5	87	26	171	51	10	3	-	-	67	20
Norveç	95	1,3	53,2	56	41,8	44	-	-	-	-	-	-
Avusturya	170	2,3	30,6	18	59,5	35	57,8	34	-	-	22,1	13
Portekiz	25	0,3	2,7	11	7,3	29	-	-	0,5	2	14,5	58 ⁽²⁾
İsveç	200	2,7	80	40	120	60	-	-	-	-	-	-
İsviçre	270	3,6	121,5	45	81	30	67,5	25	-	-	-	-
İspanya	350	4,7	175	50	122,5	35	17,5	5	35	10	-	-
³ Toplam	7387	100	2691,1	36,4	3068,2	41,6	801,4	10,9	380,3	5,1	447,1	6

Arıtma çamurlarının çevreye uyumlu bir şekilde bertaraf edilmesi büyük önem taşıdığından bu konuyla ilgili talimatnamelerin yürürlüğe sokulması şart görünmektedir. Avrupa Birliği geçmişte olduğu gibi gelecekte de atık ekonomisi konusunda kılavuz görevi üstlenecek ve ulusal hukuki düzenlemelerle tamamlanacak talimatnameler çıkartacaktır.

³ Diğer Bilirkişilerin verdiği değerler 200.000t (KURU)/yıl

2 Yüzeysel su kaynakları

Bu bağlamda, Avrupa Birliği'nin Atıklar Çerçeve Yönergesi olarak bilinen yönergesi büyük önem taşımaktadır. Bu yönergede tüm Avrupa için geçerli bir atık tanımı getiren düzenleme son derece mühimdir. Yapılması gereken en ciddi ayırım:

- Değerlendirilecek atıklar
- Bertaraf edilecek atıklar

arasındadır. Bu kavram 6.10.1994 tarihinde Almanya'da yayınlanan ikincil hammadde gübrelerinin değerlendirilmesi ile ilgili hukuki ve teknik talimatnameleri düzenleyen Geri Kazanım Ekonomisi ve Atık kanununda yer almıştır. Almanya'da yakın bir zaman önce arıtma çamurlarının değerlendirilmesi ve bertarafı ile ilgili yürürlüğe giren

- 15.4.1992 tarihli Arıtma Çamuru Talimatnamesi
- 14.5.1993 tarihli Evsel Atık Talimatnamesi

halen geçerliliklerini korumaktadır.

Çizelge 2.1 Almanya'da arıtma çamurlarını %54'ünün depolandığını göstermektedir. Bu meblağlar için mutlaka yeni bir imha kavramı geliştirilmelidir. Çamurun kompostlama gibi tarımsal değerlendirilmesinin yanı sıra kül haline getirilme / yakılması da yöntemlerden biri olabilir.

2.1. Arıtma Çamurunun Tarımsal Alanda Değerlendirilmesi

Avrupa Birliğinde Arıtma çamurlarının toprakta değerlendirilmesi ile ilgili düzenlemelerin kaynağı 1986 yılında yürürlüğe sokulmuş olan Arıtma Çamuru Yönergesidir. Bu Yönergede toprağın korunması için gerekli asgari koşullar belirlenmekte ve ulusal tedbirler dikkate alınarak toprakla bulunabilecek ağır metallerin azami konsantrasyonları verilmektedir. En önemli dezavantaj üye ülkelerin miktar limitlerini seçmede veya limitlerini 10 yıllık bir dönemin ortalaması olarak saptayabilmede serbest bırakılmış olmalarıdır. Bu durumda toprakta bulunabilecek ağır

metal miktarlarında 10-100 katlık arıtma çamuru limit değerleri Çizelge 2.2’de listelenmiştir. AB ülkelerinde izin verilen arıtma çamuru miktarları Çizelge 2.3’de gösterilmiştir. (Lesschber,1987)



Çizelge 2.2. Avrupa ve diğer ülkelerde (mg/kg toprak) arıtma çamurunun değerlendirilmesinde zararlı maddeler için toprak limit değerleri

Ülke Parametre	AB-Değeri 86/278/EWG Ek 1 A	Belçika			Danimarka	Almanya		Finlandiya	Fransa
		Flandern		Wallonie		PH 5-6	PH>6		pH≥6
		Kumlu Arazi	Balçık Toprak						
Kurşun	50-300	50	300	100	40	100	100	60	100
Kadmiyum	1-3	1	3	1	0,5	1	1,5	0,5	2
Krom	100-150	100	150	100	30	100	100	200	150
Bakır	50-140	50	140	50	40	60	60	100	100
Nikel	30-75	30	75	50	1,5	50	50	60	50
Civa	1-1,5	1	1,5	1	0,5	1	1	0,2	1
Çinko	150-300	150	300	200	100	150	200	150	300
Arsenik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Florit	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Molibden	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selen	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ülke Parametre	İngiltere Toprak pH				İrlanda	İtalya	Lüksemburg		Hollanda Normal Arazi
	5,0-5,5	5,5-6,0	6-7	>7			Tavsiye edilen değer	Sınır Değeri	
Kurşun	300	300	300	300	50	100	50	300	85
Kadmiyum	3	3	3	3	1	1,5	1	3	0,8
Krom	400	400	400	400	-	-	100	200	100
Bakır	80	100	1,35	200	50	100	50	140	36
Nikel	50	60	7,5	100	30	75	30	75	35
Civa	1	1	1	1	1	1	1	1,5	0,3
Çinko	200	250	300	450	150	300	150	300	140
Arsenik	50	50	50	50	-	-	-	-	29
Florit	500	500	500	500	-	-	-	-	-
Molibden	4	4	4	4	-	-	-	-	-
Selen	4	4	4	4	-	-	-	-	-

Ülke Parametre	Norveç	İsveç	İsviçre	İspanya Toprak		Kanada ¹⁾	Yeni Zellanda	Amerika ²⁾
				pH<7	pH>7			
Kurşun	50	40	50	50	300	50	300	150
Kadmiyum	1	0,4	0,8	1	3	2	3	19,5
Krom	100	30	75	100	150	-	600	1500
Bakır	50	40	50	50	210	-	140	750
Nikel	30	30	50	30	112	18	35	210
Civa	1	0,3	0,8	1	1	0,5	1	8,5
Çinko	150	75	200	150	450	185	300	1400
Arsenik	-	-	-	-	-	7,5	-	20,5
Flot	-	-	400	-	-	-	-	-
Kobalt	-	-	25	-	-	15	-	-
Molibden	-	-	5	-	-	2	-	9
Selen	-	-	-	-	-	1,4	-	50
Talyum	-	-	1	-	-	-	-	-

¹⁾ Canada's Fertilizers Act ²⁾ EPA 503 Proposed Regulation

EC YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Çizelge 2.3. Arıtma çamurlarının tarımsal alanda değerlendirilmesinde ortaya çıkan zararlı maddeler için avrupa ülkelerinde izin verilen arıtma çamuru limit değerleri

Ülke Parametre	AB-Değerleri 86/278/EW G Ek I B	Belçika		Danimarka		Almanya		Finlandiya	
		Flandern Bölgesi	Wallonie Bölgesi	30.06.95 kadar	01.07.95 sonra	Toprak		Arıtma Çamuru	
						pH 5-6	PH>6	Normal	Düzeltilme
Kurşun	750-1200	600	500	120	120	900	900	100	150
Kadmiyum	20-40	12	10	1,2	0,8	5	10	1,5	3
Krom	1000-15000	500	500	100	100	900	900	300	300
Bakır	1000-1750	750	600	1000	1000	800	800	600	600
Nikel	300-400	100	100	45	30	200	200	100	100
Civa	16-25	10	10	1,2	0,8	8	8	1	2
Çinko	2500-4000	2500	2000	4000	4000	2000	200	15000	1500
Arsenik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Florit	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dioksin/Furan	-	-	-	-	-	100	100	-	-
PCB's	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-
AOX	-	-	-	-	-	500	500	-	-

Ülke Parametre	Fransa		İngiltere	İrlanda	İtalya	Lüksemburg		Hollanda	
	Referans değeri	Sınır değeri				Tavsiye edilen değer	Sınır değeri	31.12.94 kadar	01.01.95 sonra
Kadmiyum	800	1600	1000	750	750	750	1200	300	100
Krom	20	40	-	20	20	20	40	3,5	1,25
Nikel	1000	2000	-	-	-	100	1750	350	75
Bakır	1000	2000	-	1000	1000	1000	1750	450	75
Nikel	200	400	-	300	300	300	400	70	30
Civa	10	20	-	16	100	16	25	3,5	0,75
Çinko	3000	6000	-	2500	2500	2500	4000	1400	300
Cr+Cu+Ni+Zn	4000	8000	-	-	-	-	-	-	-
Arsenik	-	-	-	-	-	-	-	25	15
Florit	-	-	1200	-	-	-	-	-	-
Selen	100	200	-	-	-	-	-	-	-
Dioksin/Furan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB's	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ülke Parametre	Norveç	İsveç	İsviçre	İspanya Toprak		Kanada	Yeni Zelanda	Amerika	
				pH<7	pH>7			Yüksek Kalite	Diğerleri
Kurşun	100	100	500	750	1200	500	600	300	840
Kadmiyum	4	2	5	20	40	20	15	39	85
Krom	125	100	500	1000	1500	-	1000	1200	3000
Bakır	1000	600	600	1000	1750	-	1000	1500	4300
Nikel	80	50	80	300	400	180	200	420	420
Civa	5	2,5	5	16	25	5	10	17	57
Çinko	1500	800	2000	2500	4000	1850	2000	2800	7500
Arsenik	-	-	-	-	-	75	-	41	75
Kobalt	-	-	60	-	-	150	-	-	-
Molibden	-	-	20	-	-	20	-	18	75
Selen	-	-	-	-	-	14	-	36	160
Dioksin/Furan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB's	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AOX	-	-	5000	-	-	-	-	-	-

Çizelge 2.4 Avrupa ülkelerinde izin verilen arıtma çamuru değerlendirme miktarları

Ülke	Ortalama olarak yıllık değerlendirme değerleri [t (kuru)/ha/yıl]	Yıl olarak bir defaya mahsus olmak üzere verilen miktar [yıl]	Bir defaya mahsus olmak üzere değerlendirme değeri [lt (kuru)/ha]
Belçika	1-4	3	3-12 ¹
Danimarka	10	10	100
Almanya	1,66	3	5
Finlandiya	1	4	4
Fransa	3	10	30 ²
İrlanda	2	1	2
İtalya	2,5-5	3	7,5-15 ³
Lüksemburg	3	1	3
Hollanda	1-10	1	1-10 ⁴
Norveç	2	10	20
Avusturya	2,5	2	5 ⁵
İsveç	1	5	5
İsviçre	1,66	3	5
Amerika	10	100	

- 1) Yeşil alan 3-6, Tarım alanı 6-12 t (kuru)/ha/3 yıl.
- 2) Zararsız madde ihtiva etmeyen çamur 75 t (kuru)/ha/10 yıl.
- 3) Katyon değişim kapasitesi ve pH-Değerine bağlı olarak
- 4) Susuzlaştırma derecesi ve içindeki zararlı maddelere göre
- 5) Yeşil alan için, tarım alanı değerlerinin %50'si.

Tarımda evsel atıkların değerlendirilmesinde ekonomi ve ekoloji arasında bir hedef krizi yaşanmaktadır. Gübre (tezek vs.) ve değerlendirilebilir evsel atıkların (arıtma çamuru) bitkilere uygun ve toprak şartlarına göre ayarlanarak bitkilerin beslenmesinde kullanılırsa teorik ve ideal olarak normalde kullanılan mineral gübrelerden %80 ile %90 civarında tasarruf sağlamak mümkündür

Yapılan hesaplara göre, 5 ton kuru arıtma çamuru kütleğinde ortalama olarak 400-800 DM'lık bitki besini değeri taşımaktadır. Unutulmaması gereken nokta, tüm potansiyel zararlı madde paletinin çamurlarda toplu olarak değerlendirilmesidir. Tarımsal bağlamda ortaya çıkabilecek endişe ve korkuları giderebilmek için kapsamlı tedbirler alınmalı ve risk asgariye indirgenmelidir.

Örneğin:

- İnorganik zararlı maddelerin düzenli olarak kontrol altında tutulması
- Organik zararlı ve yabancı maddelerin kapsamlı analizi
- Kaynak analizleri, özellikle de çok yüksek oranda analiz gerektirmeyen zararlı ve yabancı madde içeren arıtma çamurlarının yeniden değerlendirilmesi.
- Zararlı madde muhteviyatı üst değerlerin %50 üstünde seyreden topraklarda daha sık analiz yapılması.
- Arıtma çamurlarında kullanılan uygulama tekniklerinin iyileştirilmesi.
- Uzun yıllar çamurda örtülü yüzeylerin rasgele numune analizleri yapılması suretiyle kontrol altında tutulması.
- Arıtma çamurlarında geri dönülmez zemin kirlenmesine yol açabilecek zararlı maddelerin asgariye çekilmesi
- Arazide yerleştirme yapılan yerlerde rasgele numune analizleriyle arıtma çamurlarının kontrol altında tutulması.
- Resmi beyanların güvenilirliğinin sağlanması
- Arıtma çamurlarının kurallara uygun yerleştirilmesi için verilen boşaltma izin ve evraklarının tavizsiz denetiminin gerçekleştirilmesi.

2.2. Arıtma Çamurlarının Yakılması

Şu ana kadar birikmiş olan arıtma çamurlarının tümünün tarımsal olarak değerlendirilmesi mümkün olmadığından depolamadan önce özellikle yakarak mineralleştirme gündeme gelmelidir. Çizelge 2.5’de arıtma çamurunun yakılmasıyla ilgili alternatifler listelenmiştir.

Çizelge 2.5. Arıtma çamurunun yakımıyla ilgili alternatifler

Teknoloji	Gerekli Arıtma	Toplama Alanı
Yakma		
- Evsel atık yakma tesislerinde	Sudan arındırma ya da kısmi veya tam kurutma	Bir/birkaç yerleşim alanı
- Çimento tesislerinde	Kısmi / tam kurutma	Bir/birkaç yerleşim alanı
- Asfalt karıştırma tesislerinde	Kısmi/tam kurutma	Bir kısmi alanda
- Santral ve eritme tesislerinde	Kısmi/tam kurutma (ara depolamada tam kurutma)	Bavyera’da 1 ya da iki tesis
Yakma		
- Katlı fırınlarda	Susuzlaştırma	Merkezi arıtma tesisi
- Yüzmeli fırınlarda	Susuzlaştırma veya kurutma	Merkezi arıtma tesisi
- Döner fırınlarda	Susuzlaştırma	Büyük arıtma tesisi

Çimento fabrikaları, asfalt karıştırma tesisleri ve santrallerdeki yakma olasılığı bu tesislerinin henüz yeterince kabulünü görmediği için gerçekleşmemektedir.

2.3. Arıtma Çamurunun Bertarafı ile İlgili Maliyetler

Çizelge 2.6'da alternatif bertaraf yöntemleri dahilinde maliyetler tahminleşmiştir. Bu verilerle en azından ortalama bir karşılaştırma yapmak mümkündür.

Çizelge 2.6 Arıtma çamurunun bertarafı ile ilgili maliyetler

	Açıklama	Maliyet DM/t(kuru çamur)	Maliyet DM/m ³ Atıksu
Tarımsal Değerlendirme			
a) Islak Çamur	3-300 DM/m ³ 5% (kuru)	60-600	0,02-0,15
b) Susuzlaştırılmış çamur	100-120 DM/ m ³ 25-30 % (kuru)	330-400	0,08-0,12
Depolama:			
a) Mevcut çöplük	25-200 DM/ m ³ 35% (kuru)	70-570	0,02-0,14
b) Planlanan çöplük	150-300 DM/ m ³ 30 % (kuru)		
Mono yakma	Kalıntı imhası, Susuzlaştırma, ön kurutma dahil	600-1200	0,15-0,30
Çöp tesislerinde yakma	24-40 % (kuru) Kalıntı imhası dahil	190-700	0,05-0,18
Taş kömürü termik santrallerinde yakma	90 % (kuru) Kalıntı imhası dahil	150-400	0,04-0,40
Kök kömürü termik santrallerinde yakma	25-40 % (kuru) Kalıntı imhası dahil	250-420	0,06-0,11
Susuzlaştırma:			
Beltfiltre preslerinde		120-210	0,03-0,05
İlaveli Beltfiltre preslerinde		170-250	0,04-0,06
Santrifüj			
Yüksek sıkıştırırmalı Santrifüj		100-190	0,03-0,05
Kireç şartlandırma oda filtre preslerinde		160-250	0,04-0,06
PE-Diyaframalı oda filtre preslerinde		180-260	0,05-0,07
		180-270	0,05-0,07
Mobil su alma		400-600	0,10-0,15
Kurutma	20-30 % (kuru), susuzlaştırma maliyetleri hariç	350-600	0,03-0,38
Mobil kurutma	Yaklaşık maliyet	En az 1000	En az 0,25

3.ATIKSU ARITMA ÇAMURLARININ KOMPOSTLAŞTIRILMASI

Literatürde yapılan incelemelerde, evsel atıksu arıtma çamurlarının kompostlaştırılması çalışmalarının hemen hemen tamamının havalı sistemlerle yapıldığı görülmüştür. Ayrıca atıksu arıtma çamurları ile evsel katı atıkların karıştırılarak kompostlaştırılması yerine çamurların tek başına kompostlaştırılması yönünde bir eğilim olduğu belirlenmiştir. (Öztürk vd.,2001)

Bu bölümde, öncelikle evsel atıksu arıtma çamurlarının karakteristikleri hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra ise bu çamurların tek başına havalı kompostlaştırılması anlatılmıştır.

3.1 Evsel Atıksu Arıtma Çamurlarının Karakteristikleri

Çamur, tesisten tesise, atıksuyun kaynağına (evsel, endüstriyel veya karışık) ve arıtmanın derecesine göre farklılık gösterir. .

Çamurun fiziksel ve kimyasal özellikleri kompostlaştırma işleminin planlanmasında önemlidir. Fiziksel özellikler, ekipman ve alan ihtiyacının seçimini etkiler. Kimyasal özellikler, maddenin kompostlaştırılabilirliğini ve son ürünün faydalı kullanım seçeneklerini etkiler. Dolayısıyla çamur karakteristiklerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

Kompostlaştırmada çamurun önemli fiziksel özellikleri: oluşan çamurun hacmi, yoğunluğu, ağırlığı ve içerdiği nemdir. Evsel Atıksu Arıtma Çamuru miktarları ve yoğunlukları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çamur hacmi, arıtılan birim atıksudan oluşan çamur miktarına bağlıdır. Hacim, kompostlaştırma yapılacak binanın, yerin ve çalışmanın gereksinimlerini belirleyecektir. Kompostlaştırma üniteleri, beş günden maksimum yedi güne kadar depolanan çamur hacminin yoğunluğu temel alınarak planlanır. Çamur ağırlığı, çamur içindeki katıların miktarıdır. Nem içeriği, susuzlaştırma derecesini ve kompost karışım oranını etkiler.

Atıksu arıtma tesisi çamurlarının tipik kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çamurun ve oluşan kompostun önemli kimyasal özellikleri: toplam katı madde oranı, uçucu katı madde oranı, pH, makronütrientler, mikronütrientler, iz elementler, ağırmetaller ve C/N oranı' dır.

Toplam uçucu katıların yüzdesi, toplam katıların, 600 °C de okside olan kısmıdır ve toplam katıların yüzdesi cinsinden ölçülür. Uçucu katıların ölçümü, çamurdaki organik maddeye mantıklı bir yaklaşım sunar. Çamurdaki uçucu kısım, kompostlaştırmayı gerçekleştiren mikrobiyal populasyon için ana enerji kaynağıdır. Uçucu katıların yüzdesi düşükse, enerji düşük olur ve havalı kompostlaştırmada termofilik sıcaklığa ulaşmak daha da güçleşir.

pH, mikrobiyal populasyonu kısıtlayarak kompostlaştırmayı etkiler. Ayrıca son ürünün yükleme oranlarını belirlemede de önemlidir, çünkü yüksek seviyelerdeki pH azot kaybına yol açar ve ağır metallerin bitkiler tarafından özümsemesini önler.

Çizelge 3.1 Evsel atıksu arıtma çamuru miktarları ve yoğunlukları

PROSES	YOĞUNLUK	KATI MADDE, kg / 10 ³ m ³	
		Aralık	Tipik Değer
Ön Çöktürme	1.02	108-169	151
Aktif Çamur (atık çamur)	1.005	72-96	84
Damlatmalı Filtre (atık çamur)	1.025	60-96	72
Uzun havalandırma (atık çamur)	1.015	84-120	96
Havalandırmalı Lagün (atık çamur)	1.01	84-120	96
Filtrasyon	1.005	12-24	18
Alg uzaklaştırması	1.005	12-24	18
Fosfor uzaklaştırılması için ön Çöktürme Havuzu Tankına Kimyasal Madde İlavesi			
Düşük Kireç (350-500 mg/l)	1.04	241-398	301
Yüksek Kireç (800-1600 mg/l)	1.05	602-1325	795

Çizelge 3.2. Atıksu arıtma tesisi çamurlarının tipik kimyasal özellikleri

Parametre	Çamur Tipi		
	Ön Çöktürme Çamuru		Aktif Çamur
	Aralık	Tipik Değer	Aralık
Toplam Katı Madde, %	2-8	5	0.83-1.16
Uçucu Katı Madde , % TKM	60-80	65	59-88
Azot, % TKM	1.5-4	2.5	2.4-5.0
Fosfor, % TKM	0.8-2.8	1.6	2.8-11
PH	5-8	6	6.5-8
Alkalinite , mg/l CaCO ₃	500-1500	600	580-1100

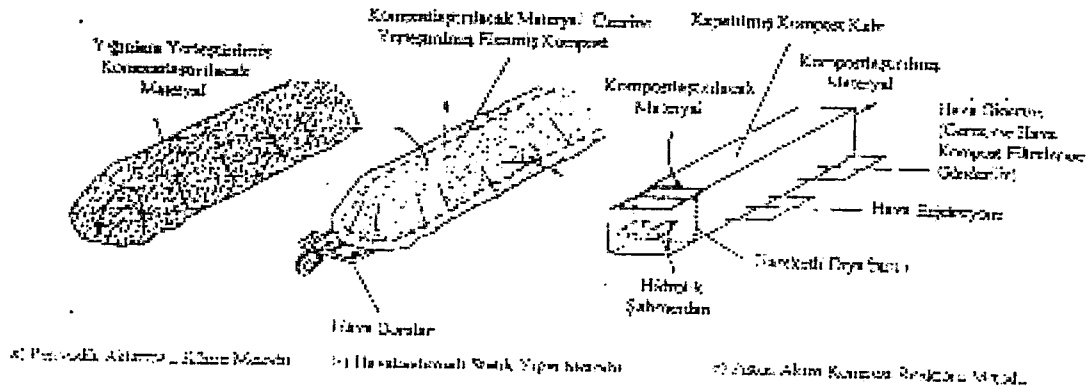
Temel makronütrientler arasında katı maddenin yüzdesi olarak ölçülen N, C, P, K vardır. Azot ve karbon C/N oranını değiştirerek mikrobiyal metabolizmayı etkiler. Karbon, toprağa katıldığında nütrient minerilizasyon hızını etkiler. Azot, fosfor ve potasyum, son ürünün organik gübre olarak değerini belirler. Mikronütrientler, bitkilerin gelişimi için gereklidir, fakat yüksek düzeylerde toksik olabilirler. Demir, mangan, bakır ve çinko çamurun toksisitesini ölçmede kullanılan ağır metallerdir. Aşırı bor, bitki köklerini yakabilir; yüksek düzeylerdeki klor, sülfür ve magnezyum tuzları bitki gelişimini engeller. Eğer toprak koşulları yüksek hızda özümsemeye elverişliyse, molibden, bitkiler için toksiktir. Aşırı düzeydeki iz elementler bitkiler için toksiktir. Kadmiyum, ağır metallerin en tehlikelisi, çünkü bitkiler için toksik olmadığı seviyelerde, insan ve hayvanlar için toksiktir. Bu yüzden tarlalardaki, yıllık maksimum uygulama oranları belirlenmelidir. Nikel, kurşun, bakır ve çinko, tarlalardaki yükleme oranlarının düzenlenmesi gereken ağır metallerdir. Yüksek konsantrasyondaki sodyum, bitki gelişimini geciktirir.

Çamurdaki ağır metal konsantrasyonu evsel atıksuyun endüstriyel atıksularla karışmış olup olmasına bağlıdır. Endüstriyel katkı ne kadar fazlaysa, çamurdaki metal konsantrasyonu o kadar çoktur. Konsantrasyon ayrıca, endüstriyel ön arıtmanın varolup varolmamasına da bağlıdır. Bakır, çinko ve kurşunun yüksek konsantrasyonları, boru tesisatından kaynaklanır.

C/N oranı, toplam katıların kuru ağırlığı olarak ölçülür. Çamur katılarında genelde bulunan değerler 8 ile 17 arasındadır. C/N oranının 25/1 veya 30/1 olması kompostlaştırma için idealdir. Çamur bu orana sahip olmadığı için kompostlaştırmayı hızlandırmak amacıyla karbon eklenmelidir.

3.2 Kompostlaştırma Metodları

Havalı kompostlaştırma metodları, statik ve dinamik(karıştırmalı) olmak üzere iki sınıfta toplanabilir. Dinamik metodda, kompostlaştırılacak madde, içeri oksijen girmesini sağlamak, sıcaklığı kontrol etmek, üniform bir ürün elde etmek için karıştırılır. Statik metodda, kompostlaştırılacak madde statik olarak kalır ve kompostlaştırılan madde arasına basınçlı hava verilir. En yaygın dinamik ve statik kompostlaştırma metodları, karıştırmalı ve aktarmalı yığın ile havalandırmalı statik yığın metodlarıdır. Kompostlaştırma işleminin bir reaktör içinde gerçekleştiği özel kompostlaştırma sistemleri, reaktörde kompostlaştırma (in vessel) sistemleri olarak bilinirler. Yığın (küme), havalandırmalı statik yığın ve reaktörde kompostlaştırma sistemlerinin genel şeması Şekil 3.1’de verilmiştir



Şekil 3.1 Havalı kompostlaştırma sistemleri

3.2.1 Yığın (Küme) Kompostlaştırma

Yığın kompostlaştırma, en eski kompostlaştırma metodlarından biridir. Yığın kompostlaştırma sistemleri, genelde 3.5-5.0 m eninde, 2.0 metre yüksekliğinde, uzun bir sıra halinde dizilmiş kompostlaştırılacak madde yığınlarından oluşur. Yığının boyutları, yığının aktarılmasında kullanılacak ekipmanlara göre belirlenir. Yığınlar, düzenli olarak alt üst edilerek gerekli karıştırma ve havalandırma sağlanır. Atmosferden sürekli pasif bir havalandırma olmasına rağmen asıl havalandırmayı yığının aktarılması sağlar. Yığın boyutları, üretilen ısının korunmasını ve yığının alt kısımlarına havanın girmesini sağlayacak şekilde olmalıdır.

Yüksek hızlı yığın sistemlerde 55°C sıcaklık sağlanmalı ve yığınlar, haftada iki defa aktarılmalıdır. Yığınların aktarılması ile kötü kokular açığa çıkabilmektedir. Tam kompostlaştırma, 3-4 haftada gerçekleştirilebilir. Aktarına periyodundan sonra kompost, olgunlaşması için ilave 3-4 hafta aktarılmadan bırakılmalıdır. Olgunlaşma periyodunda, kalan kompostlaşmayan maddeler, mantarlar ve aktinomisetler tarafından azaltılır.

3.2.2 Havalandırmalı Statik Yığın Kompostlaştırma

Havalandırmalı Statik Yığın Kompostlaştırma prosesi, esas olarak atıksu çamurlarının havalı kompostlaştırılması için geliştirilmiş olmasına rağmen bahçe atıkları veya ayrı toplanmış evsel katı atıkları da içeren çeşitli organik atıklara da uygulanabilir. Yığınların altına basınçlı havalandırma şebekesi veya egzoz boruları yerleştirilir. Tipik yığın yüksekliği 2-2.5 m'dir. İzolasyon ve koku kontrolü için, yeni oluşturulan yığının üzerine elenmiş kompost tabaka halinde serilir.

Etkili havalandırma kontrolü için her yığına ayrı blower temin edilebilmektedir. Hava temini için ayarlanabilir, oluklu, plastik, drenaj boruları kullanılır. Hava, biyokimyasal reaksiyonlar için gerekli oksijenin sağlanması ve yığın sıcaklığının kontrolü için verilir. Blowerların çalışması, belirli bir sıcaklık profiline uyması için, genellikle bir zaman ayarlayıcı veya bazı sistemlerde bir bilgisayar tarafından kontrol edilir. Malzeme, 3-4 hafta kompostlaştırılır, daha sonra 4 hafta veya daha fazla bir süre olgunlaştırılır. Son

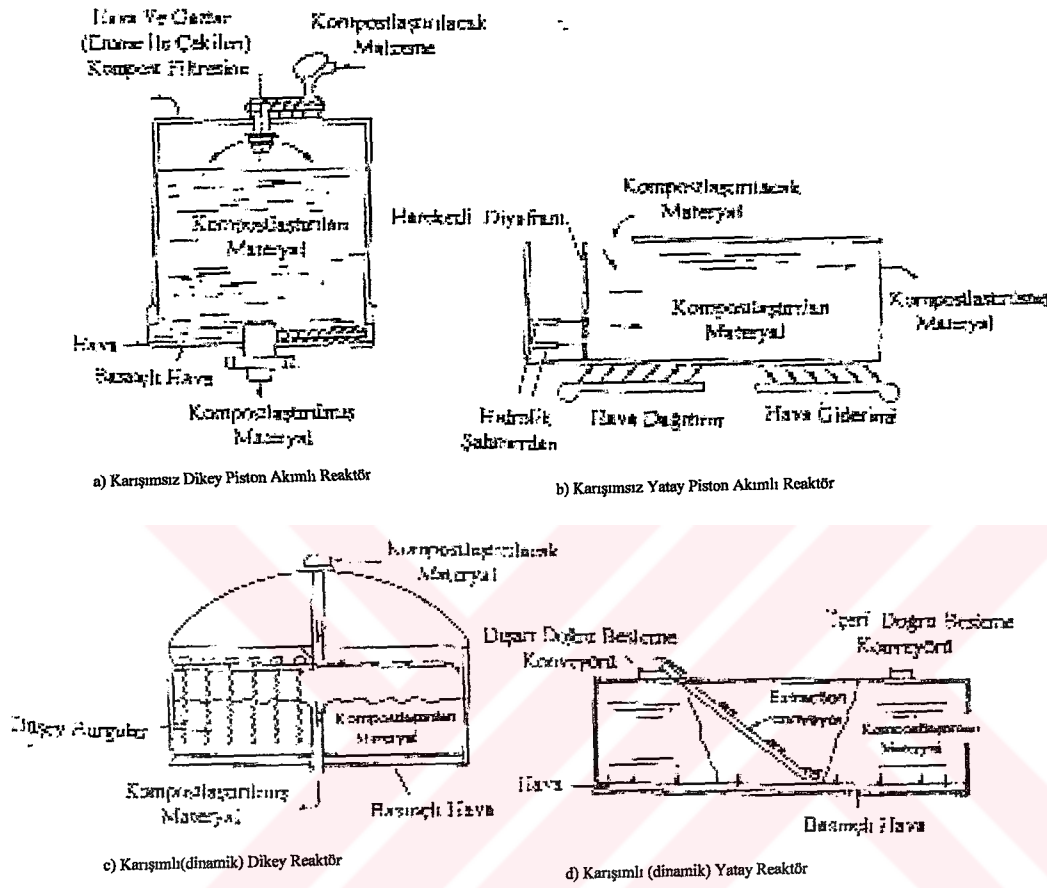
ürünün kalitesini geliştirmek amacıyla, olgunlaştırılan kompost, öğütülür ve elenir. Geliştirilmiş proses ve koku kontrolü için, yeni çalışmalarda, sistemin tamamı veya büyük bir kısmı örtülmekte veya kapatılmaktadır.

Susuzlaştırılmış atıksu arıtma tesisi çamuru kompostlaştırılırken, kompostlaştırılan maddeye porozite sağlamak amacıyla ağaç kabukları gibi su tutucu ve boşluk verici maddelere ihtiyaç vardır. Çamur ve ağaç kabuğu karışımı, havalandırma boruları üzerine yığın halinde yerleştirilir ve daha önceden kompostlaştırılmış ürün ile örtülür. Çamur kompost tesislerindeki kompostlaştırma süresi, Yüksek Hızlı Yığın prosesinde yaklaşık 3-4 haftadır. Kompostlaştırmadan sonra, kabuklar elenmek suretiyle ayrılır.

3.2.3 Kapalı Reaktör İçinde Kompostlaştırma Sistemleri

Kapalı reaktörde kompostlaştırma, bir konteyner veya kap içinde gerçekleştirilir. Bu sistemde reaktör olarak, düşey kuleleri, yatay dikdörtgen veya dairesel tankları ve dairesel dönen tankları içeren, her tür kap kullanılabilir (Şekil 3.2). Reaktörde kompostlaştırma sistemleri, piston akımlı ve dinamik(karıştırmalı yatak) olmak üzere başlıca iki sınıfa ayrılır. Piston akımlı sistemlerde, kompostlaştırılan kütle içindeki maddelerin birbirleri ile ilişkileri proses sırasında hep aynı kalır ve sistem bir içeri bir dışarı esasına göre çalışır. Dinamik bir sistemde, kompostlaştırılan malzeme, proses esnasında mekanik olarak karıştırılır. Şekil 3.2a, b' de piston akımlı reaktörlere, Şekil 3.2c'de ise dinamik sistemlere örnek verilmiştir.

Mekanik sistemler, hava akımı, sıcaklık, çözünmüş oksijen konsantrasyonu gibi ortam koşullarını kontrol ederek proses süresi ve kokuları minimize etmek için dizayn edilmektedir. Son yıllarda, proses ve koku kontrolü, düşük işçilik, daha az arazi ihtiyacı nedeniyle reaktörde kompostlaştırma sistemlerinin kullanımı artmıştır. Bu tür sistemlerde reaksiyon süresi, 1-2 hafta arasında değişir, bununla birlikte hemen hemen tüm sistemler, aktif kompostlaştırma periyodundan sonra 4-12 haftalık ilave olgunlaşmayı içermektedir.



Şekil 3.2 Kapalı reaktörde kompostlaştırma sistemleri

3.2.4 Havalı Kompostlaştırma Proseslerinin Karşılaştırılması

İyi işletilen yığın, havalandırılmalı statik yığın ve kapalı reaktörde kompostlaştırma proseslerinin performansları pratik olarak aynı olduğundan alternatif prosesler arasında seçim, yatırım ve işletme masraflarına, arazi uygunluğuna, işletme kolaylığına ve çevre problem potansiyeline bağlı olarak yapılır.

3.3 Kompost Kullanımı

3.3.1 Kompostun Değeri

Kompost üç değişik şekilde kullanılabilir: gübre, toprak şartlandırıcısı ya da karıştırma için temel.

Birçok gübre spesifik miktarlarda azot-fosfor-potasyum (NPK)' a ihtiyaç duymaktadır. En genel iki gübre 10-10-10 (N, P ve K' un her biri %10) ve 5-10-10' dur. Fakat çamur ve kompost nadiren bu kadar yüksek konsantrasyonlarda nütrientlere sahiptir. Komposttaki NPK içeriği yeterince yüksek olmadığı için, yasal olarak gübre adı altında satılamaz. Gübre olarak satılabilmesi için, kompostun bir veya üç elementin hepsiyle güçlendirilmesi gerekmektedir.

Sadece kompost kullanarak toprağa yeterli nütrientleri sağlamak için, bazı örneklerde çok büyük yükleme oranları vardır. Bu da nakliye ve işleme masraflarına bağlı olarak ekonomik açıdan pek mümkün değildir. Bir çifçinin, aynı nütrient değerini sadece 1000-1120 kg/ha inorganik gübre kullanarak alacağı yerde, 22-220 t/ha oranlarında kompost kullanılması gerekir.

Kompostun en yüksek değeri, toprak şartlandırıcısı olduğundadır. Kompost, toprağın fiziksel özelliklerini şu şekilde geliştirir:

Bütünlüğü artırma: Kompost, toprak parçalarının birleşme eğilimini artırır.

Su tutma kapasitesini artırma : Kumlu toprağa koyulduğu zaman, toprağın su tutma kabiliyetini artırır.

Geçirgenliği geliştirme: Killi toprak gibi ağır toprağa uygulandığında, toprağın daha gevrek, kolay ufalanabilir ve gevşek hale gelmesini sağlar. Kompost yoğunluğu azaltır, su süzülmesini artırır, böylece göllenmeyi, yağmur suyunun emilmeyerek toprak üstünde kalmasını ve erozyonu en alt düzeye indirir.

Havalandırmaya yardımcı: Toprak gevşekleştii zaman, gaz değişimi kolaylaşır, oksijen köklere ulaşır ve CO₂ dışarı yayılır, böylece kökün gelişimi sağlanır.

Yüzey kabuğunu azaltma: Kompost, toprak yüzeyini aşırı ısınmadan ve toprak neminin buharlaşmasından korur. Su ısıtıldığında ve yükseldiğinde beraberinde çözünmüş mineral tuzlarını da taşır. Bu tuzlar birikirler ve su buharlaştığında, yüzey üstünde bir kabuk oluşturur.

Kompost karıştırılabilir ve gübre olarak sunulmak için nütrientlerle zenginleştirilebilir; ayrıca ticari gübrelere temel olarak kullanılabilir. Elekten geçirme işleminin kalitesine göre değişik kompost yapıları elde edilebilir. Bunun sonucunda geniş bir kullanım sahası doğar. İyi yapıdaki kompost, bahçelerde kullanılır. Daha kaba olanları toprak iyileştiricisi olarak kullanılır.



Çizelge 3.3 Havalı kompostlaştırma proseslerinin karşılaştırılması (Tchobanglous, 1991)

Karşılaştırma Kriteri	Havalı Kompostlaştırma Prosesi		
	Yığın	Havalandırma Yığın	Reaktörde, Basınçlı Havalandırma Karıştırmasız (Piston Akımlı)
Yatırım Maliyeti	Genellikle düşük	Küçük sistemlerde genellikle düşük, büyük sistemlerde yüksek olabilir.	Genellikle Yüksek
İşletme Maliyeti	Genellikle düşük	Yüksek (Nemden gelen maddelerin kullanıldığı çamurlu sistemlerde)	Genellikle Düşük
Arazi İhtiyacı	Yüksek	Yüksek	Düşük fakat yığında kutuma veya olgunlaştırma gerekirse yüksek olabilir
Havanın Kontrolü	Basınçlı havalandırma kullanılmadığında sınırlı	Çok İyi	Çok iyi
İşletme Kontrolü	Aktarma frekansı, aşı olarak kompost ilavesi	Hava akımı hızı	Hava akımı hız, aşı olarak kompost ilavesi
Sıcak ve Soğuk İklima Duyarlılık	Kapalı olmadıysa duyarlı	Sıcak ve soğuk iklimlerde uygulanabilir	Sıcak ve soğuk iklimlerde uygulanabilir
Koku Kontrolü	Beslenen atığa bağlı, koku kontrolü zor	Koku kontrolü zor ama kontrol edilebilir	Potansiyel olarak iyi
Potansiyel İşletme Problemleri	Kötü iklimden etkileniyor	Hava akımı hızının kontrolü kritik, hava temininde devre potansiyeli var	Hava temininde kısa devre potansiyeli var , mekanik olarak sistem kompleks olabilir

3.3.2 Kompostun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kompostun önemli fiziksel özellikleri:

- Doku yapısı parçacığın boyutlarına dayanır ve farklı kullanımların planlanmasında önemlidir.
- Nem içeriği malzemenin işlenmesinde önemlidir.
- Yoğunluğu ağırlığın hacme oranı, nakliyat ve işleme masraflarının belirlenmesinde önemlidir.
- Su tutma kapasitesi toprağın şartlandırılmasında çok önemlidir.
- Katyon değişim kapasitesi (K.D.K): Kompost, toprağın katyon değiştirme kapasitesini geliştirir.
- Bitiş derecesi kompostun olgunluğunun ve stabilizasyonunun bir ölçüsüdür. Birçok yolla ölçülür. Bunlar arasında; sıcaklık düşmesi, tekrar ısınma kapasitesi, patojenlerin yok edilmesi ve redoks potansiyeli (oksijen tüketimini gösteren bir kimyasal aktivite ölçüsü sayılabilir).

Kompostun önemli kimyasal özellikleri:

- Makronütrientler ve mikronütrientler, ağır metal ve tuz içeriği: Kompostun kimyasal kompozisyonu, çamurun olduğu yere direkt bağlıdır. Kompostun ağır metal içeriği çok önemli bir konudur. Çünkü bitkiler, dokularında iz element biriktirme özelliklerine göre değişiklik gösterirler. Bitkilerin yapraksı kısımlarındaki metal konsantrasyonu, tohumlara ve köklere göre genellikle daha fazladır. Verilen elementin yükselmesi, o elementin toprağa katılan miktarıyla orantılı olarak artar; en sonunda da bitkinin gelişimini engelleyecek toksik konsantrasyona ulaşır. Ekinlerde, Mo, Se, Cd gibi yeterince yüksek konsantrasyonlarda biriken elementler, insanlar ve hayvanlar için toksiktir.
- pH : metal bileşiklerinin çözünürlükleri, kompostun uygulandığı toprağın pH' ı ile belirlenir. Metal tuzları, asidik topraklarda, bitkinin özümsemesine uygun şekilde çözünmüş formda bulunurlar. Nötr ve alkali pH seviyelerinde, birçok element ve özellikle de ağır metaller çözünmeyen bileşiklere dönüşür. Bu formda, bitkilere daha az etkilidirler ve yeraltı suları için daha az kirlilik riski taşırlar. Yani, metal

yükselmesi ve yeraltı suyu kirliliği tehlikeleri, düşük pH'daki bir toprakta en fazladır.

Ağır metallerin, yeraltı sularını kirletme olasılıkları, farklı elementlerin hareketliliğine bağlıdır. Hareketlilik hızları, toprağın karakteristiğine bağlıdır. Örneğin, Mo ve Si, nötr ve alkali topraklarda çok hareketli olabilirken; B, daha geniş pH seviyelerinde yani daha fazla toprakta hareketlidir. Yeraltı suyuna ulaşan iz elementlerinin tehlikesi, yüksek su seviyelerine sahip kumlu topraklarda en fazladır.

- Karbonun azota oranı: Kompostun C/N oranı, kompostun ekin üretimindeki yararlılığının önemli bir göstergesidir. Eğer C/N oranı çok yüksekse, azot, büyümeyi engelleyip, klorlu bir ortam yaratarak bitki kullanımı için uygun olmayacaktır. Kompostun azotu serbest bırakma hızı yavaştır, çünkü organik maddenin metabolik bozulması sırasında, N bakteriyel protoplazmaya dönüşür ve çözünmez. Ekinlerin ondan yararlanabilmesi için, komposttaki azotun, organik forma dönüştürülmesi gerekir. Bakteri ölüp ayrıştığında, N, amonyuma (NH_4) dönüşür. Amonyum, nitrifikasyon süreciyle, nitrit ve nitrata okside olur. Ayrışmadan sorumlu bakterilerle, bitki kökleri arasında N için bir yarış vardır. Bakteriler, N özümsemeye daha etkilidirler ve bunu bitkiden alırlar. Bu nedenle, eksikliği kapatmak için yeterli azot sağlanmalıdır. (Öztürk vd., 2001)
- Organik madde: Kompostun, iyi bir toprak şartlandırıcısı olabilmesi için organik madde yönünden zengin olması gerekir.
- Mineralizasyon oranları : Organik maddenin ayrışma hızına bağlıdır.
- Patojenler: Herhangi bir kullanım için dağıtılmadan önce, kompostun patojenlerden temizlenmesi gerekir.

3.3.3 Kompostun Kullanım Alternatifleri

Kompost, kalitesine göre en yüksekten, en düşüğe doğru şu amaçlar için kullanılmaktadır

- Gıda uygulamaları
 - (a) Yiyecek ve yem için bahçe ürünleri
 - (b) Yiyecek ve yem için tarla ürünleri
 - (c) Meyve ağaçları

Yüksek kalitede kompost evsel kullanım için seçilir. Kompost burada sürekli aynı araziden gelen ekinleri yiyen aynı insanlarla doğrudan etkileşimdedir. Kötü işletme ya da kompostun sürekli aynı alana uygulanması yüzünden, bazı toksik elementlerin oluşması olasıdır. Bu, zirai kullanımlarda o kadar önemli değildir. Çünkü kompostun etkileri , alan boyunca seyrelir ve ürün geniş nüfuslara dağıtılır. Ev ve bahçe kullanımlarında, nütrient içeriği çimenlik meydanların bakımı için olandan daha yüksek olmalıdır. Yemek için üretilen ekinler, yemek için üretilmeyenlere oranla çok daha dikkatli kontrol edilmelidir. Yapraklı ekinler de, diğerlerine göre daha iyi kontrol edilmelidir, çünkü ağır metaller genellikle bitkilerin yapraklı dokularında birikir.

- Gıda yetiştirilmeyen uygulamalar

(a) Seralar ve fidanlıklar; Bunlar, kompostu, filiz yatakları hazırlamak ve saksılardaki toprakları karıştırmak için kullanır. Ayrıca, poşetlenmiş kompostu, çiçek yetiştirme ve zirai amaçları için daha küçük kullanıcılara da satabilirler, ör: ev sahipleri.

(b) Yenilmeyen türdeki ürünler, ör: tütün ve pamuk

(c) Golf sahaları ; sahaya uygulamak için ince elekten geçirilmiş komposta, çimenli yollar ve peyzaj için daha kaba malzemeye ihtiyaçları vardır.

(d) Peyzaj çalışmaları

(e) Çiftçiler; çiftçiler ürünleri hasat ederken sürekli organik madde ve toprak tüketirler, bu yüzden, kompost, kaybedilen toprağın yerini alması açısından değerlidir.

(f) Mezarlıklar

(g) Endüstriyel park alanları

(h) Gübre temeli

- Kamu işleri

(a) Çocuk bahçeleri

(b) Belediye parkları

(c) Halka açık alanlar: Kompost park yerlerinde ve rekreasyon alanlarında üst örtü toprağı yerine veya düzenli bakım malzemesi olarak uygulanabilir.

(d) Yol kenarları ve orta şeritler: Cadde bakım ekibi tarafından yaprak, saman tabakası kullanılır, ama onun yerine kolaylıkla kompost kullanılabilir, çünkü yokuşlarda ve

kesişmelerde, toprağı tutması açısından yararlıdır. Kompost, aynı zamanda, bir bakım programında da kullanılabilir.

- Toprak ıslahı

(a) Erozyona uğramış veya organik açıdan fakir toprakların yeniden bitkilendirilmesi: erozyona maruz kalmış alanlarda, kompost, kaybedilmiş organik maddeyi sağlar ve toprağın kendini yenilemesine yardım eder. Kompost, bitkilerin yeniden gelişimi için uygun bir alt tabaka oluşturur ve erozyonu durdurur. İçme suyu kirliliğı problemlerini önlemek için iyi kalitede bir kompost kullanılmalıdır.

(b) Büyük inşaatlardan sonra ıslah etme: Kompost bu amaç için mükemmel bir malzemedir, çünkü erozyonu kontrol eder ve inşaat faaliyetleriyle sıkışmış toprak yapısını geliştirir.

(d) Cadde eğimlerinin ve demiryolu veya yol geçen arazilerin ıslahı

(d) Kum ve çakıltası yataklarının ıslahı: Kum ve çakıltası yataklarının ıslahı büyük miktarlarda kompost gerektirdiğinden, malzeme, yeraltı su seviyesine çok yakın yerleştirilecektir. Yeraltı suyunun kirlenmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

(e) Kömür ocağı arazilerinin ıslahı: Kömür ocağı arazilerinin ıslahında, kompost, üstörtü olarak kullanılabilir. Kompost toprak erozyonunu durduracak ve bitki örtüsünün tutunması için gereken desteğı sağlayacaktır. Bu tip ıslahta yükleme oranları yüksektir ve malzemenin nakliyesine bağılı olarak da pahalıdır.

- Toprak Dolgular

(a) Örtü malzemesi olarak: Toprakla karıştırılmış kompost, toprak dolgularda, üstörtü toprağı yerine geçecek örtü malzemesi olarak kullanılabilir. Eğer aşırı bir kompost üretimi yoksa, bu yararlı malzeme harcanmış olacaktır. 10 -15 cm kalınlıktaki örtü malzemesinin 0,4 hektarlık bir alana yayılması için 270 - 400 ton komposta ihtiyaç vardır.

(b) Katı atıkların düzenlenmesinde: Eğer kompost için hiçbir yararlı kullanım alanı yoksa, atık madde olarak toprak dolguda kullanılır.

- Perakende satıcılar

Başka bir olasılıkta, kompostun, paketlenme ve dağıtımından sorumlu bir perakendeci tarafından küçük ev kullanıcılarına pazarlanmasıdır.

3.3.4 Kompost Kullanımında Kısıtlamalar

Kompost kullanımında kısıtlamalar çok çeşitlidir fakat yerin özelliklerine ve halkın kabulüne göre şu şekilde gruplandırılabilir:

1. Fiziksel kısıtlamalar: Uygulanacak kompostun kalite ve miktarı yerin özelliklerine bağlıdır. Eğim, en yakın su akışına olan uzaklık ve su seviyesinin derinliği gibi özellikler ve pH, geçirgenlik, erozyon, emilmeyip toprak üstünde kalan yağmur suyu potansiyeli gibi toprak özellikleri, kullanılacak kompostun miktarındaki kısıtlamaları belirler.

2. Malzeme kullanım kısıtlamaları: Nakliye giderleri, kullanım sahasına olan uzaklığa ve dağıtım yapılacak, paketlenmiş veya iri malzemenin hacmine bağlıdır. Büyük miktarlardaki kompostun uygulamasında da uygun ekipmana ihtiyaç vardır.

3. İdari kabul: Kompostlaştırma sahasının yöneticisi, pazarlamadaki güçlükleri en aza indirecek ve malzemenin sahadan mümkün olduğu kadar çabuk gönderilmesini sağlayacak kullanım seçeneğini belirleyecektir. Park alanı ıslahı gibi büyük miktarda malzeme gerektiren kullanımlara öncelik verecektir. Kompostlaştırmanın başarısı, son ürünün uygun kullanımla eşleştirilmesine bağlıdır.

4. Kullanıcı kabulü: Çiftçiler, aynı sonucu alabilmek için ticari gübreden çok daha fazla miktarda kompost kullanmalıdırlar. Çiftçi, ne kadar çok malzeme kullanırsa o kadar çok zaman harcar ve masraf yapar. Başka bir problem de, toplum, insan atıklarından türediği için ilk başta kompostu kabul etmekte isteksizdir. Atığın, mikroorganizmalar tarafından bedensel kütleye dönüştüren nütrientlerin kaynağı olduğunu belirtmek gerekir. Bu mikroorganizmalar daha sonra üretilen humusun büyük bir bölümünü oluşturur.

Kompostlaştırma işleminin başarısı sadece nakit potansiyeli açısından ölçülmemelidir. Topluma olan faydasını, atık bertarafı probleminin ele alınması açısından değerlendirmek gerekir. Başarıyla yönetilen bir süreç sonunda yararlı bir kaynağa

dönüşmesi çevreye hiçbir zarar getirmez. Ürün yüksek maddi değere sahip olmayabilir ve hatta sermaye ve işlem maliyeti açısından zararlı sonuçlanabilir. Buna rağmen işlem bir kayıp olarak değerlendirilmemelidir. Diğer atık bertaraf metotları daha pahalıya mal olabilir ve çevre için de daha tehlikeli olabilir.

3.4. Kompost Katkısı

Kompost katkısı, karışımın hava akımı karakteristiğini geliştirmek için çamura eklenen bir maddeyi ifade eder. Karışımın nem içeriğini ve C/N oranını da etkilediği halde, burada hava akımı karakteristiklerini geliştiren bir malzeme olarak incelenmiştir. Kompost katkısı, fiziksel olarak ayrılan çamur parçacıklarının biraraya gelmelerini engelleyerek yapının yeni bir madde oluşturmasını sağlar. Bir malzemenin kompost katkısı olarak kullanılabilmesi için birçok ölçüm yapılması gerekir: porozite, sertlik ve biyolojik ayrışma oranı incelenip belirlenmelidir.

Sertlik, karışımın işlenebilir yükseklikte bir yığın haline geldiği zaman, yapının çökmesini önleyecek bir özelliktir. Ahşap yongaları, mükemmel yapısal özellikleriyle, kompost katkısına örnektir. Nem içermelerine rağmen fiziksel şekillerini korurlar. Bitkilerin yapraklar ve yumuşak, esnek gövde gibi bazı kısımları, ıslak olduğunda mahsul verir ve gözenek boşluğunun büyük bir bölümünü kaybederler. Ayrışma oranı, elekten geçirme işlemine gerek olup olmadığını belirleyen bir özelliktir. Kompost katkısının ayrışma oranları, sıfırla daha yüksek değerler arasında değişir; parçalanmış lastiğin ayrışma oranı sıfır olduğu için biyolojik olarak ayrışamaz kabul edilir. Bitkilerin yumuşak kısımları yüksek ayrışma hızlarına sahiptir ve eğer atıksu çamuruyla karıştırılırlarsa, karşılaştırılabilir oranda ayrışırlar. Bu yüzden elekten geçirme işlemine gerek duyulmayabilir. Ahşap yongaları ortalama bir ayrışma hızına sahiptirler.

Eğer kompost katkısı, kompost yığını içinde birtakım kimyasal ve fiziksel değişimlere maruz kalırsa, biyolojik olarak ayrışamayan malzemenin kompost katkısı olarak kullanılması uygun olmaz. Metaller okside olduklarından, komposta ağır metal eklerler. Yırtılmış, eski araba lastikleri bile zamanla parçalara ayrılıp dağılmaya başlayarak, komposta istenmeyen bileşenler katabilirler.

Kompost katkısı olarak kullanılan bazı maddeler

- 1.Ahşap Yongaları
- 2.Sebze Atıkları
- 3.Kesilmiş Tahta Atıkları
- 4.Parçalanmış Araba Lastikleri
- 5.Elenmiş Kompost
- 6.Saf Çamur Kompostu



4. İSTANBUL'DAKİ EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİ VE BUNLARIN İŞLETME MALİYETLERİ

İstanbul'da İSKİ bünyesinde

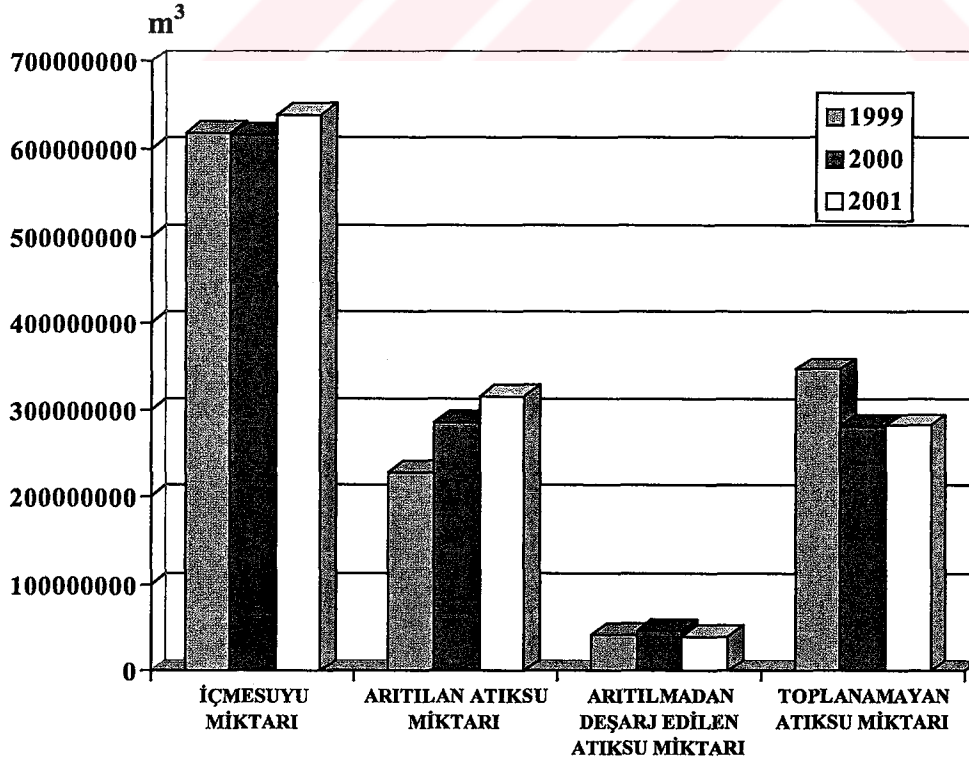
4 adet Atıksu Ön Arıtma Tesisi

2 adet Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

2 adet Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisi olmak üzere toplam 8 adet evsel atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Arıtma tesislerine ait akış şemaları Ek1-2-3-4-5-6-7ve 8'de gösterilmiştir. Arıtılan atıksu miktarı ile direkt olarak arıtılmadan deşarj edilen atıksu miktarları yıllara göre Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 1999,2000 ve 2001 Yıllarında Arıtılan Atıksu ile Direkt Deşarj Edilen Atıksu Miktarları (İSKİ,1999,2000,2001)

YILI	İSTANBUL'A VERİLEN İÇMESUYU MİKTARI (m ³)	ARITILAN ATIKSU MİKTARI (m ³)	ARITILMADAN DİREKT DEŞARJ EDİLEN ATIKSU MİKTARI (m ³)	TOPLANAMAYAN ATIKSU MİKTARI (m ³)
1999	617.811.788	229.124.157	42.277.989	346.409.642
2000	615.327.928	286.751.721	46.789.181	281.787.026
2001	639.232.943	316.260.975	40.608.413	282.363.555

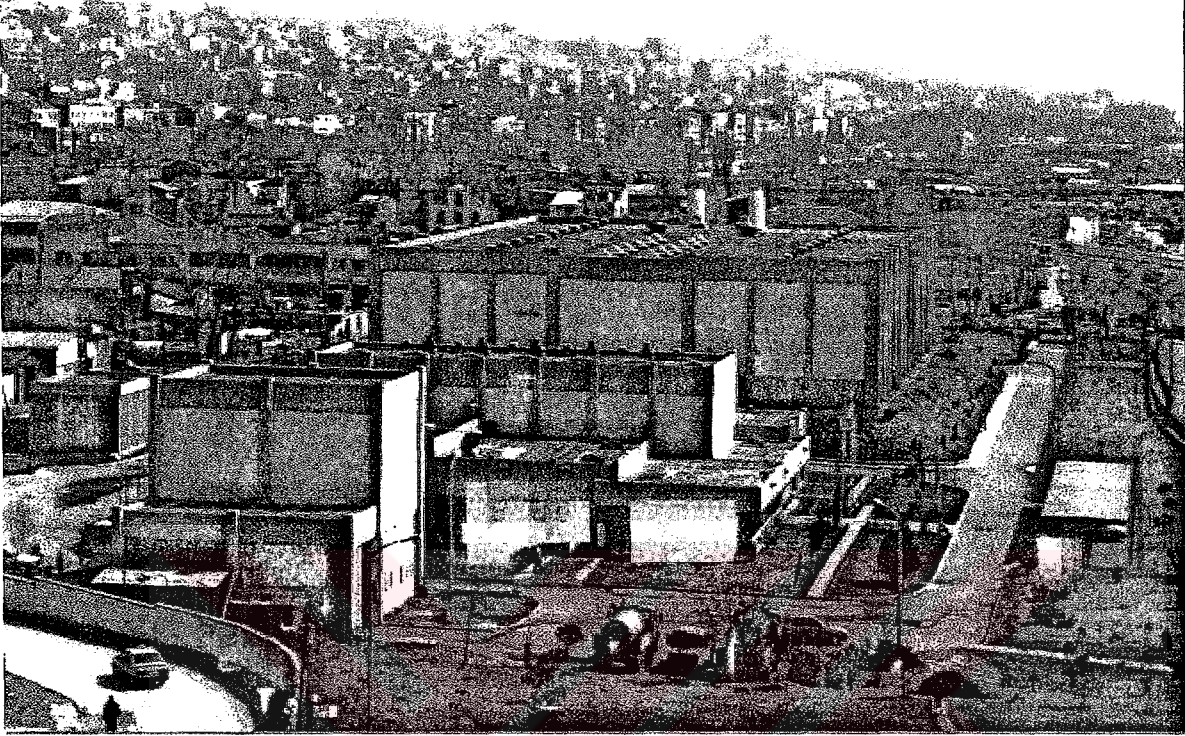


Şekil. 4.1. 1999,2000 ve 2001 yıllarında arıtılan atıksu ile direkt deşarj edilen atıksu miktarları



Sekil 4.2 İstanbul'daki Atıksu Arıtma Tesisleri

4.1 Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesisi



Şekil 4.3 Yenikapı atıksu ön arıtma tesisi görünüşü

2.5 milyon nüfusun ihtiyacını karşılayacak şekilde yapılan tesisin azami kapasitesi 864.000 m³/gündür. 1988 yılında hizmete alınmıştır. Tesis, Zeytinburnu Terfi Merkezi'nin hizmete sokulmasından önce yıllarca % 10 kapasite ile çalıştırılmıştır. Tesiste biri yedek 5 pompa mevcutken, bunlardan sadece bir pompa 10 saat süre ile işletilebilmiştir. Zeytinburnu Terfi Merkezi'nin 1995 yılı sonunda hizmete alınması üzerine arıtma tesisinin günlük kapasitesi 160.000 m³ 'e, yani %18'e çıkarılmıştır. Mevcut arıtma tesisinin duvarın kenarındaki Namık Kemal Caddesi'nden geçen ve 3 m çapında olan kanalizasyon kollektöründen gelen atıksular senelerce bitişiğindeki arıtma tesisinden geçirilmeden doğrudan denize akıtılmıştır. 22.07.1996 tarihinden itibaren arıtma tesisine aktarılmasına başlanan bu kollektörün atıksularının ilavesi ile mevcut arıtma tesisinin kapasitesi günde 216.000 m³ 'e, yani %25'e yükseltilmiştir. Bu kollektör suyunun arıtmaya aktarılabilmesi için bir adet savak yapısı, bir adet muayene bacası, 52.5 m uzunluğunda 1600 mm çapında, 10 m. derinlikte boru döşenmesi gerçekleştirilerek bir adet şaft ve çift sıra 1200 mm çaplı boru döşenmiştir. Deniz seviyesinin 1.3 m altındaki kollektörden yine deniz seviyesinin 3.7 m altındaki Fatih

Tüneli'ne bağlantıları yapılmıştır. Zeytinburnu Atıksu Terfi Merkezi ile inşaatı tamamlanan Silahtarağa Atıksu Terfi Merkezi Alibey Deresi Kollektörleri ve Kağıthane Sağ Sahil Kollektör Atıksuları'da Yenikapı Tesisi'ne iletilmektedir. Bu üç ana koldan gelen atıksular, birleştirme yapısında karıştıktan sonra mekanik olarak atılır.

Arıtma Tesisin Üniteleri:

- Kaba Izgara
- Giriş Terfi Merkezi
- İnce Izgara
- Havalandırmalı Kum Tutucu
- Çıkış Terfi Merkezi

Neticede mekanik olarak temizlenen atıksular önce 2200 mm çaplı , 2400 m uzunluğundaki iki boru hattından geçerek , difüzörlere ulaşmaktadır. Difüzörlerden çıkan atıksular 1/50 oranında , 1 hacim atıksu- 50 hacim deniz suyuyla seyreltilerek , Ahırkapı açıklarında Boğaz'ın takriben 60 m derinliğinde dip akıntısına deşarj edilmektedir.

2001 Yılına Ait İşletme Maliyeti Hesabı

Atıksu Debisi $Q = 375.823 \text{ m}^3 / \text{gün} = 137.175.395 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

Yıllık Elektrik Tüketimi : 7.776.880 kwh

Tesiste Çalışan Personel : 62 kişi

Yönetici : 2 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 2.000.000.000 TL / ay

Teknik Eleman : 2 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 2.000.000.000 TL / ay

Tesis Operatörü : 8 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 8.000.000.000 TL / ay

Memur : 6 kişi x 650.000.000 TL / ay = 3.900.000.000 TL / ay

İşçi : 40 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 40.000.000.000 TL / ay

Güvenlik Memuru : 4 kişi x 650.000.000 TL / ay = 2.600.000.000 TL / ay

Elektrik Tüketim Tutarı = 7.776.880 kwh / yıl * 80.000 TL / kwh

= 622.150.400.000 TL / yıl

Personele Harcanan Miktar = 58.500.000.000 TL / ay * 12

= 702.000.000.000 TL / yıl

Kimyasallar İçin Harcanan = 10.000.000.000 TL / yıl

Çamur Nakli İçin Harcanan = 20.000.000.000 TL / yıl

Peyzaj İçin Harcanan Miktar = 5.000.000.000 TL / yıl

Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar = 86.000.000.000 TL / yıl

TOPLAM HARCANAN MİKTAR = 1.445.150.400.000 TL / yıl

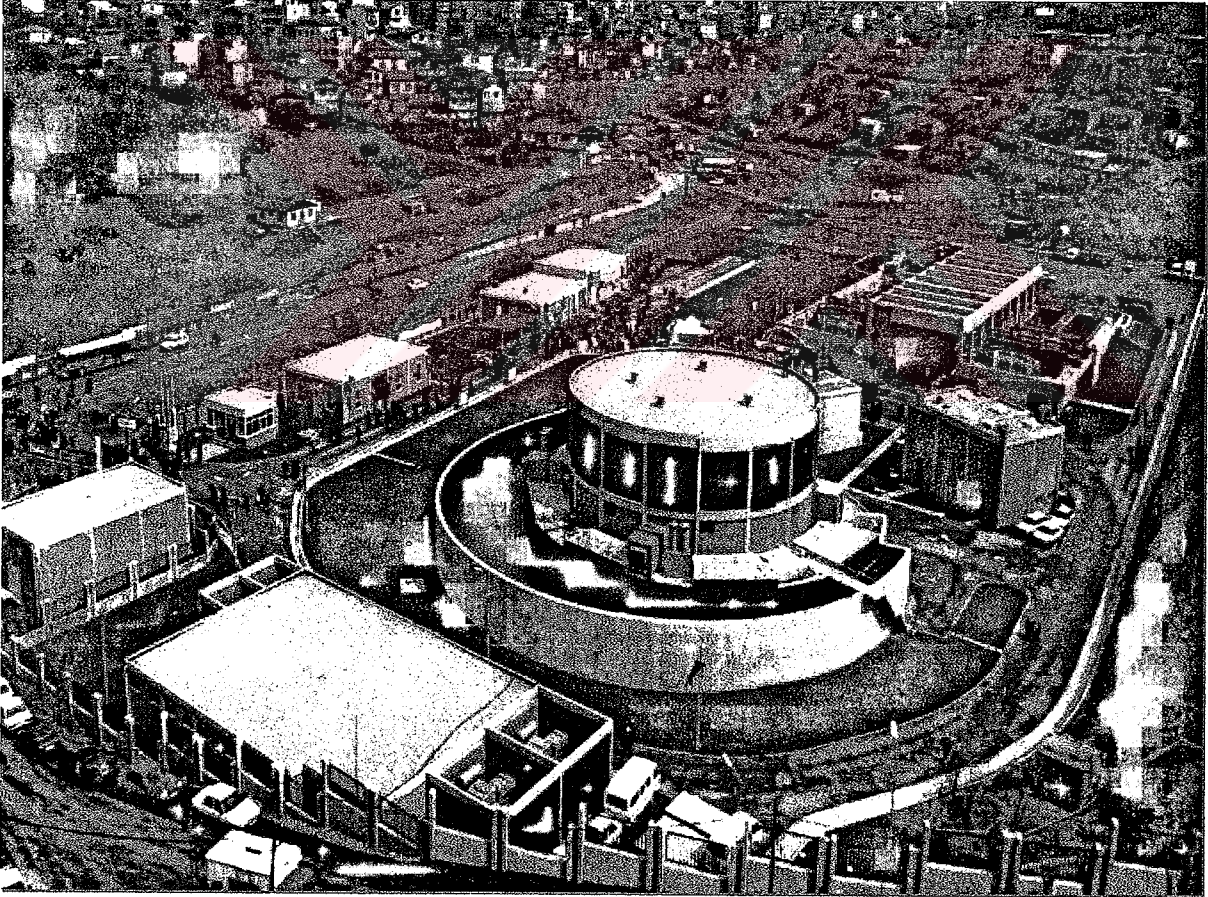
Atıksu Arıtım Maliyeti = 1.445.150.400.000 TL / yıl / 137.175.395 m³ / yıl
= 10.535 TL / m³

Not : Hesaplamalarda 2001 yılı için Ortalama Dolar 1.500.000 TL olarak kabul edilmiştir.

Yönetici, Teknik eleman ve Tesis Operatörü 1. 000.000.000 TL / ay ; Memur ve Güvenlik Memuru 650.000.000 TL / ay

Elektrik Birim (Arıtma Tesisleri İndirimli) Fiyatı : 80.000 TL / kwh (KDV hariç)

4.2 Baltalimanı Atıksu Ön Arıtma Tesis



Şekil 4.4 Baltalimanı atıksu ön arıtma tesisinin görünüşü

Kemerburgaz , Kağıthane, Şişli, Beyoğlu, ve Sarıyer ilçeleri yerleşim bölgelerindeki atıksular kollektörler ve tüneller vasıtasıyla toplanıp, mevcut Baltalimanı Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Tesislerinde arıtılacaktır. Tesislere atıksular Kemerburgaz

Kuzey Haliç'ten açık kazı kollektörleri ile başlayıp daha sonra tüneller ile getirilmektedir. Kapasitesi gelecekte genişletilebilecek şekilde projelendirilmiş olup, 20.000 m² alana kurulmuştur. 1.kademede ortalama 625.000 m³/gün (1,5milyon eşdeğer nüfus) debisindeki evsel atık suları ön arıtmaya tabi tutabilecek kapasitededir. Deniz Ekolojisinin Korunması, kıyı kesiminin görünümünün bozulmaması ve deniz suyunun yüzmeye maksatlı kullanılabilmesi için atıksular arıtma işleminden geçirildikten sonra cazibe ile 2200 mm ve 2x2000 mm kara boru hattı ve deniz deşarj hattı ile Boğazın -74 m derinliğine deşarj edilmektedir. Tesisin devreye girmesiyle bölgenin kıyı kesimindeki mevcut kirlilik önlenirken, rekreasyon alanı olarak değerlendirilebilecek ve su sporlarına açılma ile yörede hayat standardı yükselecektir.

- Kaba Izgara
- Terfi Merkezi
- İnce Izgara
- Havalandırmalı Kum Tutucu

2001 Yılına Ait İşletme Maliyeti Hesabı

Atıksu Debisi $Q = 309.641 \text{ m}^3 / \text{gün} = 113.018.965 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

Yıllık Elektrik Tüketimi : 10.374.894 kwh

Tesiste Çalışan Personel : 25 kişi

Yönetici : 2 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 2.000.000.000 TL / ay

Teknik Eleman : 2 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 2.000.000.000 TL / ay

Tesis Operatörü : 4 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 4.000.000.000 TL / ay

Memur : 4 kişi x 650.000.000 TL / ay = 2.600.000.000 TL / ay

İşçi : 5 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 5.000.000.000 TL / ay

Güvenlik Memuru : 8 kişi x 650.000.000 TL / ay = 5.200.000.000 TL / ay

Elektrik Tüketim Tutarı = 10.374.894 kwh / yıl * 80.000 TL / kwh
= 829.991.520.000 TL / yıl

Personele Harcanan Miktar = 20.800.000.000 TL / ay * 12
= 249.600.000.000 TL / yıl

Kimyasallar İçin Harcanan = 2.000.000.000 TL / yıl

Çamur Nakli İçin Harcanan = 10.000.000.000 TL / yıl

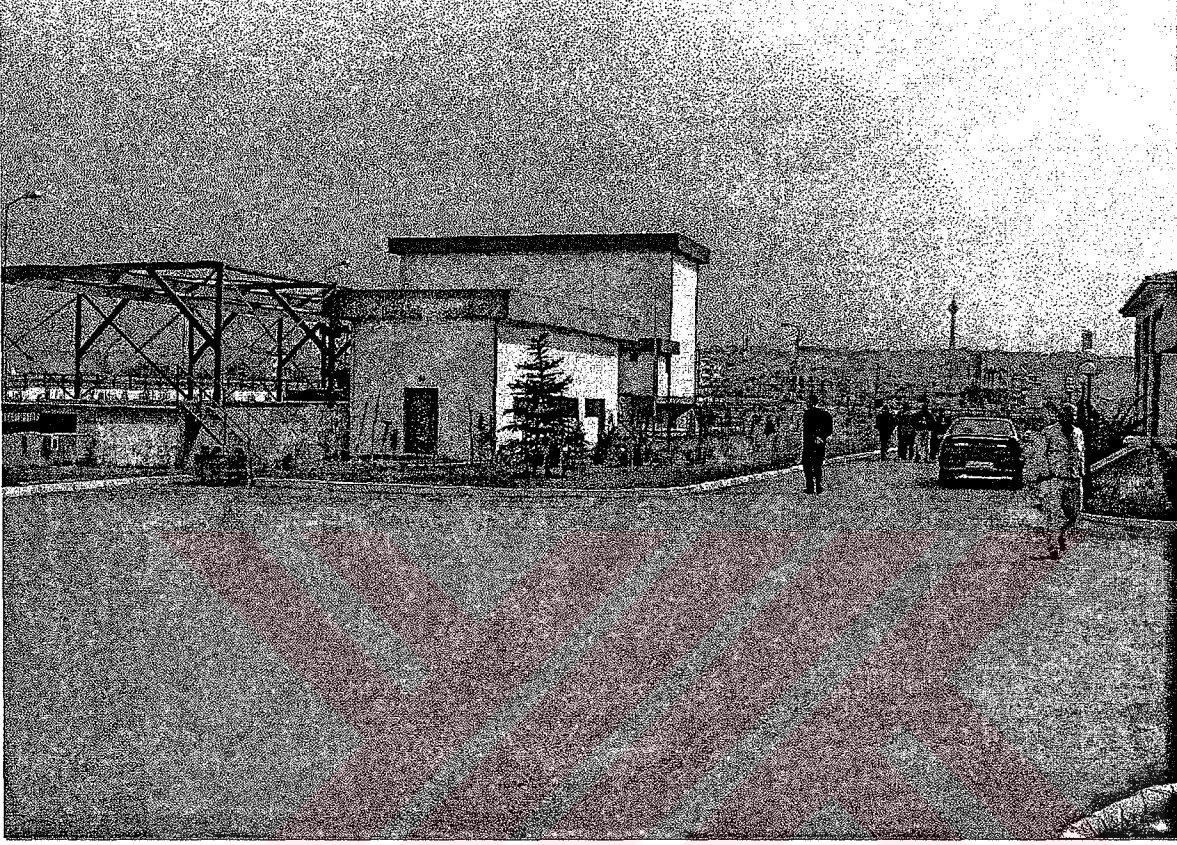
Peyzaj İçin Harcanan Miktar = 96.000.000.000 TL / yıl

Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar = 50.000.000.000 TL / yıl

TOPLAM HARCANAN MİKTAR = 1.237.591.520.000 TL / yıl

$$\begin{aligned}\text{Atıksu Arıtım Maliyeti} &= 1.237.591.520.000 \text{ TL / yıl} / 113.018.965 \text{ m}^3 / \text{yıl} \\ &= \underline{10.950 \text{ TL / m}^3}\end{aligned}$$

4.3 Büyükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesisi



Şekil 4.5 Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesisi görünüşü

2001 Yılına Ait İşletme Maliyeti Hesabı

$$\text{Atıksu Debisi } Q = 22.620 \text{ m}^3 / \text{gün} = 8.256.300 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

$$\text{Yıllık Elektrik Tüketimi : } 904.262 \text{ kwh}$$

$$\text{Tesiste Çalışan Personel : } 12 \text{ kişi}$$

$$\text{Yönetici : } 1 \text{ kişi} \times 1.000.000.000 \text{ TL / ay} = 1.000.000.000 \text{ TL / ay}$$

$$\text{Teknik Eleman : } -$$

$$\text{Tesis Operatörü : } 4 \text{ kişi} \times 1.000.000.000 \text{ TL / ay} = 4.000.000.000 \text{ TL / ay}$$

$$\text{Memur : } -$$

$$\text{İşçi : } 3 \text{ kişi} \times 1.000.000.000 \text{ TL / ay} = 3.000.000.000 \text{ TL / ay}$$

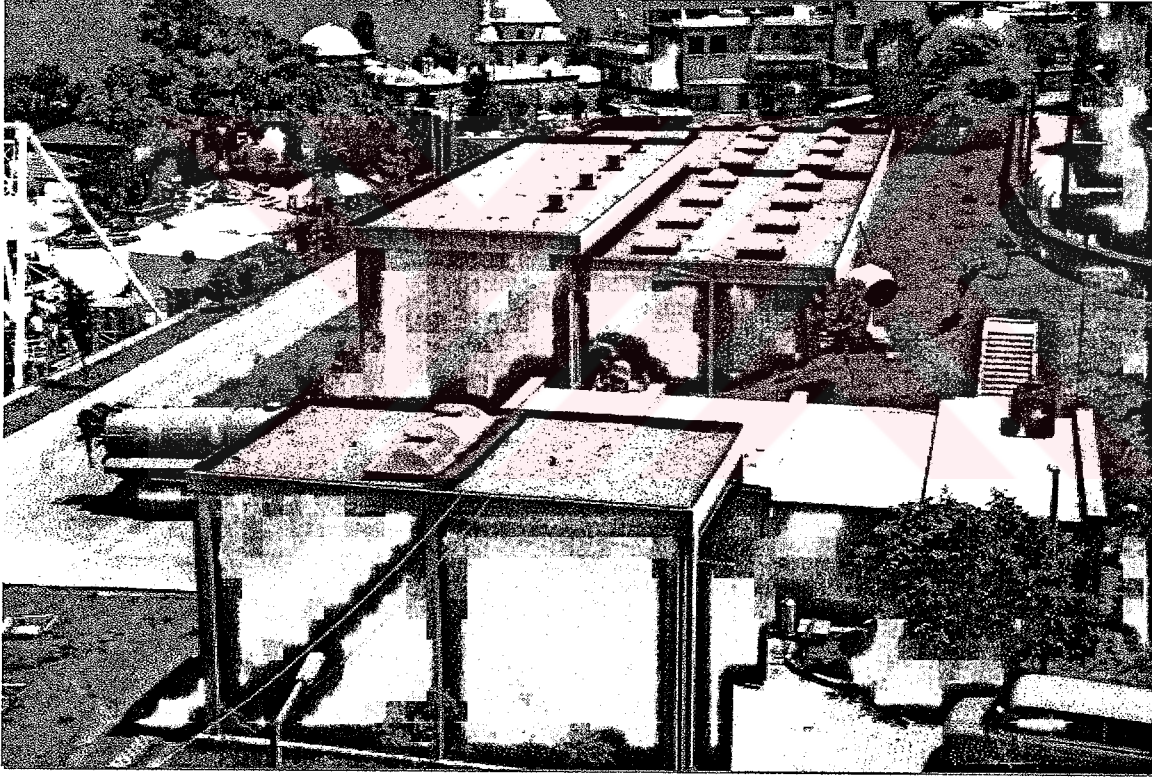
$$\text{Güvenlik Memuru : } 4 \text{ kişi} \times 650.000.000 \text{ TL / ay} = 2.600.000.000 \text{ TL / ay}$$

$$\text{Elektrik Tüketim Tutarı} = 904.262 \text{ kwh / yıl} \times 80.000 \text{ TL / kwh}$$

$$= 72.340.960.000 \text{ TL / yıl}$$

Personeler Harcanan Miktar = 10.600.000.000 TL / ay * 12
 = 127.200.000.000 TL / yıl
 Kimyasallar İçin Harcanan = 1.000.000.000 TL / yıl
 Çamur Nakli İçin Harcanan = 1.000.000.000 TL / yıl
 Peyzaj İçin Harcanan Miktar = 72.000.000.000 TL / yıl
 Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar = 10.000.000.000 TL / yıl
 TOPLAM HARCANAN MİKTAR = 283.540.960.000 TL / yıl
 Atıksu Arıtım Maliyeti = 283.540.960.000 TL / yıl / 8.256.300 m³ / yıl
 = 34.342 TL / m³

4.4 Üsküdar Atıksu Ön Arıtma Tesisi



Şekil 4.6 Üsküdar atıksu ön arıtma tesisi görünüşü

Bu tesis Üsküdar ve çevresindeki kollektörlerle gelen atıksuların ön tasfiyeden geçirildikten sonra denize deşarj edilmesi gayesiyle Üsküdar Harem Sahil Yolu üzerinde Şemsipaşa Caddesi'ne bitişik yaklaşık 6.000m²'lik bir alana kurulmuş olup, kapasitesi 108.173 m³/gün'dür. Deniz Deşarjı biriminde ön arıtmadan geçirilen atıksular cazibe ile deşarj sisteminden boşalmaktadır. 1200 mm. çapında denize kadar 130 m ve

deniz içinde 275 m uzunluğundaki deşarj sistemi ile atıksular deniz seviyesinin 47 m derinliğinde Karadeniz’e akan Boğaz dip akıntısına Deşarj edilmektedir.

2001 Yılına Ait İşletme Maliyeti Hesabı

Atıksu Debisi $Q = 20.753 \text{ m}^3 / \text{gün} = 7.574.845 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

Yıllık Elektrik Tüketimi : 583.360 kwh

Tesiste Çalışan Personel : 25 kişi

Yönetici : 1 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 1.000.000.000 TL / ay

Teknik Eleman : 1 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 1.000.000.000 TL / ay

Tesis Operatörü : 4 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 4.000.000.000 TL / ay

Memur : 3 kişi x 650.000.000 TL / ay = 1.950.000.000 TL / ay

İşçi : 15 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 15.000.000.000 TL / ay

Güvenlik Memuru : 1 kişi x 650.000.000 TL / ay = 650.000.000 TL / ay

Elektrik Tüketim Tutarı = 583.360 kwh / yıl * 80.000 TL / kwh

= 46.668.800.000 TL / yıl

Personele Harcanan Miktar = 23.600.000.000 TL / ay * 12

= 283.200.000.000 TL / yıl

Kimyasallar İçin Harcanan = 2.000.000.000 TL / yıl

Çamur Nakli İçin Harcanan = 3.000.000.000 TL / yıl

Peyzaj İçin Harcanan Miktar = 3.000.000.000 TL / yıl

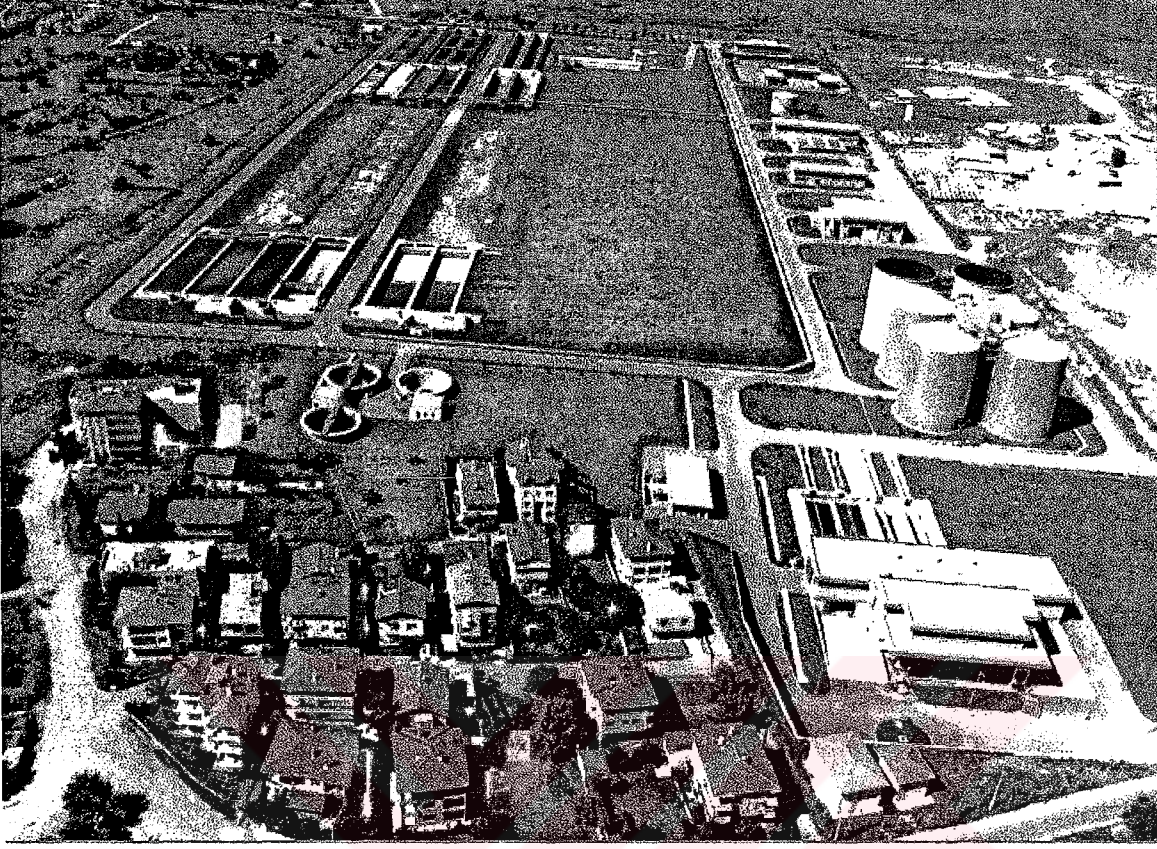
Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar = 10.000.000.000 TL / yıl

TOPLAM HARCANAN MİKTAR = 347.868.800.000 TL / yıl

Atıksu Arıtım Maliyeti = 347.868.800.000 TL / yıl / 7.574.845 $\text{m}^3 / \text{yıl}$

= 45.924 TL / m^3

4.5 Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi



Şekil 4.7 Tuzla biyolojik atıksu arıtma tesisinin görünüşü

Tuzla arıtma projesi ile ; Tuzla drenaj bölgesi içerisinde yer alan Gebze, Kartal, Tuzla, Darıca, Çayırova, Pendik ve Dragos bölgesindeki atıksular arıtılmaktadır. Tuzla Sahil Tüneli ve Kemiklidere Tuzla Tüneli ile tesise –8.47 kotundan Pendik ve Tuzla yönlerinden gelen atıksular giriş yapısında iki noktadan tesise girmektedir. Marmara denizinin kirlenmesine yol açan atıksular toplanıp arıtıldıktan sonra 2200 mm çaplı, 976 m uzunluğunda kara boru hattından ; 2023 m uzunluğunda 2200 mm çaplı deniz deşarj hattına geçer ve denizin 46 m derinliğine deşarj edilmektedir. Deşarj akımının kesilmesi durumunda deniz suyunun difüzörlerden boru hattına geçişini önlemek amacı ile çekvalf gibi görev yapan membranlı vanalar ile teçhiz edilmiştir.(Su Vakfı,2002)

Arıtma tesisin üniteleri

- Giriş Yapısı
- Pompa İstasyonu
- Kaba ve İnce Izgaralar
- Kum Tutucular
- Ön Çöktürme Havuzları

- Havalandırma Havuzları
- Son Çöktürme Havuzları
- Çamur Yoğunlaştırma Tankları ve Çamur Flotasyon Ünitesi
- Birinci ve İkinci Çamur Çürütme Tankları
- Gaz Toplama Tankı
- Çamur Su Giderme Üniteleridir.

Tuzla biyolojik atıksu arıtma tesisinde toplam yatırım maliyetinin % 45'ini inşaat; %43'ünü makine; % 12'sini elektrik işleri teşkil etmektedir. Tesisin elektrik, peyzaj, deşarj ve kamulaştırma bedelleri dahil olmak üzere toplam 2001 yılı rayiçleriyle 67.179.000.000.000 TL'dir. Bunun dolar olarak karşılığı takriben 107.500.000 \$'dır. Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis 31.10.1998 tarihinden itibaren çalışmaya başlamıştır.

2001 Yılına Ait İşletme Maliyeti Hesabı

Atıksu Debisi $Q = 92.095 \text{ m}^3 / \text{gün} = 33.614.675 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

Yıllık Elektrik Tüketimi : 6.581.080 kwh

Tesiste Çalışan Personel : 80 kişi

Yönetici : 3 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 3.000.000.000 TL / ay

Teknik Eleman : 15 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 15.000.000.000 TL / ay

Tesis Operatörü : 27 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 27.000.000.000 TL / ay

Memur : 1 kişi x 650.000.000 TL / ay = 650.000.000 TL / ay

İşçi : 21 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 21.000.000.000 TL / ay

Güvenlik Memuru : 13 kişi x 650.000.000 TL / ay = 8.450.000.000 TL / ay

Elektrik Tüketim Tutarı = 6.581.080 kwh / yıl * 80.000 TL / kwh

= 526.486.400.000 TL / yıl

Personele Harcanan Miktar = 75.100.000.000 TL / ay * 12

= 901.200.000.000 TL / yıl

Kimyasallar İçin Harcanan = 200.000.000.000 TL / yıl

Çamur Nakli İçin Harcanan = 175.000.000.000 TL / yıl

Peyzaj İçin Harcanan Miktar = 75.000.000.000 TL / yıl

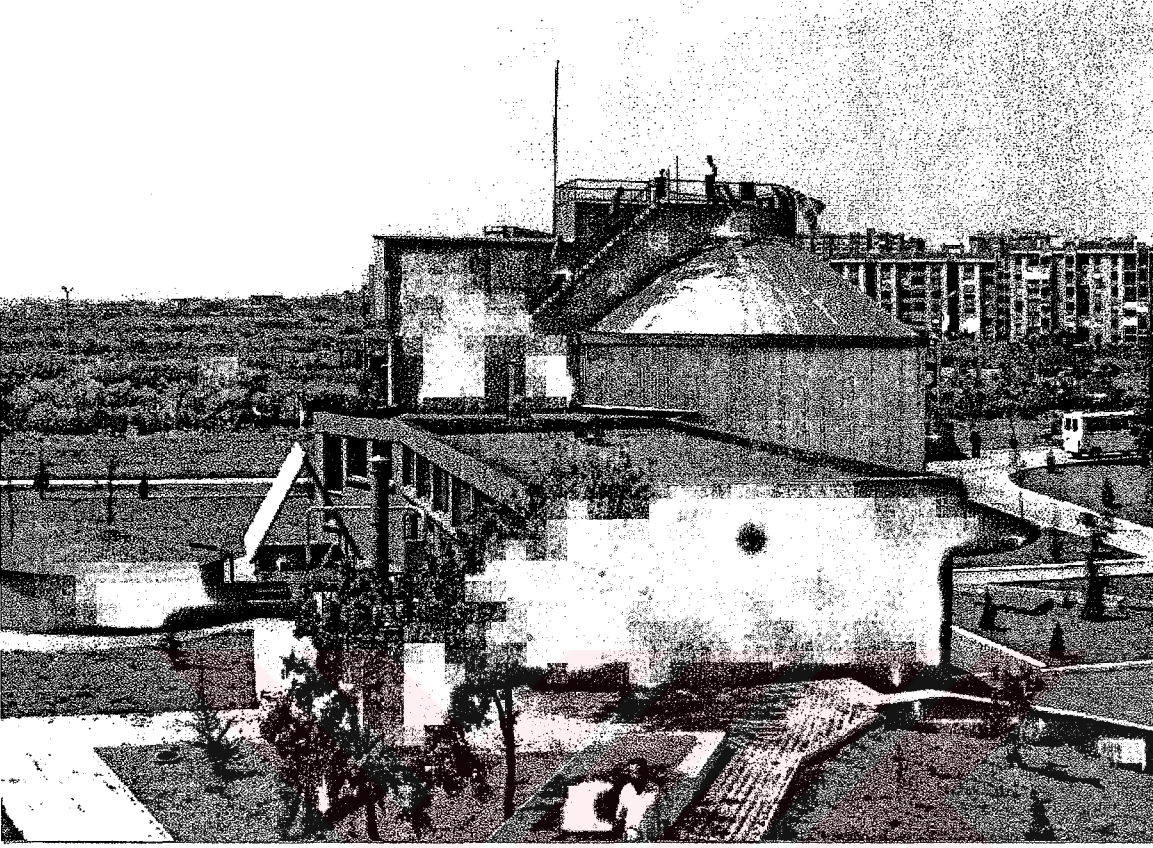
Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar = 300.000.000.000 TL / yıl

TOPLAM HARCANAN MİKTAR = 2.177.686.400.000 TL / yıl

Atıksu Arıtım Maliyeti = 2.177.686.400.000 TL / yıl / 33.614.675 m³ / yıl

= 64.784 TL / m³

4.6 Ataköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi



Şekil 4.8 Ataköy biyolojik atıksu arıtma tesisi görünüşü

Ataköy yerleşim bölgesi ve civarının atıksuları toplanıp birleşik sistemde mekanik ve biyolojik olarak arıtılmaktadır. Ayrıca Biyolojik Tasfiye Tesisi aynı zamanda bir eğitim merkezi olarak bütün ülkenin ihtiyacını karşılamak üzere kalifiye elemanlar yetiştirilmesine vesile olmaktadır. Ataköy Biyolojik Tasfiye Tesisi 1962 yılında inşa edilmiş olup, bir süre düzenli bir şekilde işletildikten sonra devreden çıkartılmış ve çürümeye terk edilmiştir. Bu tesis 25 yıl kendi halinde bırakılmış, bu sürede bütün mekanik ve elektronik teçhizatlar harab olmuştur. İSKİ bu tesisi baştan başa yenilemiş ve “operatör” yetiştirmek maksadıyla ele almıştır. Takriben 40.000 kişinin atıksuları damlatmalı filtre tekniğiyle tasfiye edilmektedir.

Arıtma Tesisin Üniteleri

- Atıksu Terfi Merkezi
- Kum Tutucu
- Ön Çöktürme Havuzları
- Damlatmalı Filtre
- Son Çöktürme Havuzu

- Terfi Merkezi
- Çamur Çürütme Tankı
- Yatay Bant Filtre

2001 Yılına Ait İşletme Maliyeti Hesabı

Atıksu Debisi $Q = 5.221 \text{ m}^3 / \text{gün} = 1.905.665 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

Yıllık Elektrik Tüketimi : 401.280 kwh

Tesiste Çalışan Personel : 14 kişi

Yönetici : 1 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 1.000.000.000 TL / ay

Teknik Eleman : 4 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 4.000.000.000 TL / ay

Tesis Operatörü : 5 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 5.000.000.000 TL / ay

Memur : 2 kişi x 650.000.000 TL / ay = 1.300.000.000 TL / ay

İşçi : 2 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 2.000.000.000 TL / ay

Güvenlik Memuru : -

Elektrik Tüketim Tutarı = 401.280 kwh / yıl * 80.000 TL / kwh
= 32.102.400.000 TL / yıl

Personele Harcanan Miktar = 13.300.000.000 TL / ay * 12
= 159.600.000.000 TL / yıl

Kimyasallar İçin Harcanan = 5.000.000.000 TL / yıl

Çamur Nakli İçin Harcanan = 1.000.000.000 TL / yıl

Peyzaj İçin Harcanan Miktar = 25.000.000.000 TL / yıl

Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar = 25.000.000.000 TL / yıl

TOPLAM HARCANAN MİKTAR = 247.702.400.000 TL / yıl

Atıksu Arıtım Maliyeti = 247.702.400.000 TL / yıl / 1.905.665 $\text{m}^3 / \text{yıl}$
= 129.982 TL / m^3

4.7 Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi



Şekil 4.9 Paşaköy ileri biyolojik arıtma tesisinin görünüşü

Ömerli Barajı; İstanbul'un su kaynakları arasında çok önemli bir yere sahiptir. Ömerli Havzası'nda yer alan ve yetersiz altyapıya sahip, kontrolsüz kentleşmenin etkilerinden baraj gölünü korumak ve gelecekte de bu su kaynağından verimli olarak yararlanabilmek gayesiyle Paşaköy ileri biyolojik arıtma tesisi kurulmuştur.

Arıtma Tesisi; Ömerli su havzasında Sarıgazi, Samandıra, Sultanbeyli, Alemdağ, Yenidoğan ve Sultançiftliği yerleşim bölgelerinde oluşan ve Ömerli Barajı'na dökülen atıksular arıtılmaktadır. Atıksular, ileri biyolojik arıtma sistemiyle ve mevcut alıcı ortam deşarj standartlarına uygun kalitede arıtılmakta, yapılmış olan tünel vasıtasıyla Riva Deresi ile Karadeniz'e verilecek ve böylece baraja kirleticilerin girişi önlenmiştir. Arıtma tesisi, nihai kapasitede 1.065.000 kişilik bir nüfustan kaynaklanan ve $500.000 \text{ m}^3 / \text{gün}$ debiye sahip atıksuları arıtmaktadır. Tesis bu safhada 250.000 kişilik atıksu yüküne göre inşa edilmiştir. Tesisin kurulu olduğu alan 507.000 m^2 'dir. İleri biyolojik atıksu arıtma işlemi, atıksuda bulunan karbonun yanı sıra, su kaynaklarında kirliliğe yol açan azot, fosfor gibi besi maddelerinin de giderilmesini sağlamaktadır.

Arıtma Tesis Üniteleri

- Su alma yapısı ve By- Pass odası
- Giriş terfi Merkezi ve Hattı
- İlk arıtma ünitesi (İnce Izgaralar ve Kum Tutucular)
- Biyolojik fosfor giderme ünitesi
- Havalandırma havuzları
- Son çöktürme havuzları
- Çözünmüş hava ile yüzdürme üniteleri
- Çamur susuzlaştırma binası

2001 Yılına ait İşletme Maliyeti Hesabı

Atıksu Debisi $Q = 37.781 \text{ m}^3 / \text{gün} = 13.790.065 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

Yıllık Elektrik Tüketimi : 7.016.996 kwh

Tesiste Çalışan Personel : 41 kişi

Yönetici : 1 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 1.000.000.000 TL / ay

Teknik Eleman : 14 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 14.000.000.000 TL / ay

Tesis Operatörü : 10 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 10.000.000.000 TL / ay

Memur : 1 kişi x 650.000.000 TL / ay = 650.000.000 TL / ay

İşçi : 11 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 11.000.000.000 TL / ay

Güvenlik Memuru : 4 kişi x 650.000.000 TL / ay = 2.600.000.000 TL / ay

Elektrik Tüketim Tutarı = 7.016.996 kwh / yıl * 80.000 TL / kwh

= 561.359.680.000 TL / yıl

Personele Harcanan Miktar = 39.250.000.000 TL / ay * 12

= 471.200.000.000 TL / yıl

Kimyasallar İçin Harcanan = 150.000.000.000 TL / yıl

Çamur Nakli İçin Harcanan = 120.000.000.000 TL / yıl

Peyzaj İçin Harcanan Miktar = 130.000.000.000 TL / yıl

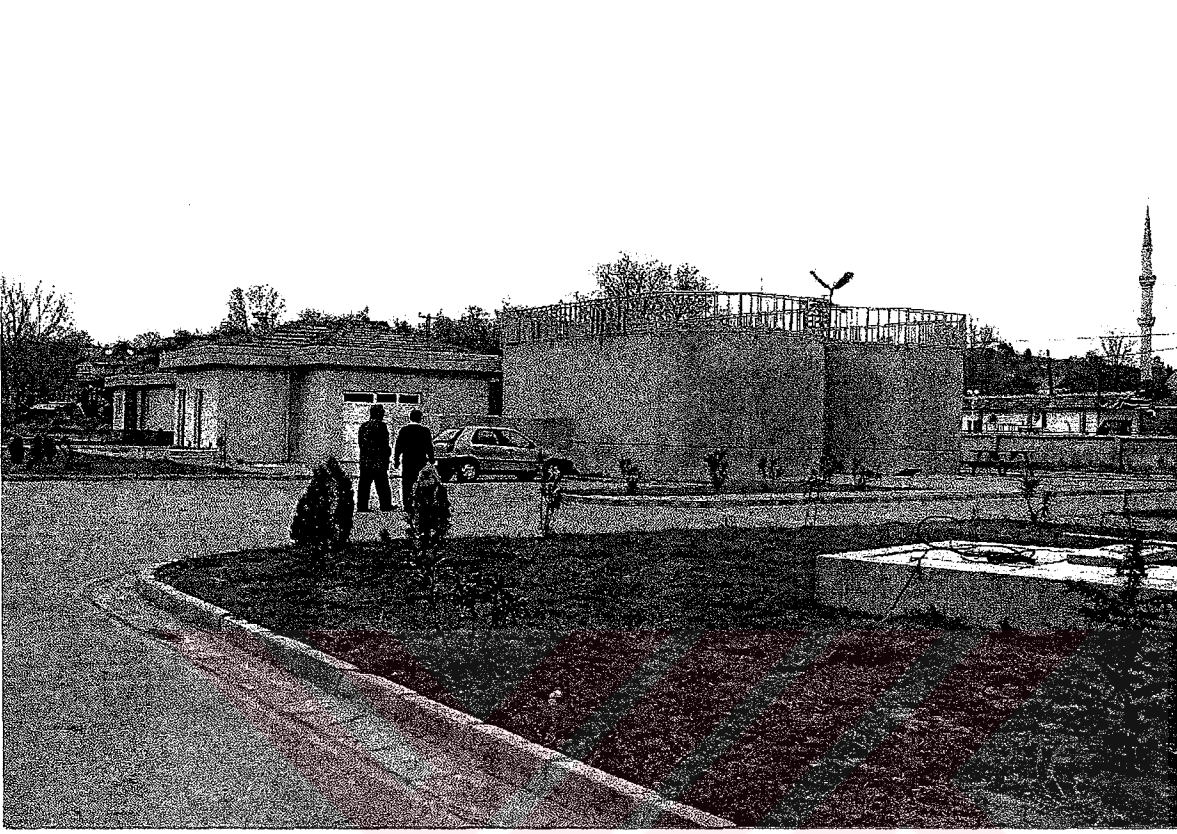
Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar = 100.000.000.000 TL / yıl

TOPLAM HARCANAN MİKTAR = 1.532.359.680.000 TL / yıl

Atıksu Arıtım Maliyeti = 1.532.359.680.000 TL / yıl / 13.790.065 m³ / yıl

= 111.120 TL / m³

4.8 Terkos İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi



Şekil 4.10 Terkos ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi görünüşü

Terkos Gölü İstanbul'un en mühim su kaynağı olup, bu havzayı korumak için o civarda oluşan atıksuların en ileri teknolojilerle arıtılmaktadır.

2001 Yılına ait İşletme Maliyeti Hesabı

Atıksu Debisi $Q = 2.533 \text{ m}^3 / \text{gün} = 924.545 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

Yıllık Elektrik Tüketimi : 31.945 kwh

Tesiste Çalışan Personel : 5 kişi

Yönetici : -

Teknik Eleman : -

Tesis Operatörü : 4 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 4.000.000.000 TL / ay

Memur : -

İşçi : 1 kişi x 1.000.000.000 TL / ay = 1.000.000.000 TL / ay

Güvenlik Memuru : -

Elektrik Tüketim Tutarı = 31.945 kwh / yıl * 80.000 TL / kwh

= 2.555.600.000 TL / yıl

Personele Harcanan Miktar = 5.000.000.000 TL / ay * 12

$$= 60.000.000.000 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Kimyasallar İçin Harcanan} = 1.000.000.000 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Çamur Nakli İçin Harcanan} = 1.000.000.000 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Bakım ve Onarım İçin Harcanan Miktar} = 2.000.000.000 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{TOPLAM HARCANAN MİKTAR} = 66.555.600.000.000 \text{ TL / yıl}$$

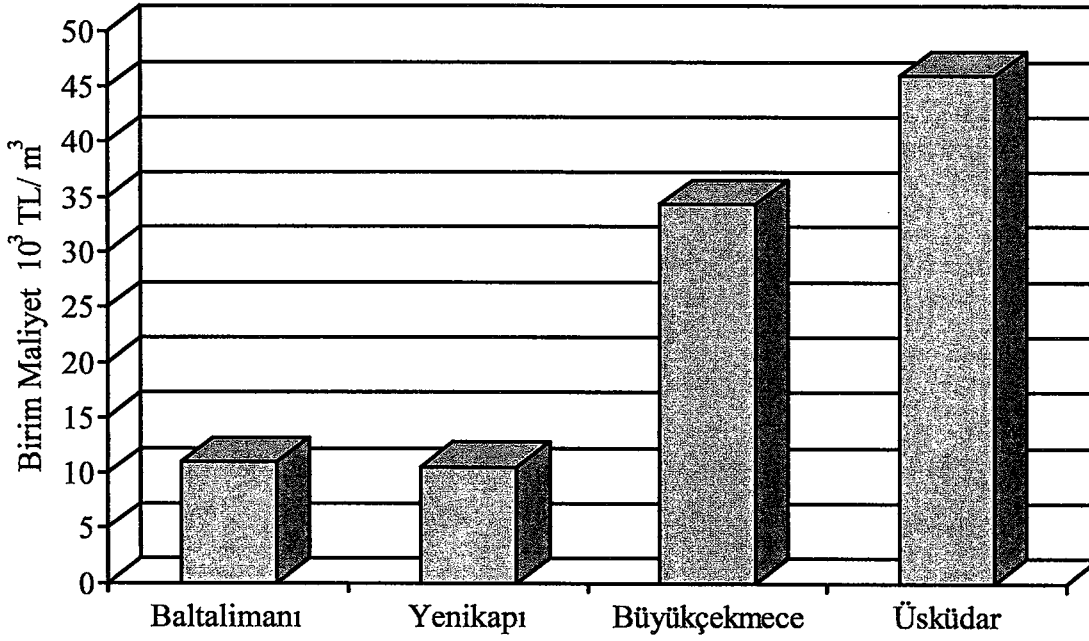
$$\text{Atıksu Arıtım Maliyeti} = 66.555.600.000 \text{ TL / yıl} / 924.545 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

$$= \underline{71.987 \text{ TL / m}^3}$$

Çizelge 4.2 2001 Yılı atıksu ön arıtma tesislerinin işletme maliyetleri

2001 Yılı		Baltalimanı Atıksu Ön Arıtma Tesis	Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesis	Büyükdere Atıksu Ön Arıtma Tesis	Üsküdar Atıksu Ön Arıtma Tesis
Debi m ³ / gün		309.641	375.823	22.620	20.753
Elektrik kWh		10.374.894	7.776.880	904.262	583.360
Personel Sayısı	Yönetici	2	2	1	1
	Teknik eleman	2	2	-	1
	Tesis Operatörü	4	8	4	4
	Memur	5	6	-	3
	İşçi	4	40	3	15
	Güvenlik	8	4	4	1
İşletim Maliyetleri TL / YIL 10 ⁹	Elektrik	830	622,2	72,3	46,7
	Personel	249,6	702	127,2	283,2
	Kimyasal maddeler	2	10	1	2
	Çamur Nakli	10	20	1	3
	Peyzaj	96	5	72	3
	Bakım ve Onarım	50	86	10	10
Birim Maliyet TL / m ³		10.950	10.535	34.342	45.924
Birim Maliyet \$ / m ³		0,0073	0,0070	0,0229	0,0306

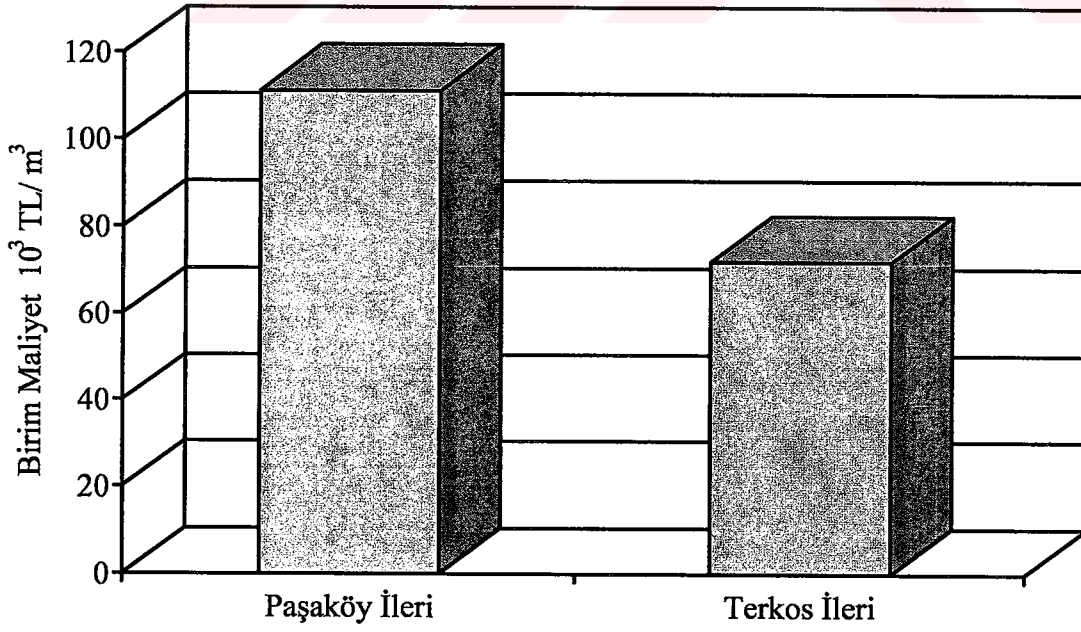
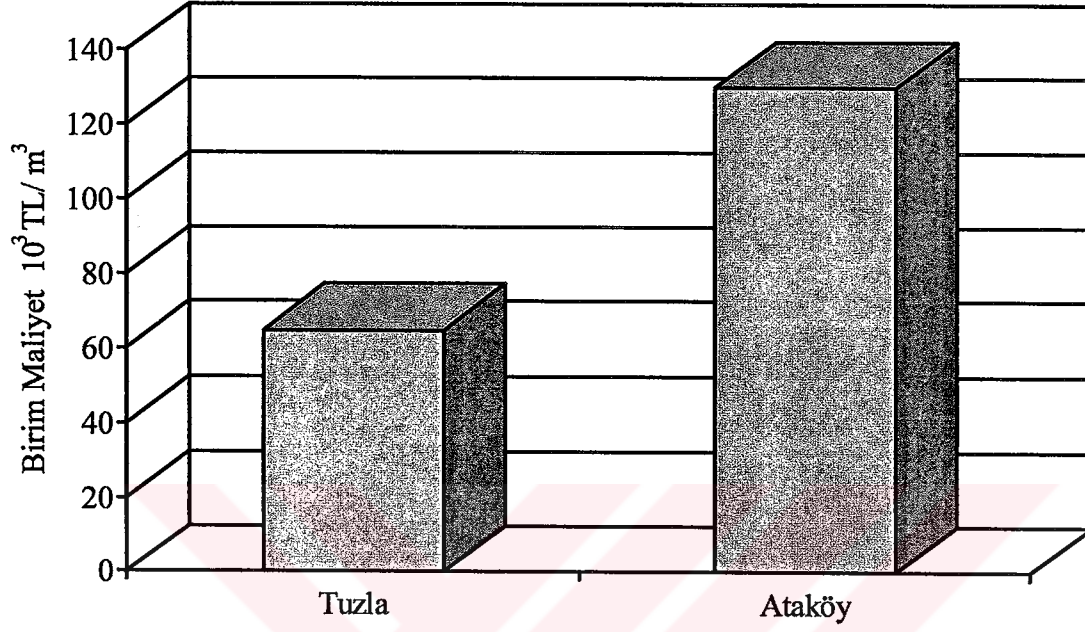
İstanbul'daki atıksu ön arıtma tesislerine gelen 1 m³ atıksu debisi 12.458 TL'ye arıtılmaktadır.



Şekil 4.11 2001 Yılı atıksu ön arıtma tesisleri birim maliyetleri

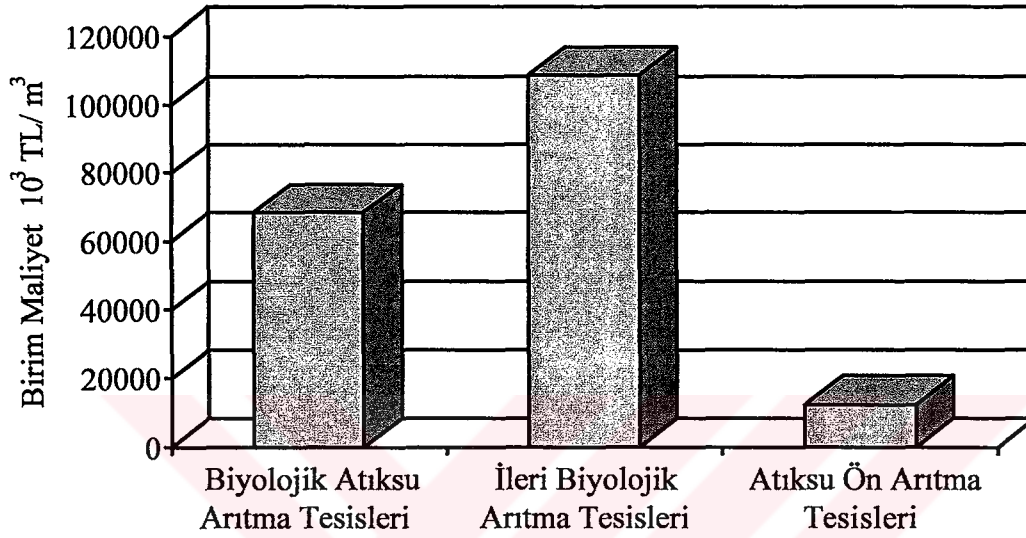
Çizelge 4.3 2001 Yılı biyolojik atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetleri

2001 Yılı		Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Ataköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Terkos İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi
Debi m ³ / gün		92.095	5.221	37.781	2.533
Elektrik kWh		6.581.080	401.280	7.016.996	31.945
Personel Sayısı	Yönetici	3	1	1	-
	Teknik Eleman	15	4	14	-
	Tesis Operatörü	27	5	10	4
	Memur	1	2	1	-
	İşçi	21	2	11	1
	Güvenlik	13	-	4	-
İşletim Maliyetleri TL / YIL 10 ⁹	Elektrik	526,5	32,1	561,4	2,6
	Personel	901,2	159,6	471,2	60
	Kimyasal Maddeler	200	5	150	1
	Çamur Nakli	175	1	120	1
	Peyzaj	75	25	130	-
	Bakım ve Onarım	300	25	100	2
Birim Maliyet TL / m ³		64.784	129.982	111.120	71.987
Birim Maliyet \$ / m ³		0,0432	0,0867	0,0741	0,0480



Şekil 4.12. 2001 Yılı biyolojik ve ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri işletme birim maliyetleri

İstanbul'daki biyolojik atıksu arıtma tesislerine gelen 1m^3 atıksu debisi 68.282 TL'ye , ayrıca İleri biyolojik atıksu arıtma tesislerine gelen 1m^3 atıksu debisi 108.662 TL'ye artılmaktadır .

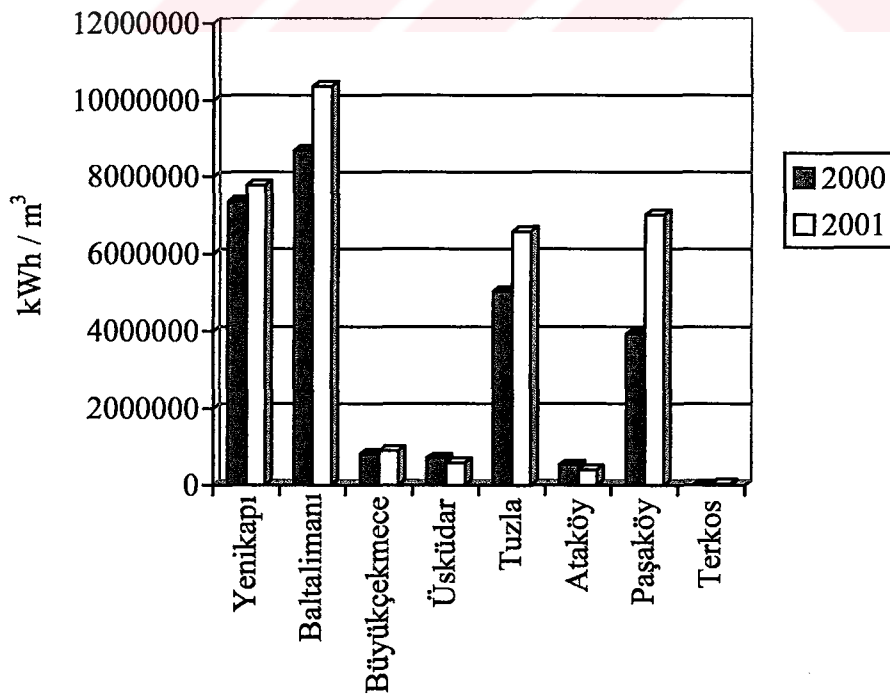


Şekil 4.13. 2001 Yılı İstanbul'daki evsel atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetleri

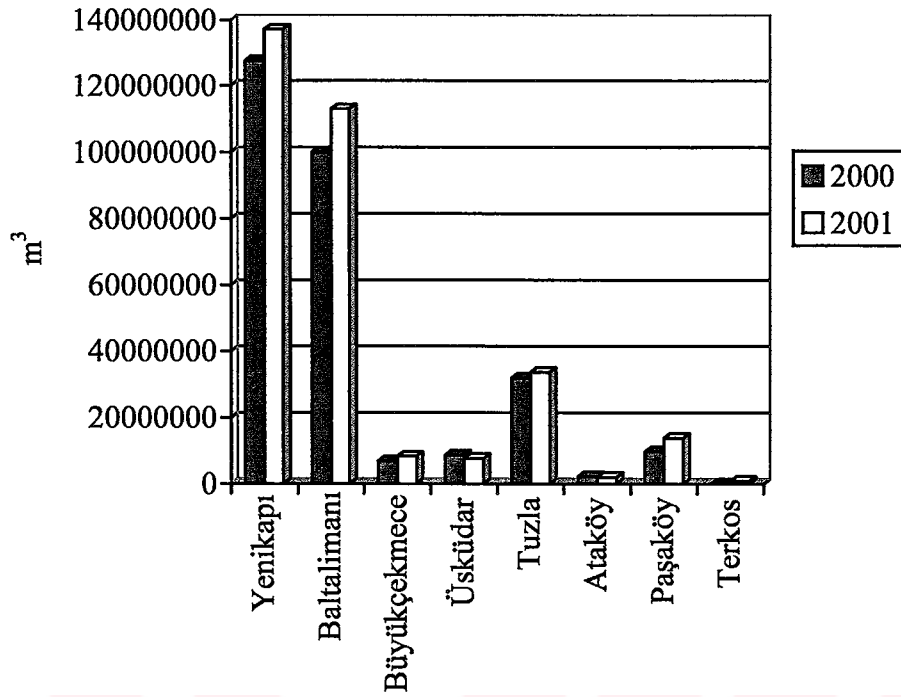
Şekil 4.13'te Atıksu biyolojik, atıksu ileri biyolojik ve atıksu ön arıtma tesislerinin işletme maliyetleri verilmiştir. Atıksu arıtma tesislerinin elektrik sarfıyatı Çizelge 4.4 ve Şekil 4.14'de verilmiştir. Ön atıksu arıtma tesislerinin elektrik tüketimi biyolojik atıksu arıtma tesislerinden fazladır. Arıtma tesislerinin kapasitesinin kullanımı Çizelge 4.6'da verilmiştir. İstanbul'daki atıksu arıtma tesislerinin projelendirilmiş kapasitelerinin 2001 yılında % 42,6'sı kullanılmaktadır. Arıtma tesislerinde aşırı yağışlardan dolayı anormal debi artışları ve atıksu kalitesi değişim tesislerin çalışmasını engellemektedir. Tesisi besleyen atıksuların açık kanallardan gelmesi ve yağmur suyu kanallarının ayrık sistem olmayışı İstanbul'daki arıtma tesislerini çalışamaz hale getirmektedir. Bununla ilgili değerler Çizelge 4.7'de belirtilmiştir. Tesisi besleyen atıksuları kapalı kanallardan getirilmesini sağlamak gerekir. Yağmur suyu kanalları Belediyelere ait olup biran önce ayrık sistemlerin yapılması gerekmektedir.

Çizelge 4.4 Atıksu arıtma tesislerinin 2000 ve 2001 yıllarının elektrik tüketimleri ile atıksu miktarları tablosu

BİRİMLER		2000 YILI		2001 YILI	
		Elektrik Tüketimi kWh	Atıksu Miktarı m ³	Elektrik Tüketimi kWh	Atıksu Miktarı m ³
Atıksu Ön Arıtma Tesisleri	Yenikapı	7.360.110	127.542.800	7.776.880	137.175.600
	Baltalımanı	8.696.885	99.994.552	10.374.894	113.019.202
	Büyükçekmece	815.069	6.754.323	904.262	8.256.401
	Üsküdar	711.200	8.483.242	583.360	7.574.950
Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisleri	Tuzla	5.039.812	31.915.090	6.581.080	33.614.700
	Ataköy	524.948	2.171.400	401.280	1.905.543
Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisleri	Paşaköy	3.931.747	9.702.514	7.016.996	13.789.888
	Terkos	5.280	153.000	31.945	924.691
TOPLAM		27.085.051	286.716.921	33.670.697	316.260.975



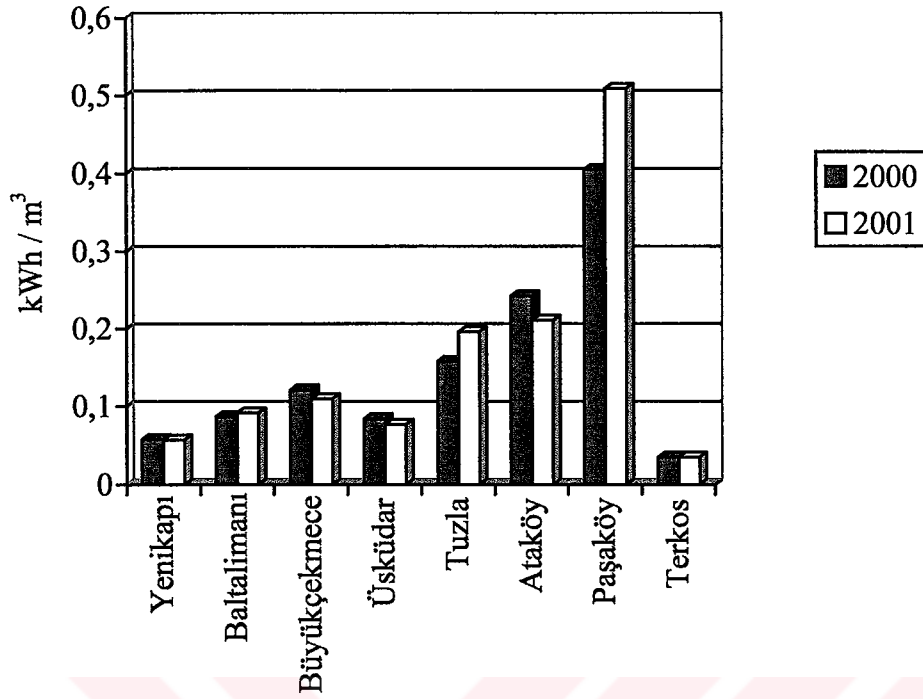
Şekil 4.14 Atıksu arıtma tesislerinin yıllık elektrik tüketimleri



Şekil 4.15. Atıksu arıtma tesislerinin yıllık atıksu miktarları

Çizelge 4.5 Atıksu miktarı için sarf edilen elektrik enerjisi miktarlarının mukayeseleri

Birim Debi İçin Sarf Edilen Elektrik Enerjisi			
Birimler		2000 Yılı	2001 Yılı
		kWh / m ³	kWh / m ³
Atıksu Ön Arıtma Tesisleri	Yenikapı	0,058	0,057
	Baltalımanı	0,087	0,092
	Büyükçekmece	0,121	0,110
	Üsküdar	0,084	0,077
Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisleri	Tuzla	0,158	0,196
	Ataköy	0,242	0,211
Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisleri	Paşaköy	0,405	0,509
	Terkos	0,035	0,035
Toplam		0,094	0,106



Şekil 4.16. 2000 ve 2001 Yıllarında birim arıtılan atıksu miktarı için sarf edilen elektrik enerjisi miktarının mukayesesi

Çizelge 4.6 2001 Yılına ait atıksu arıtma tesislerinin kullanım kapasiteleri

Tesisin Adı		İşletmeye Alınış Tarihi	$Q_{işletme}$ $m^3/gün$	Q_{proje} $m^3/gün$	Kapasite Kullanım Oranı %
Atıksu Ön Arıtma Tesisleri	Yenikapı	1988	375.823	864.000	43,5
	Baltalıman	1997	309.641	625.000	49,5
	Büyükçekmece	1998	22.620	155.520	14,6
	Üsküdar	1992	20.573	108.173	19
Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisleri	Tuzla	1998	92.095	150.000	61,4
	Ataköy	1996	5.221	7.650	68,2
Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisleri	Paşaköy	2000	37.781	125.000	30,2
	Terkos	2001	2.533	1.700	149
Toplam			866.287	2.037.043	42,6

Çizelge 4.7 Aşırı yağışların debi ve parametreleri etkileme durumları

Tesis	Ortalama Debisi	Yağışlı Hava Debisi	Ortalama Parametreler (mg / l)			Yağış Parametreleri (mg / l)		
	m ³ / gün	m ³ / gün	KOI	BOI ₅	AKM	KOI	BOI ₅	AKM
Tuzla	92,095	161,174	650	304	495	307	122	205
Paşaköy	37,781	150,550	356	186	232	78	32	81
Ataköy	5,221	6,317	356	151	156	240	144	136
Yenikapı	375,825	618,557	511	288	238	218	-	108
Baltalıman	309,642	371,600	310	151	201	176	-	111

4.8 Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin İşletme Maliyetinin Mukayesesi

Tuzla arıtma tesisinin işletme maliyetinin mukayesesi için EPA'nın grafikleri kullanılmıştır. Bu grafiklerde her bir ünite için farklı debilere karşılık elektrik, personel, bakım onarım ve laboratuvar maliyetleri gelmektedir. Tuzla arıtma tesisinin her bir ünitesi için işletme maliyetleri grafiklerden seçilerek toplam işletme maliyeti hesaplanmıştır. Çamur çürütme işlemi 2001 yılında faaliyete geçmediğinden toplam işletme maliyetine katılmamıştır.

2001 yılına ait ortalama işletme debisi $Q = 92.095 \text{ m}^3 / \text{gün} = 33.614.675 \text{ m}^3 / \text{yıl}$

$l/sn * 0,0228 = \text{mgd}$

$Q = 24,3 \text{ mgd}$

Toplam işletme maliyeti 1.963.200 \$ / yıl olarak bulundu. 2001 yılı için maliyet indeksi 3 olarak alınmıştır (EPA,1995)

İşletme birim maliyeti 0,0584 \$ / m³'tür.

Önceki yapılan hesaplamalarda Tuzla biyolojik arıtma tesisinin işletme birim maliyeti 0,0432 \$ / m³ olarak bulundu. İSKİ tarafından işletilen atıksu arıtma tesisi birim debiyi 0,0152 \$ daha ucuza arıtmaktadır.

Çamur çürütücünün devreye alınması durumunda elektrik, laboratuvar vb. maliyetleri için hesabı yapılmıştır. Tesise getireceği ek masraf olarak yıllık 43.700 \$'dır

5. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDEKİ ÇAMUR MİKTARLARIN BELİRLENMESİ

5.1 Giriş

Arıtılmış çıkış sularının deşarjından sonraki en önemli potansiyel çevre etkisi çamur yönetim sistemidir. Çamur arıtma ve uzaklaştırma yöntemleri tüm dünyada, kullanıldıkları yerin özelliklerine göre uygulama bulmaktadır. Bilindiği gibi çamur yönetimi, nüfus ve buna bağlı olarak çamur miktarı ve kalitesindeki değişikliklere, toplumun yerel kültürüne ve nihayet yasalar ve yönetmeliklerdeki değişikliklere adapte edilmesi gereken dinamik bir süreçtir. Dolayısıyla, uygulanan yöntemin başarılı olabilme şansı, yukarıda sıralanan değişikliklere ve çamur yönetim politikalarının hangi sürede uygulanabildiğine bağlıdır.

Çevrenin kirlenmesinde önemli bir rol oynayan endüstriyel ve evsel kaynaklı atıksuların arıtılması ve daha sonra doğaya verilmesi gerekmektedir. Ülkemizde, özellikle son yıllarda bu konuda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, sürekli büyüyen ve sanayi bakımından en yoğun ili olan İstanbul incelenmiştir. Daha önce İstanbul için geçmişte bir takım çalışmalar yapılmıştır. Atıksu arıtımıyla ilgili çok sayıda master plan ve araştırma yapılmış ancak atıksu arıtma çamurlarının bertarafı konusunda ilk olarak 1993 yılında 'İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Plan Etüdü' raporları hazırlanmıştır. Çalışmada toplam olarak İstanbul'da 12 adet atıksu arıtma tesisi ve bu tesislerde evsel ve ön arıtmadan geçmiş endüstriyel atıksuların arıtılacağı kabulü yapılmıştır. Bu çalışmada çamur yönetim alternatifleri maliyet göz önüne alınarak değerlendirme yapılmış ve öneriler getirilmiştir.

Atıksu çamur yönetimi konusundaki ikinci çalışma 'İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Masterplan Etüdü' 1997 yılında yapılmıştır. Bu rapordaki değerlendirmeler 1993 yılındaki çalışmaya dayandırılmıştır. Atıksu yönetim stratejisindeki değişikliklere göre bazı düzeltmeler yapılmıştır.

İstanbul'da arıtma çamurlarının uzaklaştırılması yönetiminde karşılaşılan zorlukların en önemlisi arazinin darlığıdır. İstanbul Türkiye'nin sürekli büyüyen ve nüfusu 10 milyondan fazla olan ilidir ve her geçen gün de nüfusu artmaktadır. Arıtma çamurlarının depolanması çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilenmemesi için stabilizasyon işlemini gerektirmektedir. Bu da kuru çamur miktarında artış meydana getirmektedir.

5.2 Çamur Miktarlarının Belirlenmesi

Çamur miktarlarının belirlenmesi için arıtma dereceleri esas alınmıştır.

- 1.İlk Arıtma (Izgara, Kum Tutucu)
- 2.Birinci Derece Arıtma (Izgara, Kum Tutucu ve Ön Çöktürme)
- 3.İkinci Derece Arıtma (Birinci Derece Arıtma + Aktif Çamur Sistemi)
- 4.Üçüncü Derece Arıtma (Birinci Derece Arıtma + İkinci Derece Arıtma +İleri Arıtma)

Çizelge 5.1 Birinci ve ikinci derecede arıtmada kullanılan prosesler ve birim işlemlerin arıtma dereceleri (Metcalf & Eddy 1991)

Arıtma Birimi	Kirlenici Giderme Verimleri %					
	BOI ₅	KOI	AKM	TP	ORG N	NH ₃ -N
Çubuk Izgara	-	-	-	-	-	-
Kum Tutucu	0-5	0-5	0-10	-	-	-
Ön Çöktürme	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Klasik Aktif Çamur	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Damlatmalı Filtre						
Yüksek Hızlı	65-80	60-80	65-80	8-12	15-50	8-15
Plastik Tabakalı	65-80	65-80	65-80	8-12	15-50	8-15

1. İlk Arıtma Çamur Hesabı

İlk arıtma durumunda atıksular, ızgara ve kum tutucu ünitesinden geçirilmektedir. Bu arıtma kademesinde amaç atıksu içindeki kaba maddeleri ızgaralarda tutmak, kum gibi inorganik maddeleri kum tutucularda ayırmak ve kendiliğinden çökelebilen askıdaki katı maddeleri gidermektir.

$$P_X = X_{AKM} * (1 - (1-R_G) * (1-R_{SC}))$$

P_X : İlk arıtmada oluşan çamur miktarı kg / gün

X_{AKM} : Girişteki toplam askıda katı madde yükü, kg / gün

R_G : Izgarada giderilen katı madde yüzdesi, (% 5 – 15) AKM'nin % 8'i

R_{SC} : Kum tutucuda giderilen katı madde yüzdesi, (% 0 – 10) AKM'nin % 4'ü

2. Birinci Derece Arıtma Çamur Hesabı

Birinci derece arıtma durumunda atıksular, ızgara, kum tutucu ve on çökeltim ünitesinden geçirilmektedir. Bu arıtma kademesinde amaç, atıksu içindeki kaba maddeleri ızgaralarda tutmak, kum gibi inorganik maddeleri kum tutucularda ayırmak ve kendiliğinden çökelebilen AKM'leri gidermektir. Kendiliğinden çökelebilen AKM'nin yanında diğer parametreler de Çizelge 5.1'deki oranlarda giderilebilmektedir.

Sadece birinci kademe arıtma yapılması durumunda karbonlu maddelerin yanında azot ve fosfor gibi besin maddeleri de alıcı ortama verilmektedir. Ancak Marmara Denizi'ne deşarj halinde birinci derece arıtmanın yetersiz kalacağı açıktır.

$$P_X = X_{AKM} * (1 - (1-R_G) * (1-R_{SC})) * R_{öç}$$

P_X : Birinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı kg / gün

X_{AKM} : Girişteki toplam askıda katı madde yükü, kg / gün

R_G : Izgarada giderilen katı madde yüzdesi, (% 5 – 15) AKM'nin % 8'i

R_{SC} : Kum tutucuda giderilen katı madde yüzdesi, (% 0 – 10) AKM'nin % 4'ü

$R_{ÖÇ}$: Ön Çöktürmede giderilen katı madde yüzdesi (%50-65) AKM'nin % 60'ı

$$Q_{\text{Ç}} = \frac{P_X}{\rho_{\text{su}} * \gamma_{\text{Ç}} * R_{\text{KM}}}$$

$Q_{\text{Ç}}$: 1. Derece Arıtma sonucu oluşan çamur debisi, m³/gün

ρ_{su} : Suyun yoğunluğu, 1000 kg/m³

$\gamma_{\text{Ç}}$: Ön çökeltim çamurun özgül ağırlığı, 1.02

R_{KM} : Çamurun katı madde yüzdesi, %5 kuru katı (%4-10)

3. İkinci Derece Arıtma Çamur Hesabı

İkinci derece arıtma durumunda ön çökeltim havuzundan çıkan atıksular biyolojik arıtma ünitesine verilmektedir. Biyolojik arıtma ünitesi askıda çoğalan sistemler (örnek : aktif çamur) veya biyofilm sistemleri (örnek: damlatmalı filtre) olarak ikiye ayrılır. Biyolojik büyüme biriminden çıkan atıksular ikincil çökeltim havuzundan geçirilmekte ve bu sırada çamurlar atıksudan ayrılmaktadır. İstanbul gibi sanayi atıksularının yoğun olarak kanalizasyon sistemine geldiği büyük şehirlerde tam karışımli aktif çamur sistemleri amaca daha uygundur. İstanbul için özellikle Marmara Denizi' ne atıksularını veren tesislerde başlangıçta aktif çamur sistemini kurup daha sonraki yıllarda ileri arıtma birimlerini devreye sokmak, yani kademelendirmeye gitmek, kabul edilebilir seçeneklerden birisi olarak gözükmemektedir. Üçüncü kademe arıtma tesisi kuruluncaya kadar ikinci derece arıtma tesislerinden çıkacak çamurun arıtılması için, çözüm üretilmesi gerekmektedir.

$$P_X = Y * Q * (S_{BOI_g} - S_{BOI_c}) * 10^{-3}$$

y

$$Y = \frac{P_X}{1 + k_D * \theta_C}$$

P_X : İkinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı kg / gün

Y : Gözlenen dönüşüm oranı kg UAKM / kg BOI_5

Q : Atıksu Debisi $m^3 / \text{gün}$

S_{BOI_g} : Giriş akımındaki BOI_5 konsantrasyonu, mg / lt

S_{BOI_c} : Çıkış akımındaki BOI_5 konsantrasyonu, mg / lt

y : Teorik dönüşüm oranı, 0,6

k_D : İçsel solunum katsayısı, $0,06 \text{ gün}^{-1}$

θ_C : Çamur yaşı, 10 gün

$$Q_C = \frac{P_X}{\rho_{su} * \gamma_C * R_{KM}}$$

Q_C : İkinci Derece Arıtma sonucu oluşan çamur debisi, $m^3/\text{gün}$

ρ_{su} : Suyun yoğunluğu, $1000 \text{ kg}/m^3$

γ_C : İkinci derece arıtma çamurun özgül ağırlığı, 1.02

R_{KM} : Çamurun katı madde yüzdesi, % 0,8 kuru katı (% 0,5-2)

4. Üçüncü Derece Arıtma Çamur Hesabı

Azot ve fosfor gibi besin maddelerinin alıcı ortama verilmesi durumunda başta ötrofikasyon olmak üzere bir çok çevresel problem ortaya çıkmaktadır. (ÇO eksikliği, azot türlerinin canlı hayatına toksik etkisi vs.) Bundan dolayı son yıllarda tüm dünyada azot ve fosfor giderimi üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar kimyasal ve biyolojik arıtma olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür. Kimyasal çöktürme ile fosforu %98-99 oranında gidermek mümkün olmaktadır. Diğer taraftan azot türleri

amonyağın hava ile sıyrılması veya amonyumun kırılma noktası klorlaması ile etkili bir şekilde giderilmesi mümkündür. Amonyum gideriminde iyon değiştirilmesi de kullanılan yöntemlerden birisidir. Ancak bu yöntemlerin uygulanmasında bir çok sınırlayıcı faktör mevcuttur. Bundan dolayı azot gideriminde nitrifikasyon denitrifikasyon prosesleri ile biyolojik giderim yaygın hale gelmiştir. İstanbul Paşaköy’de azot ve fosforun birlikte biyolojik olarak giderileceği bir tesis yapılmıştır. İkinci derece arıtmadan çıkan atıksulardaki azot ve fosforun biyolojik olarak giderildiği üçüncü derece arıtma durumunda ortaya çıkacak çamur hesabında İstanbul Paşaköy Arıtma Tesisinde planlanan sistem esas alınmıştır. Nutrient giderimi nitrifikasyon-denitrifikasyon mekanizmasıyla meydana gelmektedir. Aktif çamur sistemi ile karbon ve azot gideriminin birlikte gerçekleşmektedir. Bu konuda bir çok çalışma yapılmıştır. Alman Atıksu Birliği tarafından geliştirilen tasarım yöntemi, nüfusu 5000’den büyük olan yerleşim bölgelerindeki tek çamurlu aktif çamur sistemlerinin tasarımına yöneliktir . Sistemde ortaya çıkacak çamur miktarını hesaplarken kullanılan Y_N gözlenen dönüşüm oranı, giriş akımındaki askıda katı madde/organik madde oranına ve toplam çamur bekletme süresine bağlı olarak aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$AKM \quad 0.072 * 0.6 * 1.072^{T-15}$$

$$Y_N = 0.6 * \left(\frac{S_0}{(1 / \theta_x) + 0.08 * 1.072^{T-15}} + 1 \right) - \frac{AKM}{S_0}$$

AKM : Giriş akımındaki askıda katı madde konsantrasyonu, mg / lt

S_0 : Giriş akımındaki BOI_5 konsantrasyonu, mg / lt

θ_x : Çamur yaşı, 15 gün

T : Atıksu sıcaklığı, 18 °C

Y_N : Dönüşüm oranı kg AKM / kg BOI_5

$$P_X = Y_N * Q * (S_{BOI_g} - S_{BOI_c}) * 10^{-3}$$

P_X : Üçüncü derece arıtmada oluşan çamur miktarı kg / gün

Q : Atıksu Debisi m^3 / gün

S_{BOI_g} : Giriş akımındaki BOI_5 konsantrasyonu, mg / lt

S_{BOI_c} : Çıkış akımındaki BOI_5 konsantrasyonu, mg / lt

5.2.1 Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesisi

İlk arıtmada meydana gelen çamur miktarı:

$$P_X = X_{AKM} * (1 - (1 - R_G) * (1 - R_{SC}))$$

$$2001 \text{ yılındaki atıksu debisi } Q = 375.824 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$2001 \text{ yılındaki AKM} : 224 \text{ mg / lt}$$

$$\text{Askıda katı madde yükü} : 375.824 * 224 / 1000 = 84.185 \text{ kg / gün}$$

$$P_X = 84.185 * (1 - (1 - 0,04) * (1 - 0,08))$$

$$= 9833 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 9833 / (1000 * 1,02 * 0,05) = \underline{193 \text{ m}^3 / \text{gün}}$$

Birinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı:

$$P_X = X_{AKM} * ((1 - R_G) * (1 - R_{SC})) * R_{\text{ÖÇ}}$$

$$P_X = 44.611 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 890 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

5.2.2 Baltalıman Atıksu Ön Arıtma Tesisi

İlk arıtmada meydana gelen çamur miktarı:

$$2001 \text{ yılındaki atıksu debisi } Q = 309.642 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$2001 \text{ yılındaki AKM} : 201 \text{ mg / lt}$$

$$\text{Askıda katı madde yükü} : 309.642 * 201 / 1000 = 62.237 \text{ kg / gün}$$

$$P_X = 62.237 * (1 - (1 - 0,04) * (1 - 0,08))$$

$$= 7269 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 7269 / (1000 * 1,02 * 0,05) = \underline{143 \text{ m}^3 / \text{gün}}$$

Birinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı:

$$P_X = X_{AKM} * ((1 - R_G) * (1 - R_{SC})) * R_{\text{ÖÇ}}$$

$$P_X = 32.981 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 647 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

5.2.3 Büyükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesisi

İlk arıtmada meydana gelen çamur miktarı:

$$2001 \text{ yılındaki atıksu debisi } Q = 22.620 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$2001 \text{ yılındaki AKM} : 227 \text{ mg / lt}$$

$$\text{Askıda katı madde yükü} : 22.620 * 227 / 1000 = 5.135 \text{ kg / gün}$$

$$P_X = 5.135 * (1 - (1 - 0,04) * (1 - 0,08))$$

$$= 600 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 600 / (1000 * 1,02 * 0,05) = \underline{12 \text{ m}^3 / \text{gün}}$$

Birinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı:

$$P_X = X_{\text{AKM}} * ((1-R_G) * (1-R_{\text{Sc}})) * R_{\text{ÖÇ}}$$

$$P_X = 2.721 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 53 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

5.2.4 Üsküdar Atıksu Ön Arıtma Tesisi

İlk arıtmada meydana gelen çamur miktarı:

$$2001 \text{ yılındaki atıksu debisi } Q = 20.753 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$2001 \text{ yılındaki AKM} : 312 \text{ mg / lt}$$

$$\text{Askıda katı madde yükü} : 20.753 * 312 / 1000 = 6.475 \text{ kg / gün}$$

$$P_X = 6.475 * (1 - (1 - 0,04) * (1 - 0,08))$$

$$= 756 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 756 / (1000 * 1,02 * 0,05) = \underline{15 \text{ m}^3 / \text{gün}}$$

Birinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı:

$$P_X = X_{\text{AKM}} * ((1-R_G) * (1-R_{\text{Sc}})) * R_{\text{ÖÇ}}$$

$$P_X = 3.431 \text{ kg / gün}$$

$$Q_{\text{Ç}} = 67 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

5.2.5 Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi

İkinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı:

2001 yılına ait değerler

$$Q = 92.095 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$S_{BOI_g} = 304 \text{ mg / lt}$$

$$S_{BOI_ç} = 82 \text{ mg / lt}$$

$$M = 3 \text{ kg/ m}^3$$

$$L_s = 0,3$$

1.yöntemle hesabı

$$P_X = Y * Q * (S_{BOI_g} - S_{BOI_ç}) * 10^{-3}$$

$$Y = \frac{y}{1 + k_D + \theta_C}$$

$$Q_ç = \frac{P_X}{\rho_{su} * \gamma_ç * R_{KM}}$$

$$P_X = (0,6 / (1 + 0,06 * 10)) * 92.095 * (304 - 82) * 10^{-3} = 7.667 \text{ kg / gün}$$

$$Q_ç = 7.667 / (1000 * 1,02 * 0,008) = \underline{940 \text{ m}^3 / \text{gün}}$$

2.yöntemle hesabı

$$M = 3 \text{ kg/ m}^3$$

$$L_s = 0,3 \quad \text{olarak alınmıştır.}$$

$$V = 4 * 6.000 = 24.000 \text{ m}^3$$

$$L = 92.095 * 304 / 1000 = 27.997 \text{ kg / gün}$$

$$E = (304 - 82) / 304 = 0,73$$

Şu anki mevcut durumda tek havuzla arıtım söz konusu olduğundan $V = 6.000 \text{ m}^3$ alınmıştır.

$$P_s = Y * E * L - k_d * M * V$$

$$= (0,6 / (1 + 0,06 * 10)) * 0,73 * 27.997 - 0,06 * 3 * 6.000$$

$$= 6.584 \text{ kg / gün}$$

$$Q_ç = 807 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

5.2.6 Ataköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi

İkinci derece arıtmada oluşan çamur miktarı:

2001 yılına ait değerler

$$Q = 5.221 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$S_{BOI_g} = 151 \text{ mg / lt}$$

$$S_{BOI_ç} = 28 \text{ mg / lt}$$

$$M = 3 \text{ kg/ m}^3$$

$$L_s = 0,3$$

1.yöntemle hesabı

$$P_X = Y * Q * (S_{BOI_g} - S_{BOI_ç}) * 10^{-3}$$

$$P_X = (0,6 / (1 + 0,06 * 10)) * 5.221 * (151 - 28) * 10^{-3} = 241 \text{ kg / gün}$$

$$Q_ç = 241 / (1000 * 1,02 * 0,008) = \underline{30 \text{ m}^3 / \text{gün}}$$

2.yöntemle hesabı

$$M = 3 \text{ kg/ m}^3$$

$$L_s = 0,3 \quad \text{olarak alınmıştır.}$$

$$V = L / (M * L_s) = 788 / (3 * 0,3) = 876 \text{ m}^3$$

$$L = 5221 * 151 / 1000 = 788 \text{ kg / gün}$$

$$E = (151 - 28) / 151 = 0,81$$

$$P_s = Y * E * L - k_d * M * V$$

$$= 0,6 * 0,81 * 788 - 0,06 * 3 * 876$$

$$= 225 \text{ kg / gün}$$

$$Q_ç = 28 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

5.2.7 Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi

Üçüncü derece arıtmada oluşan çamur miktarı:

2001 yılına ait değerler

$$Q = 37.781 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$AKM : 232 \text{ mg / lt}$$

$$S_{BOI_g} = 186 \text{ mg / lt}$$

$$S_{BOI_ç} = 15 \text{ mg / lt}$$

$$T = 18 ^\circ\text{C}$$

$$Y_N = 0.6 * \left(\frac{232}{186} + 1 \right) - \frac{0.072 * 0.6 * 1.072^{18-15}}{(1 / 15) + 0.08 * 1.072^{18-15}} = 1,026$$

$$P_X = 1,026 * 37.781 * (186 - 15) * 10^{-3}$$

$$= 6.628 \text{ kg /gün}$$

Katı madde muhtevası % 0,8 olarak

$$Q_ç = \underline{813 \text{ m}^3 / \text{gün}}$$

Çizelge 5.2 Yenikapı atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (2000-2001)

YENİKAPI ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ							
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	11.629.500	269	3.128.336	365.390	65.395	174
	ŞUBAT	9.757.500	208	2.029.560	237.053		
	MART	10.260.000	201	2.062.260	240.872		
	NİSAN	11.130.100	281	3.127.558	365.299		
	MAYIS	14.461.100	169	2.443.926	285.451		
	HAZİRAN	10.382.500	228	2.367.210	276.490		
	TEMMUZ	10.493.000	217	2.276.981	265.951		
	AĞUSTOS	9.767.700	221	2.158.662	252.132		
	EYLÜL	10.560.900	212	2.238.911	261.505		
	EKİM	10.509.200	203	2.133.368	249.177		
	KASIM	8.789.200	271	2.381.873	278.203		
	ARALIK	9.802.100	225	2.205.473	257.599		
2001 YILI	OCAK	9.544.200	221	2.109.268	246.363	65.956	176
	ŞUBAT	9.532.300	217	2.068.509	241.602		
	MART	9.589.600	172	1.649.411	192.651		
	NİSAN	9.874.800	171	1.688.591	197.227		
	MAYIS	12.271.500	240	2.945.160	343.995		
	HAZİRAN	11.003.400	261	2.871.887	335.436		
	TEMMUZ	11.641.800	281	3.271.346	382.093		
	AĞUSTOS	13.006.000	210	2.731.260	319.011		
	EYLÜL	11.877.400	233	2.767.434	323.236		
	EKİM	9.997.700	258	2.579.407	301.275		
	KASIM	12.377.600	189	2.339.366	273.238		
	ARALIK	16.459.300	108	1.777.604	207.624		

Çizelge 5.3 Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesisinde Oluşan Çamur Miktarları (Ön Çöktürme Havuzunun Olması Durumunda) (2000-2001)

YENİKAPI ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ							
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	11.629.500	269	3.128.336	1.657.768	296.694	791
	ŞUBAT	9.757.500	208	2.029.560	1.075.504		
	MART	10.260.000	201	2.062.260	1.092.833		
	NİSAN	11.130.100	281	3.127.558	1.657.356		
	MAYIS	14.461.100	169	2.443.926	1.295.085		
	HAZİRAN	10.382.500	228	2.367.210	1.254.432		
	TEMMUZ	10.493.000	217	2.276.981	1.206.618		
	AĞUSTOS	9.767.700	221	2.158.662	1.143.918		
	EYLÜL	10.560.900	212	2.238.911	1.186.444		
	EKİM	10.509.200	203	2.133.368	1.130.514		
	KASIM	8.789.200	271	2.381.873	1.262.202		
	ARALIK	9.802.100	225	2.205.473	1.168.724		
2001 YILI	OCAK	9.544.200	221	2.109.268	1.117.743	299.241	798
	ŞUBAT	9.532.300	217	2.068.509	1.096.144		
	MART	9.589.600	172	1.649.411	874.056		
	NİSAN	9.874.800	171	1.688.591	894.818		
	MAYIS	12.271.500	240	2.945.160	1.560.699		
	HAZİRAN	11.003.400	261	2.871.887	1.521.871		
	TEMMUZ	11.641.800	281	3.271.346	1.733.552		
	AĞUSTOS	13.006.000	210	2.731.260	1.447.349		
	EYLÜL	11.877.400	233	2.767.434	1.466.519		
	EKİM	9.997.700	258	2.579.407	1.366.879		
	KASIM	12.377.600	189	2.339.366	1.239.677		
	ARALIK	16.459.300	108	1.777.604	941.988		

Çizelge 5.4 Baltalımanı atıksu arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (2000-2001)

BALTALİMANI ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ								
	TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	8.565.780	103	882.275	103.050	2.021	51.674	138
	ŞUBAT	7.354.650	239	1.757.761	205.307	4.026		
	MART	7.630.790	91	694.402	81.106	1.590		
	NİSAN	7.471.790	229	1.711.040	199.849	3.919		
	MAYIS	8.545.600	186	1.589.482	185.651	3.640		
	HAZİRAN	8.355.120	289	2.414.630	282.029	5.530		
	TEMMUZ	7.479.080	281	2.101.621	245.469	4.813		
	AĞUSTOS	8.189.738	283	2.317.696	270.707	5.308		
	EYLÜL	8.373.267	171	1.431.829	167.238	3.279		
	EKİM	9.491.655	180	1.708.498	199.553	3.913		
	KASIM	8.900.266	238	2.118.263	247.413	4.851		
	ARALIK	9.636.816	398	3.835.453	447.981	8.784		
2001 YILI	OCAK	9.561.780	241	2.304.389	269.153	5.278	50.210	134
	ŞUBAT	8.826.494	341	3.009.834	351.549	6.893		
	MART	9.275.497	282	2.615.690	305.513	5.990		
	NİSAN	8.573.389	266	2.280.521	266.365	5.223		
	MAYIS	11.506.100	145	1.668.385	194.867	3.821		
	HAZİRAN	9.017.342	178	1.605.087	187.474	3.676		
	TEMMUZ	11.519.600	163	1.877.695	219.315	4.300		
	AĞUSTOS	10.565.000	135	1.426.275	166.589	3.266		
	EYLÜL	8.682.500	151	1.311.058	153.132	3.003		
	EKİM	7.676.000	200	1.535.200	179.311	3.516		
	KASIM	8.006.500	150	1.200.975	140.274	2.750		
	ARALIK	9.809.000	111	1.088.799	127.172	2.494		

Çizelge 5.5 Baltalımanı atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları
(ön çöktürme havuzunun olması durumunda) (2000-2001)

BALTALİMANI ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ							
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	8.565.780	103	882.275	467.535	234.442	625
	ŞUBAT	7.354.650	239	1.757.761	931.473		
	MART	7.630.790	91	694.402	367.977		
	NİSAN	7.471.790	229	1.711.040	906.714		
	MAYIS	8.545.600	186	1.589.482	842.298		
	HAZİRAN	8.355.120	289	2.414.630	1.279.561		
	TEMMUZ	7.479.080	281	2.101.621	1.113.691		
	AĞUSTOS	8.189.738	283	2.317.696	1.228.193		
	EYLÜL	8.373.267	171	1.431.829	758.755		
	EKİM	9.491.655	180	1.708.498	905.367		
	KASIM	8.900.266	238	2.118.263	1.122.510		
	ARALIK	9.636.816	398	3.835.453	2.032.483		
2001 YILI	OCAK	9.561.780	241	2.304.389	1.221.142	227.802	607
	ŞUBAT	8.826.494	341	3.009.834	1.594.971		
	MART	9.275.497	282	2.615.690	1.386.107		
	NİSAN	8.573.389	266	2.280.521	1.208.494		
	MAYIS	11.506.100	145	1.668.385	884.110		
	HAZİRAN	9.017.342	178	1.605.087	850.568		
	TEMMUZ	11.519.600	163	1.877.695	995.028		
	AĞUSTOS	10.565.000	135	1.426.275	755.812		
	EYLÜL	8.682.500	151	1.311.058	694.756		
	EKİM	7.676.000	200	1.535.200	813.533		
	KASIM	8.006.500	150	1.200.975	636.421		
	ARALIK	9.809.000	111	1.088.799	576.976		

Çizelge 5.6 Büyükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesisinde Oluşan Çamur Miktarı
(2000-2001)

BÜYÜKÇEKMECE ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ							
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	453.592	197	89.358	10.437	2.809	7
	ŞUBAT	450.320	127	57.191	6.680		
	MART	522.819	362	189.260	22.106		
	NİSAN	613.205	38	23.302	2.722		
	MAYIS	538.586	56	30.161	3.523		
	HAZİRAN	464.258	90	41.783	4.880		
	TEMMUZ	601.569	406	244.237	28.527		
	AĞUSTOS	643.593	150	96.539	11.276		
	EYLÜL	610.837	310	189.359	22.117		
	EKİM	673.931	161	108.503	12.673		
	KASIM	570.196	114	65.002	7.592		
	ARALIK	611.417	150	91.713	10.712		
2001 YILI	OCAK	689.229	185	127.507	14.893	2.339	4
	ŞUBAT	700.225	371	259.783	30.343		
	MART	643.748	280	180.249	21.053		
	NİSAN	664.203	280	185.977	21.722		
	MAYIS	696.277	257	178.943	20.901		
	HAZİRAN	578.045	-	-	-		
	TEMMUZ	702.530	-	-	-		
	AĞUSTOS	710.480	-	-	-		
	EYLÜL	637.800	-	-	-		
	EKİM	480.800	156	75.005	8.761		
	KASIM	238.450	58	13.830	1.615		
	ARALIK	541.100	-	-	-		

Çizelge 5.7 Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları
(ön çöktürme havuzunun olması durumunda) (2000-2001)

BÜYÜKÇEKMECE ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ							
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	453.592	197	89.358	47.352	12.743	34
	ŞUBAT	450.320	127	57.191	30.306		
	MART	522.819	362	189.260	100.293		
	NİSAN	613.205	38	23.302	12.348		
	MAYIS	538.586	56	30.161	15.983		
	HAZİRAN	464.258	90	41.783	22.142		
	TEMMUZ	601.569	406	244.237	129.426		
	AĞUSTOS	643.593	150	96.539	51.158		
	EYLÜL	610.837	310	189.359	100.345		
	EKİM	673.931	161	108.503	57.498		
	KASIM	570.196	114	65.002	34.446		
	ARALIK	611.417	150	91.713	48.600		
2001 YILI	OCAK	689.229	185	127.507	67.569	10.612	17
	ŞUBAT	700.225	371	259.783	137.664		
	MART	643.748	280	180.249	95.518		
	NİSAN	664.203	280	185.977	98.553		
	MAYIS	696.277	257	178.943	94.826		
	HAZİRAN	578.045	-	-	-		
	TEMMUZ	702.530	-	-	-		
	AĞUSTOS	710.480	-	-	-		
	EYLÜL	637.800	-	-	-		
	EKİM	480.800	156	75.005	39.747		
	KASIM	238.450	58	13.830	7.329		
	ARALIK	541.100	-	-	-		

Çizelge 5.8 Üsküdar atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (2000-2001)

ÜSKÜDAR ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ							
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	600.840	-	-	-	4.279	11
	ŞUBAT	587.350	98	57.560	6.723		
	MART	800.990	194	155.392	18.150		
	NİSAN	768.030	228	175.111	20.453		
	MAYIS	772.990	103	79.618	9.299		
	HAZİRAN	708.222	200	141.644	16.544		
	TEMMUZ	671.950	398	267.436	31.237		
	AĞUSTOS	658.320	298	196.179	22.914		
	EYLÜL	682.600	157	107.168	12.517		
	EKİM	773.900	342	264.674	30.914		
	KASIM	677.260	280	189.633	22.149		
	ARALIK	780.260	300	234.078	27.340		
2001 YILI	OCAK	681.420	250	170.355	19.897	4.896	12
	ŞUBAT	748.150	388	290.282	33.905		
	MART	456.450	234	106.809	12.475		
	NİSAN	760.900	410	311.969	36.438		
	MAYIS	689.370	270	186.130	21.740		
	HAZİRAN	627.500	330	207.075	24.186		
	TEMMUZ	702.530	400	281.012	32.822		
	AĞUSTOS	710.480	440	312.611	36.513		
	EYLÜL	637.800	76	48.473	5.662		
	EKİM	480.800	300	144.240	16.847		
	KASIM	238.450	330	78.689	9.191		
	ARALIK	541.100	-	-	-		

Çizelge 5.9 Üsküdar atıksu ön arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları
(ön çöktürme olması durumunda) (2000-2001)

ÜSKÜDAR ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ							
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	AKM mg/ lt	AKM YÜKÜ kg/ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
2000 YILI	OCAK	600.840	-	-	-	19.415	49
	ŞUBAT	587.350	98	57.560	30.502		
	MART	800.990	194	155.392	82.345		
	NİSAN	768.030	228	175.111	92.795		
	MAYIS	772.990	103	79.618	42.191		
	HAZİRAN	708.222	200	141.644	75.060		
	TEMMUZ	671.950	398	267.436	141.720		
	AĞUSTOS	658.320	298	196.179	103.959		
	EYLÜL	682.600	157	107.168	56.791		
	EKİM	773.900	342	264.674	140.256		
	KASIM	677.260	280	189.633	100.490		
	ARALIK	780.260	300	234.078	124.043		
2001 YILI	OCAK	681.420	250	170.355	90.275	22.211	56
	ŞUBAT	748.150	388	290.282	153.826		
	MART	456.450	234	106.809	56.600		
	NİSAN	760.900	410	311.969	165.319		
	MAYIS	689.370	270	186.130	98.634		
	HAZİRAN	627.500	330	207.075	109.733		
	TEMMUZ	702.530	400	281.012	148.914		
	AĞUSTOS	710.480	440	312.611	165.659		
	EYLÜL	637.800	76	48.473	25.687		
	EKİM	480.800	300	144.240	76.436		
	KASIM	238.450	330	78.689	41.699		
	ARALIK	541.100	-	-	-		

Çizelge 5.10 Tuzla atıksu arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları (2000-2001)

TUZLA BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TEİSİ										
TARİH		ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİDERME VERİMİ	L kg / ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
			BOI ₅ mg / lt							
2000 YILI	OCAK	3.075.864	129	70	0,46	396.786	66.973	8.208	157.823	421
	ŞUBAT	2.644.196	99	44	0,56	261.775	53.457	6.551		
	MART	2.443.392	261	78	0,70	637.725	166.598	20.416		
	NİSAN	2.976.133	184	108	0,41	547.608	83.740	10.262		
	MAYIS	3.044.100	214	134	0,37	651.437	90.243	11.059		
	HAZİRAN	2.591.400	180	128	0,29	466.452	49.452	6.060		
	TEMMUZ	2.338.100	170	168	0,01	397.477	674	83		
	AĞUSTOS	2.046.864	137	98	0,28	280.420	28.855	3.536		
	EYLÜL	2.582.900	171	43	0,75	441.676	122.899	15.061		
	EKİM	2.963.741	213	37	0,83	631.277	194.527	23.839		
	KASIM	2.991.200	290	40	0,86	867.448	279.345	34.233		
	ARALIK	2.217.200	223	40	0,82	494.436	151.075	18.514		
2001 YILI	OCAK	2.763.500	290	95	0,67	801.415	201.001	24.632	316.475	844
	ŞUBAT	2.430.700	360	90	0,75	875.052	245.028	30.028		
	MART	2.272.000	440	100	0,77	999.680	288.600	35.368		
	NİSAN	2.153.400	410	140	0,66	882.894	216.952	26.587		
	MAYIS	2.039.300	360	150	0,58	734.148	159.515	19.548		
	HAZİRAN	1.871.100	325	95	0,71	608.108	160.302	19.645		
	TEMMUZ	2.428.400	415	70	0,83	1.007.786	313.094	38.369		
	AĞUSTOS	3.504.900	264	52	0,80	925.294	277.560	34.015		
	EYLÜL	3.176.900	184	78	0,58	584.550	125.202	15.343		
	EKİM	2.471.300	217	84	0,61	536.272	122.176	14.973		
	KASIM	3.506.800	255	39	0,85	894.234	282.971	34.678		
	ARALIK	4.996.400	122	20	0,84	609.561	190.032	23.288		

Çizelge 5.11 Ataköy biyolojik atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamur miktarları
(2000-2001)

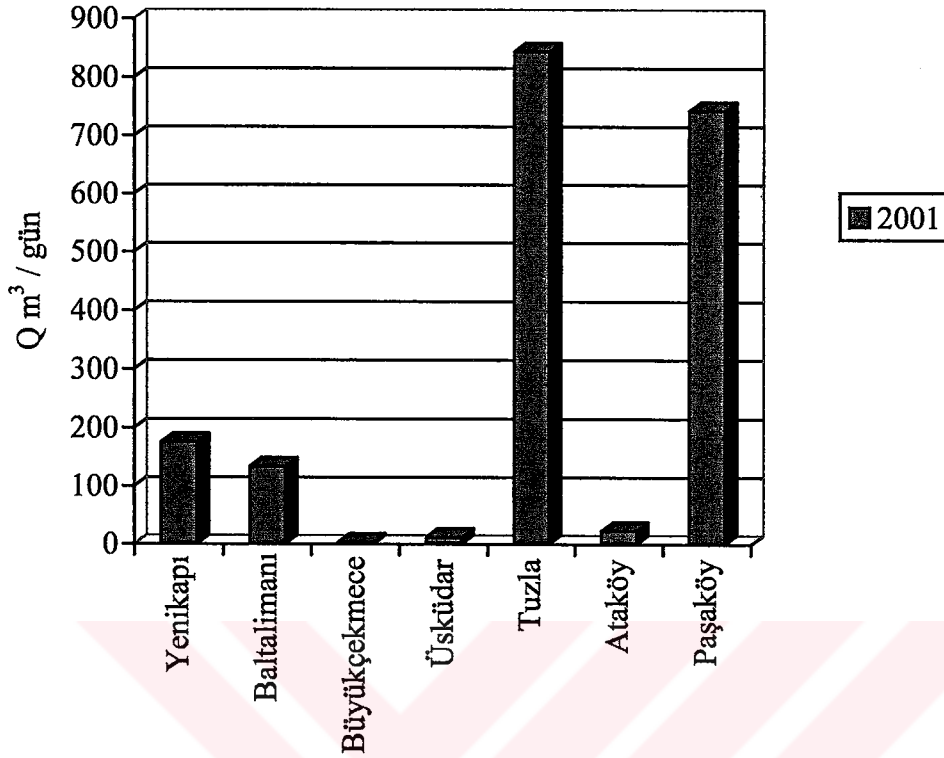
ATAKÖY BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ										
TARİH		ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİDERME VERİMİ	L kg / ay	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ / yıl	Q _ç m ³ / gün
			BOİ ₅ mg / lt							
2000 YILI	OCAK	219.296	299	42	0,86	65.570	20.055	2.458	13.778	37
	ŞUBAT	81.604	228	47	0,79	18.606	4.459	546		
	MART	151.313	197	35	0,82	29.809	8.112	994		
	NİSAN	147.686	159	25	0,84	23.482	6.341	777		
	MAYIS	185.071	178	38	0,79	32.943	8.636	1.058		
	HAZİRAN	220.118	124	32	0,74	27.295	6.514	798		
	TEMMUZ	226.482	183	37	0,80	41.446	11.320	1.387		
	AĞUSTOS	221.959	117	25	0,79	25.969	6.578	806		
	EYLÜL	231.553	156	28	0,82	36.122	10.035	1.230		
	EKİM	226.288	178	28	0,84	40.279	11.649	1.428		
	KASIM	109.153	247	31	0,87	26.961	7.761	951		
	ARALIK	150.877	241	28	0,88	36.361	10.971	1.345		
2001 YILI	OCAK	166.859	164	30	0,82	27.365	7.305	895	5.749	24
	ŞUBAT	167.853	125	31	0,75	20.982	4.837	593		
	MART	186.431	187	37	0,80	34.863	9.407	1.153		
	NİSAN	182.107	-	-	-	-	-	-		
	MAYIS	150.035	157	29	0,82	23.555	6.122	750		
	HAZİRAN	90.988	165	20	0,88	15.013	3.867	474		
	TEMMUZ	132.384	108	21	0,81	14.297	3.239	397		
	AĞUSTOS	142.679	134	24	0,82	19.119	4.806	589		
	EYLÜL	160.563	-	0	-	-	-	-		
	EKİM	169.876	166	34	0,80	28.199	7.329	898		
	KASIM	159.953	-	-	-	-	-	-		
	ARALIK	195.815	-	-	-	-	-	-		

Çizelge 5.12 Paşaköy İleri biyolojik atıksu arıtma tesisinde oluşan çamur miktarları
(2000-2001)

PAŞAKÖY İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ										
TARİH	ATIKSU MİKTARI m ³ / ay	GİRİŞ BOI ₅ mg / lt	ÇIKIŞ	GİDERME VERİMİ	AKM mg/lt	Y _N	P _x kg / ay	Q _ç m ³ / ay	Q _ç m ³ /yıl	Q _ç m ³ /gün
2000 YILI	OCAK	-	-	-	-	-	-	-	147.209	545
	ŞUBAT	-	-	-	-	-	-	-		
	MART	64.341	-	-	-	-	-	-		
	NİSAN	1.148.103	90	56	0,38	272	2	81.632		
	MAYIS	1.324.378	90	40	0,56	114	1	68.728		
	HAZİRAN	824.093	127	36	0,72	157	1	76.464		
	TEMMUZ	790.767	151	22	0,85	353	2	171.430		
	AĞUSTOS	788.286	148	29	0,80	220	1	109.733		
	EYLÜL	862.153	170	21	0,88	239	1	144.058		
	EKİM	1.171.605	155	18	0,88	196	1	166.385		
	KASIM	1.089.384	172	22	0,87	249	1	187.346		
	ARALIK	1.639.404	136	21	0,85	172	1	195.453		
2001 YILI	OCAK	1.764.572	118	30	0,75	136	1	150.533	271.203	743
	ŞUBAT	1.330.933	109	25	0,77	159	1	128.917		
	MART	1.150.821	170	10	0,94	246	1	211.038		
	NİSAN	954.307	203	15	0,93	234	1	173.941		
	MAYIS	902.427	231	15	0,94	226	1	168.591		
	HAZİRAN	846.369	274	15	0,95	331	1	219.803		
	TEMMUZ	832.962	260	11	0,96	338	1	219.414		
	AĞUSTOS	1.076.215	221	13	0,94	343	1	270.663		
	EYLÜL	999.499	225	10	0,96	267	1	212.720		
	EKİM	1.064.722	249	14	0,94	229	1	207.598		
	KASIM	1.300.016	141	12	0,91	194	1	185.046		
	ARALIK	1.567.045	32	9	0,72	81	2	64.755		

Çizelge 5.13 Atıksu arıtma tesislerinde meydana gelen çamurun hacmi

Arıtma Tesisleri Birimleri		2001 YILI	
		Atıksu Miktarı m ³ / gün	Q _ç m ³ / gün
Atıksu Ön Arıtma Tesisleri	Yenikapı	375.824	176
	Baltalimanı	309.642	134
	Büyükçekmece	22.620	4
	Üsküdar	20.753	12
Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisleri	Tuzla	92.095	844
	Ataköy	5.221	24
Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisleri	Paşaköy	37.781	743
	Terkos	2.533	-
Toplam		866.468	1.937



Şekil 5.1 Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurun hacmi

İstanbul'daki çamur yönetimlerinden birisi Asya ve Avrupa Yakasındaki arıtma çamurlarının ayrı ayrı toplanarak her bir yakada birer merkezde arıtılmasıdır. Böyle bir durumda Asya ve Avrupa Yakasındaki çamurların miktarlarının bilinmesi büyük önem kazanmaktadır. Her bir yakada kurulacak ortak birer merkezde arıtma halinde çamur nakli gerek teknolojik gerekse ekonomik açıdan ayrı bir planlama yapılmasını gerektirmektedir. Çamur naklinde çamurun katı madde yüzdesi, taşıma mesafesi, taşımada katedilecek yolun topografik açıdan durumu, eğer kamyonlarla taşıma sözü konusu ise trafiğe getireceği yük ve sızıntı suların yollara dökülme ihtimali gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Her nakil şeklinin ayrı bir ekonomik boyutu vardır. Ortak bir merkezde arıtmak mı yoksa ayrı çamur arıtma tesisleri kurarak hacmi azaltılmış ve konsantre hale getirilmiş çamurun nihai depolama alanına verilmesinin mi daha ekonomik olduğu araştırılması gereken bir husustur.

5.3 Tuzla Atıksu Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurların Kompostlaştırma İşleminin İncelenmesi

Kompostlaştırmanın ; uzaklaştırılacak çamurun hacminin ve ağırlığının, koku ve sızıntı gibi emisyonların , kaynakların yeniden kazanılmasıyla depolama maliyetlerinin azaltılması temel amaçlarındandır. Bu amaçlara ulaşmak için en uygun sistemdir. Bir aerobik ayrışma işlemi olup, bazı organik maddeler karbondioksit ve suya ayrışırken, çoğunlukla humik (gübresel) maddelerden stabilize ürünler oluşur.

Tuzla atıksu arıtma tesisinde 2001 yılında $940 \text{ m}^3 / \text{gün}$ çamur hacmi meydana gelmektedir. Kompostlaştırma için tınaz yöntemi seçilmiştir. Ham çamurda C / N oranı %15 'den az olduğundan katkı maddesi ilave edilerek oranın % 25- 35 yapılması gerekir. Kompostlaştırma sırasında pH'nın 5,5-8 arasında olmasıdır. Tınaz yöntemi en ucuz yöntemdir. Kompost süresi 3 gündür. Tınazlar iki günde bir aktarılır. Kümelere hacimsel olarak % 5-15 oksijen muhtevası olması gerekir. Bunun için 1 ton kompost malzemesine $20\text{-}200 \text{ m}^3 / \text{saat}$ hava verilir. Katkı maddesi olarak talaş kullanılmıştır. Kuru katı madde muhtevası % 25'e ulaştıktan sonra 2 / 1 hacim oranında talaş ilave edilir. Kompost bloklarının genişliği 5 m , yüksekliği 2,5m ve uzunluğu 50 m olarak kabul edilmiştir. Bloklar arası 1 m'dir. Bu verilere göre kompostlaştırma alanının hesabı yapılmıştır.

$$\text{Çamur hacmi} = 352.500 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

$$\text{Katkı maddesi olarak talaş hacmi} = 705.000 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

$$\text{Toplam hacim} = 1.057.500 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

$$V = 81.346 \text{ m}^3 / 4 \text{ hafta}$$

$$\text{Bir küme hacmi} = (1 / 2) * \pi d^2 .h / 4 = (1 / 2) * \pi 5^2 .50 / 4 \cong 500 \text{ m}^3 \text{ olarak alınmıştır.}$$

$$\text{Küme sayısı} = 81346 / 500 \cong 163$$

$$6*30=180 \text{ adet küme sayısı olarak alınmıştır.}$$

$$\text{Gerekli alan} = (6*50+7*1) * (30*5+31*1) = 56.000 \text{ m}^2 \text{ alana ihtiyaç vardır. Tınaz tipi kompostlaştırmada çok büyük alana ihtiyaç vardır.}$$

Arıtma çamuru İstanbul'da Kemerburgaz Mevkiinde Kısırmandıra Köyü yakınında kurulan Kompost ve Geri kazanım Tesisinde kompostlaştırılabilir. Tesiste kompostlaştırma , basınçlı havalandırma ile yapılabilmektedir. Bununla, yığınlar arasından geçen yoğun hava ile oksijenli ortamda çürüme sağlanır. Atıklar özel bölümlerde, nem , su ve ısı ortamlarında birer hafta bekletilip, 8 haftada kompostlaştırma gerçekleşir.

5.4 Çamur Yönetim Çalışması Teklifleri

5.4.1 Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Sistemleri Çamurları

İstanbul için hazırlanan çamur Yönetim Planının genel tanımlanması ve tesisleri aşağıda özetlenmektedir.

5.4.1.1 Avrupa Yakası

Çamur yönetim planı, yakma tesislerinin Baltalimanı ve Küçükçekmece atıksu arıtma tesislerinde inşa edilmesini ve yakma sonucu oluşan külün katı atıklarla birlikte düzenli depolama alanlarına depolanmasını önermektedir. Küçükçekmece tesislerinin aynı zamanda Büyükçekmece'de oluşan çamurun arıtılmasında kullanılması öngörülmüştür. Terkos arıtma tesisinde üretilen çamurun da yakılmadan katı atıklarla birlikte düzenli depolama alanında uzaklaştırılması düşünülmüştür. Yakma tesislerinde, baca emisyonlarının kontrolü için elektrostatik çöktiricinin de bulunduğu akışkan yataklı yakma fırınları tavsiye edilmiştir. Yakma seçeneğinin geçerli olabilmesi için çamur arıtma teknolojileri (yoğunlaştırma, susuzlaştırma ve stabilizasyon) dikkatle seçilmelidir. Büyükçekmece arıtma tesisinde ise, yoğunlaştırma, daha sonra havasız ortamda , çürütme ve yüksek verimli santrifüjle susuzlaştırma çamurun nakli için en ekonomik çözüm olarak görülmüştür. Bu çamur Küçükçekmece arıtma tesisine aktarılacağı için, ilk arıtma çamurun hacmini, kokusunu ve fare gibi hayvanları çekiciliğini azaltacak şekilde olmalıdır. Aynı şekilde, Terkos içinde havasız ortamda çürütülmüş çamurun yüksek verimli santrifüjle susuzlaştırılması tavsiye edilmiştir.

5.4.1.2 Asya Yakası

Asya yakasında olduğu gibi, Riva ve Tuzla arıtma tesisleri için çürütülmemiş yoğunlaştırılmış yüksek verimli santrifüjle susuzlaştırılması ve Tuzla'ya, Adalar arıtma tesisi için ise havasız ortamda çürütülmüş, yoğunlaştırılmış çamurun yüksek verimli santrifüjle susuzlaştırılması ve Tuzla'ya nakli, Tepeören için, uygun saha bulunması halinde anaerobik olarak çürütülen çamurların susuzlaştırılması için kurutma yatakları çamur yönetimi çalışmasında tavsiye edilmektedir. Tepeören ve Adalar arıtma çamurlarının Tuzla'ya, Paşaköy arıtma çamurlarının ise Riva'ya taşınarak, Tuzla ve Riva arıtmalarının kendi çamurlarıyla birlikte yakılması önerilmektedir.

5.4.1.3 Yakma Tesisleri

Her tesis; bir çamur silosu, çamur besleme pompaları, bir akışkan yataklı yakma fırını, bir hava ön ısıtıcısı ve tamamlayıcı ekipmanlardan oluşmalıdır. Ayrıca hava kirliliğini kontrol etmek açısından kontrol edici bir sistem de mevcut olmalıdır. Çıkan küllerin işlenmesi için yoğunlaştırıcı ve vakum filtreleri, taşınması için ise 23 m³'lük tekerlekli konteynerlar bulunmalıdır. Diğer arıtma tesislerinden çamurların geleceği yakma tesislerine bir de çamur kabul istasyonu teşkil edilmelidir. Bu istasyonlar, konteynerlardan doğrudan boşaltmaya imkan verecek şekilde dizayn edilmeli ve 1500 m³'lük beton silolardan oluşmalıdır. Bu silolar bulundukları tesisteki çamuru ve dışarıdan gelecek çamurları 24 saat süreyle depolayabilecek hacimde boyutlandırılmalıdır.

5.4.1.4 Susuzlaştırılmış Çamurun Taşınması

Tavsiye edilen susuzlaştırılmış çamur nakil araçları olarak 23 m³'lük kamyonla taşınabilir tekerlekli konteynerlar seçilmiştir. Bu konteynerların sayısı, optimum noktayı yakalaması açısından üç günlük susuzlaştırılmış çamur hacminin depolanmasına, kamyonların sayısı ise, konteynerları ilgili yakma tesisine haftada bir gün sekiz saat süresince taşımaya uygun şekilde seçilmelidir.

5.5 Çamur Yönetim Stratejileri

Çamur yönetim çalışmasında (İSKİ 1993) maliyetle ilgili olmayan aşağıdaki kriterler kullanılmıştır:

5.5.1 Güvenirlik

Susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırılması, son arıtma gerekmediğinden en güvenilir olarak değerlendirilmiştir. Diğer yandan bölgesel yakma tesisleri bağımsız yakma tesislerinden daha güvenilir bulunmuştur.

5.5.2 Esneklik

Bu kriter, alternatifin çamur miktarı ve kalitesindeki değişikliklere uyabilme ölçüsüdür. Örneğin bölgesel yakma tesisleri bağımsız yakma tesislerinden daha fazla esnektir.

5.5.3 Düzenli Depolama Politikasına Etkisi

Burada susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırma alternatifinin en az yararlı olduğu üzerinde durulmuştur. Düzenli depolama sahalarına kabul edilecek çamurların katı madde yüzdesi % 25 -35 arasında olması istenmektedir. Bunun için susuzlaştırılmış çamurdaki katı madde yüzdesi artırılacaktır bu da katı atıklarla birlikte uzaklaştırılması alternatifini olumsuz yönde etkileyebilir. Bölgesel ve bağımsız yakma alternatiflerinin her ikisi için de düzenli depolamaya gönderilecek küllerin çok küçük hacme sahip olduklarından dolayı en yararlı alternatif olarak değerlendirilmektedir.

5.5.4 Trafiğe Etki

Susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırılması en az yararlı alternatif, bağımsız yakma en çok yararlı alternatif, bölgesel yakma ise bu iki alternatif arasında kalmıştır.

5.5.5. Yönetmeliklere Uygunluk

Çamur yönetim alternatiflerinin her biri yönetmeliklere uygun olmalıdır. Yakma alternatifi, çevreye olası ters etkileri yüzünden yönetmeliklere uygunluğu en çok problem yaratacak alternatiftir. Susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırılmasının olumsuz etkileri yönetmelikte yer almakta ya da düzenli depolama yönetiminin sorumluluğuna bırakılmaktadır. Bu alanda susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırılması en olumlu, bölgesel yakma ikinci olumlu, bağımsız yakma ise en olumsuz alternatifi oluşturmaktadır.

5.5.6 Sorumluluk Minimizasyonu

Eğer bir yönetim alternatifi yönetmelik standartlarını karşılamıyorsa muhtemel sorumluluklar değerlendirilmiştir. Susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırılması, düzenli depolama alanının işletilmesi, arıtma tesislerinin kontrolü dışında olduğundan sorumluluk risk taşır. Bu sebeple bu alternatif en olumsuz olanı, her tesiste en fazla kontrolü sağlamak mümkün olacağından bağımsız yakma en olumlu alternatif olarak değerlendirilmiştir.

5.5.7 Karmaşıklık

Yakma , susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırma çok daha karmaşıktır. Bu sebeple susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırma en olumlu, bölgesel yakma ikinci olumlu, bağımsız yakma ise en olumsuz alternatif olarak değerlendirilmiştir.

5.5.8 Çamur Yönetim Stratejileri Kanuni Faktörleri

Yukarıda sözü edilen Evsel Atık Çamurların Yönetimi çalışmasında İstanbul için evsel çamurların yönetimi ile ilgili çeşitli alternatifler incelenirken ekonomik faktörler ve aşağıda özetlenen yasal faktörler de göz önüne alınmıştır.

14 Ağustos 1998 tarihli İSKİ Havza Koruma Yönetmeliği : Yüzeysel suların korunmasını amaçlayan bu yönetmeliğin koruma alanlarına katı atık ve çamur dökülmesini yasaklamaktadır.

14 Mayıs 1991 tarihli Katı Atık Kontrol Yönetmeliği, Madde 28 (208/4 sayılı resmi gazete): Bu madde evsel arıtma çamurları, çamurun su içeriğinin en çok % 65 olması durumunda katı atıklarla birlikte depolanabileceği belirtilmektedir. Depolama alanının stabilitesinin bozulmaması ve koku sorununun yaratmaması şartı ile su içeriği % 75'e kadar alan çamurlar da kabul edilebilmektedir.

5.5. 9 Çamur Yönetim Stratejilerinin Ekonomik ve Pazarlama Faktörleri

Evsel Atık Çamurlarının Yönetimi çalışmasında kullanılan ve tavsiye edilen çamur yönetimine önemli etkisi olan üç unsur şunlardır :

- Depolama alanına boşaltım ücreti,
- Endüstriyel ön arıtma,
- Yararlı kullanım seçeneklerinin bulunmayışı

Ekonomik analizlerde depolama boşaltım aracı için kabul edilen ücret 20 USD/ton ıslak çamur olarak tespit edilmiştir. Bu değerler ile yapılan hesaplamalar sonucunda çamuru yakma alternatifi ile çamuru susuzlaştırılmış çamurun evsel atıklarla birlikte depolanması alternatiflerinin maliyetlerinin birbirine eşit olduğu görülmüştür. Bu durumda yukarda sözü edilen çalışmanın yetkilileri tarafından öne sürülen çözüm , susuzlaştırmış çamurun yakılması ve küllerin katı atıklarla birlikte depolanmasıdır. Ancak depolama alanına boşaltım ücretinin 20\$'dan daha düşük olacağının tespit edilmesi ve depolama alanının mevcudiyeti halinde yeniden değerlendirme yapılması da tavsiye edilmektedir.

Çamur yönetim planının başarısı için önemli bir nokta endüstriyel ön arıtma programının yürütülmesidir. Böyle bir program olmadan atıksu arıtma tesislerinin işleyişinde çok büyük problemler ile karşılaşılabilir.

Çamur Yönetim çalışmasında son olarak İSKİ'nin dikkati çekilen bir nokta da İstanbul Metropolü içerisinde atıksu çamurlarının faydalı, kullanımı için bir seçenek

bulamayışıdır. Yakma tesislerinin, ilgili oldukları arıtma tesisinin planlanan inşaat etaplarına uyacak şekilde bölümler halinde inşa edilmeleri tavsiye edilmektedir.

5.5.10 Çamur Yönetim Stratejilerinin Arazi Kullanımı Açısından Değerlendirmesi

İstanbul Büyükşehir Belediyesin'ce yaptırılan Katı Atık Yönetim Etüdü (1992) verilerine göre, 2020 Yılına kadar tahmini düzenli katı atık depolama sahası ihtiyaçları Avrupa Yakası için 77 milyon m³ (yaklaşık 171 ha) ve Asya Yakası için 44 milyon m³ (yaklaşık 98 ha) olarak belirlenmiştir. 2020 yılı için İstanbul genelinde kişi başına düşen yıllık katı atık depolama hacim ihtiyacı yaklaşık 0.39 m³'tür. % 30 katı madde oranına sahip arıtılmış çamurların, tamamının evsel katı atıklarla birlikte depolanması durumunda, kişi başına düşen evsel atıksu çamuru depolama ihtiyacı ise yaklaşık 0.11 m³ olarak tahmin edilmektedir. Yakma ile bertaraf çamur hacmini büyük oranda azaltacağı gibi, kompostlama ve arazi uygulamaları da çamurun depolama sahaları dışında değerlendirilmesini sağlayacaktır.

5.6 Çamur Yönetim Stratejileri

Çamur yönetim çalışmasında ilgili yasal düzenlemeler de göz önüne alınarak, çamurun faydalı kullanımı ve uzaklaştırılması için değerlendirilen alternatifler aşağıda verilmektedir.

5.6.1 Tarım Alanlarına Uzaklaştırma

Çamurun tarım alanlarına uzaklaştırılarak bertaraf edilmesi alternatifi için gerekli alan ihtiyacı 2020 yılı için 63.000 ha olarak belirtilmiştir. Bu ihtiyaç 2032 yılında daha da artacaktır. İstanbul Metropolitan alanında şu anda tarım için kullanılacak arazi 2020 yılı ihtiyacını yaklaşık iki katıdır. Ancak bu alanın halihazırda büyük bir kısmı insanlar tarafından doğrudan tüketilen yiyeceklerin üretiminde kullanılmakta olduğundan uygun değildir. Tarım arazileri, giderek artan bir hızla İstanbul'un artan nüfusunun konut ihtiyacını karşılamak amacıyla da kullanılmaktadır. Bu nedenlerin yanında, tarımsal arazi sahiplerini, arazilerinin çamur uzaklaştırılması için kullanılmasına ikna etmenin

zorlukları da göz önüne alındığında, çamurun tarım arazilerine uzaklaştırılması uygun bir çözüm olarak görülmemektedir.

5.6.2 Orman Alanlarına Uzaklaştırma

İstanbul Orman Müdürlüğünden alınan bilgiye göre, İstanbul' un orman alanları, Avrupa Yakasında 143.420 ha, Asya Yakasında 97.784 ha'dır. Çamurun orman alanlarına uzaklaştırılması alternatifi için gerekli alan ihtiyacı ise 2020 Yılı için Avrupa yakasında 31.946 ha., Asya Yakasında 30.758 ha.'dır. Görüldüğü gibi bu alternatif için gerekli orman alanı İstanbul'da mevcuttur. Ancak, İstanbul'daki orman alanlarının büyük bir çoğunluğu İSKİ'nin kontrolünde bulunan içme suyu havzalarıdır. Dolayısıyla, 1998 tarihli İSKİ yönetmeliğine göre orman alanlarının büyük bir kısmına çamurun uzaklaştırılması mümkün değildir. Orman alanlarına ulaşımın sınırlı oluşu ve bu yollardaki dik eğimler de göz önüne alındığında çamurun orman alanlarına uzaklaştırılması alternatifi bu araştırmaya göre uygun bir alternatif olarak görülmemiştir

5.6.3 Tahsis Edilmiş Alanlara Uzaklaştırma ve Tek Tip Dolgu

Çamurun tahsis edilmiş alanlara veya tek tip dolgu halinde uzaklaştırılması alternatif için gerekli alan ihtiyacı 2020 yılında susuzlaştırılmış çamur için 2.083 ha yanma sonrası küller için 1.378 ha'dır (Master Plan Etüdü, 1997). Bu alanlar su koruma bölgeleri dışında yer almalı, ancak nakliyenin ekonomik bir biçimde yapılabilmesi için kente yakın olmalı ve ayrıca civardaki yerleşimleri rahatsız edecek bir yerde bulunmamalıdır.

5.6.4 Dağıtım ve Pazarlama

Halihazırda İstanbul'da ve Türkiye'de çamur ürünleri için herhangi bir pazar bulunmadığı tespit edilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğünün yıllık 1500 m³ alan organik gübre ihtiyacı, dağıtım ve pazarlama seçeneklerini hiçbirini gerçekleştirmek için yeterli değildir.

5.6.5 Düzenli Depolama Alanlarına Katı Atıklarla Birlikte Uzaklaştırılma

Atıksu arıtmadan çıkan atık çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırılması alternatifi, yukarıda sözü edilen Katı Atık yönetmeliği de göz önünde tutularak uygulanabilir bir alternatif olarak değerlendirilmiştir. Katı atıklarla birlikte uzaklaştırma alternatifi, çamurun yakılması durumunda küller için de geçerlidir

İstanbul'da ilçe belediyeler tarafından katı atık aktarma merkezlerine getirilen çöpler, buradan İstanbul. Büyükşehir Belediyesi'nin yan kuruluşu olan İSTAÇ tarafından düzenli depolama alanlarına taşınmaktadır. Edinilen bilgilere göre, Ocak 1997 fiyat ile 1 ton çöp için 18.900 TL / km (0,18 \$ / km) taşıma ücreti uygulanmaktadır. Düzenli depolama alanına getirilen çöplerin serilerek depolanması ücretinin ise 8 ile 12 \$ / ton arasında değiştiği bildirilmiştir. Ancak, söz konusu düzenli depolama alanına girişte ayrıca boşaltma ücreti alınmamaktadır. Dolayısıyla, 8 ile 12 \$ / ton olduğu bildirilen , depolama ücretinin ilçe belediyelerinin topladığı çöp vergilerinden Büyükşehir Belediyesi payı olarak alındığı tahmin edilmektedir.

Diğer taraftan, İzmit Büyükşehir Belediyesi'nin yan kuruluşu olan İZAYDAŞ'ın uygulamasında ise, ilçe belediyelerince düzenli depolama alanına getirilen çöpler tesis girişinde tartılarak, ücret olarak 5 \$ / ton çöp uygulanmaktadır. Ayrıca, zararsız nitelikteki atıksu arıtma tesislerinden çıkan çamurlar için (97 Aralık uygulaması) 35 \$ / ton çamur kabul ticareti alınmaktadır. Bu ücret içine depolama alanına da serme ve depolama dahil olduğu bildirilmiştir.

5.7 Sonuç

Yukarıda özetlenen çamurun uzaklaştırılması ilgili alternatiflerden aşağıdakiler uygulanabilir olarak değerlendirilmiştir :

1. Susuzlaştırılmış çamurun katı atıklarla birlikte uzaklaştırılması,
2. Yakma ve sonrasında küllerin katı atıklarla birlikte uzaklaştırılmasıdır.

İstanbul çamur yönetim planında değerlendirilen çamur yönetim alternatiflerinin çevreye zarar vermeden en uygun şekilde değerlendirilebilmesi için bir takım ilkeler benimsenmelidir. Bu ilkelerin mümkün olduğu kadar bir bütün halinde geçerliliğinin sağlanması baz alınarak yönetim planlaması yapılmalıdır. Söz konusu ilkeler aşağıdaki gibidir.

- Geri kullanım maksimum olmalı
- Çevresel olumsuz etkiler minimum olmalı
- Maliyet en düşük veya düşük olmalı
- Halk sağlığı ön planda tutulmalı
- Planlama geleceğe yönelik önü açık olmalı
- Belirlenen çamur yönetim alternatifleri çamur miktarı ve kalitesindeki değişikliklere karşı esneklik göstermeli
- Değerlendirilen çamur yönetim alternatiflerinden herbiri mevzuat ve yönetmelikler ile uyum içinde olmalı.

6. SONUÇLAR

İstanbul'daki evsel atıksu arıtma tesislerinde işletme maliyetlerinin ve ortaya çıkan çamur miktarlarının hesaplandığı ve oluşan çamurların incelendiği bu araştırmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Evsel atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetleri hesaplanarak ABD'deki arıtma tesislerinin işletme maliyetleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre İstanbul'daki arıtma tesislerinde 1 m³ atıksu debisi 0.0152 \$ daha ucuza arıtılmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinde sarf edilen elektrik enerjisi 2000 yılı için 0,0058-0,405 kwh/m³ ve 2001 yılı için 0,057-0,509 kwh/m³ aralıklarında değişmektedir. İstanbul'daki evsel atıksu arıtma tesislerinde en fazla elektrik enerjisi sarfiyatı Paşaköy ileri biyolojik arıtma tesisinde 1 m³ atıksu debisi için 0,509 kwh'dir.

Atıksu ön arıtma tesislerinde işletme birim maliyeti 0.0070-0,0306 \$ / m³ aralığında değişmektedir. Ataköy biyolojik arıtma tesisinde 1 m³ atıksu debisi 0,0867 \$'a , Tuzla biyolojik arıtma tesisinde 1 m³ atıksu debisi 0,0432 \$'a, Paşaköy ileri biyolojik arıtma tesisinde 1 m³ atıksu debisi 0,0741 \$'a ve Terkos ileri biyolojik arıtma tesisinde 1 m³ atıksu debisi 0,0480 \$'a arıtılmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerini besleyen atıksuların açık kanallardan gelmesi arıtma tesislerini olumsuz yönde etkilemektedir. Atıksu debisi 1,6 kat artarken , kirletici konsantrasyonları azalmaktadır. Bunun sonucunda biyolojik arıtma tesisleri çalışamaz hale gelmektedir. Tekrardan prosesin düzenli bir şekilde çalışması için uzun bir zaman gerekiyor. En kısa sürede açık kanalların kapalı hale getirilmesi gerekmektedir.

2001 yılı için İstanbul'daki evsel atıksu arıtma tesislerinin kullanım kapasiteleri % 42,6'dır. Şu anki mevcut durumda arıtma tesislerinin kullanımı toplam kapasitelerinin yarısı olmadığından mevcut tesisler yeterli olup verimin artmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Kapasite artışı için tesislere ek ünitelere ihtiyaç yoktur.

Herbir arıtma tesisi için 2000 ve 2001 yılları için aylara göre oluşan çamur miktarları hesaplanmıştır. Atıksu ön arıtma tesislerinde ayrıca ön çöktürme havuzlarının yapılacak olması durumu için çamur miktarları hesaplanmış olup hesaplanan çamur miktarlarına bakıldığında ön çöktürme havuzlarının önemi görülmektedir. Kritik bölgeler için ön arıtma tesislerinin denize deşarjından önce mutlaka ön çöktürme havuzlarının yapılması gerekmektedir.

Evsel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamuru için kompostlaştırma alternatifi şimdiye kadar yapılan çamur yönetim çalışmalarında önerilmemiştir. Bu çamurların kompostlaştırılıp tarım arazilerinde kullanılması üzerinde durulması gereken bir alternatiftir.

Çamurun düzenli depolama alanlarına depolanması kısa vadede uygulanabilecek bir öneridir. Fakat uzun vadede çamurun depolanması için taş ve maden ocakları uygun alanlar olabilir.

Çamur arıtma konusunda yasal mevzuatta önemli boşluklar bulunmaktadır. Arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırılmasının nasıl yapılacağı konusunda belirsizlikler mevcuttur.

KAYNAKLAR

ASCE, (1992), Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Manual and Report on Engineering Practice, No: 8,76 Chapter 17,20 , USA.

EPA, (1989), Retrofitting POTW's Handbook, EPA/625/6-89/020.

EPA, (1994) Environmental Regulations and Technology , Use and Disposal of Municipal Wastewater Sludge EPA/625/10-94/003.

EPA, (1995), Construction Costs for Municipal Wastewater Treatment

Erdin, E., (1995), Gamma Işınları ile Arıtma Çamurlarının Hijyenleştirilmesi, DEU Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü , İzmir.

Grau, A., (1995) “Arıtılmış Endüstriyel Su ve Çamurların Yeniden Değerlendirilmesi”, Su ve Atıksular Ekonomisi Sempozyumu, 4-6 Ekim1995, Ankara.

İSKİ, (1993), İstanbul Metropolitan Alanı Evsel ve Endüstriyel Çamur Yönetim Projesi Gelişme Raporları.

İSKİ, (1997), İstanbul Su Temini , Kanalizasyon ve Drenaj, Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Plan Etüdü Görev Raporları.

İSKİ, (1999-2000-2001), Brifing Kitapçığı, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Atıksu Arıtma Daire Başkanlığı

Kruger, I., (1994) “Treatment and Benefical Use of Sewege Sludge in the European Union”, Times, ISWA, No: 3.

Leschber, R., (1987), Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanılması, Türk-Alman Çevre Teknolojisi Semineri , 16-18 Eylül 1987, İstanbul

Lue-Hing, C., (1992), Technome Publishing Co.İnc.,“Municipal Sewage SludgeManagement Processing Utilization and Disposal”, Technome Publishing Co.İnc ,USA.

Metcalf & Eddy İnc., (1991), Wastewater Engineering ,Treatment, Disposal and Reuse, USA.

Muslu, Y., (1994), Atıksuların Arıtılması, İTÜ, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği.

Öztürk, İ., (1999), Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, İTÜ, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği.

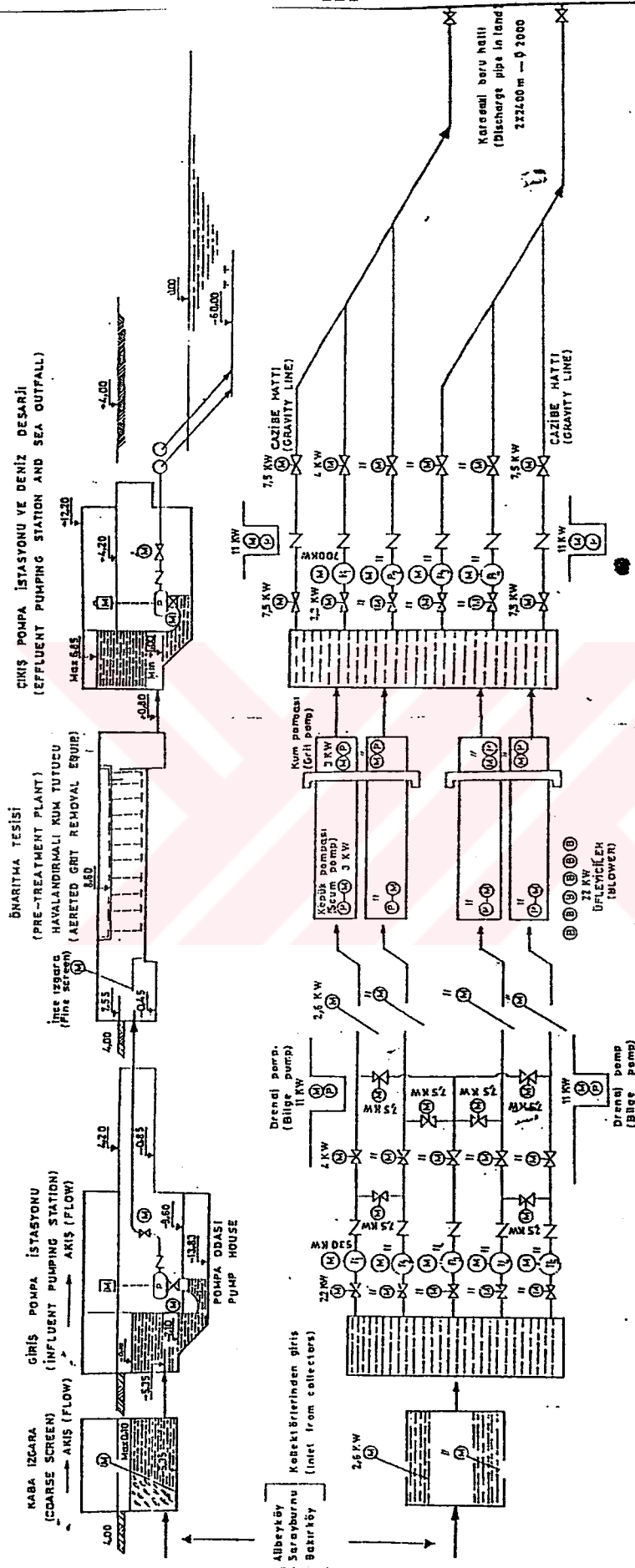
Öztürk, İ., Akça, L., Kınacı, C., Turan, M., Demir, İ., Sevimli, F. M., (2001), Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisinin İzlenmesi ve Çamur Yönetimi Projesi Ara Raporu.

Steffen, H., (1995) “Evsel Atıksu Nitelikli Arıtma Tesisleri Atıklarının İşlenmesine İlişkin Tasarılar”, Su ve Atıksular Ekonomisi Sempozyumu, 4-6 Ekim1995, Ankara.

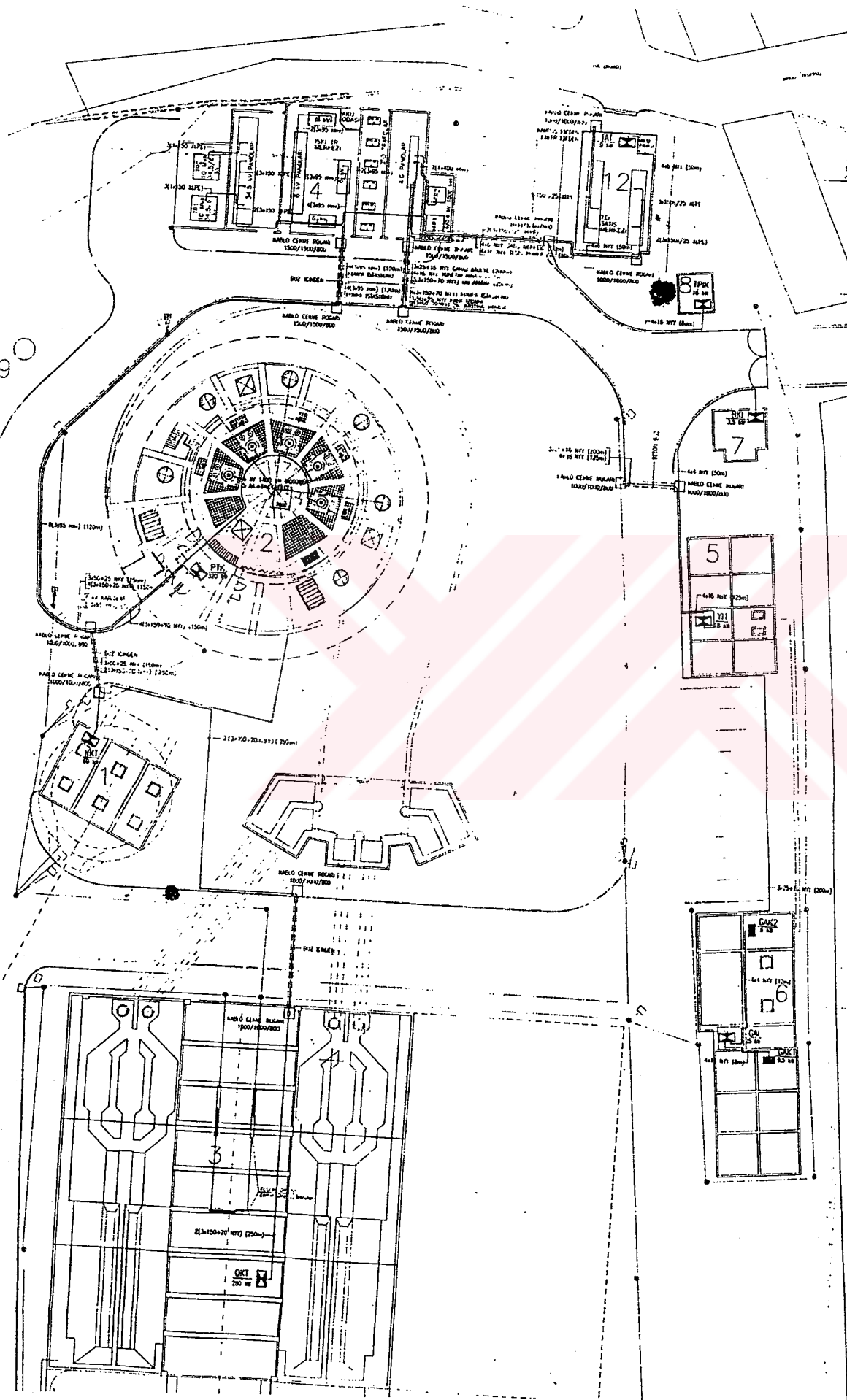
Su Vakfı, (2002), 1. Türkiye yerel Yönetimler Su Sorunları Kongresi Bildiri Kitabı, 3-5 Haziran 2002.

TMMOB Çevre Mühendisler Odası, (1985), Katı Atık Yönetimi.

WPCF, (1990), Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants., Manual of Practice, No: 11, Vol 3, USA.

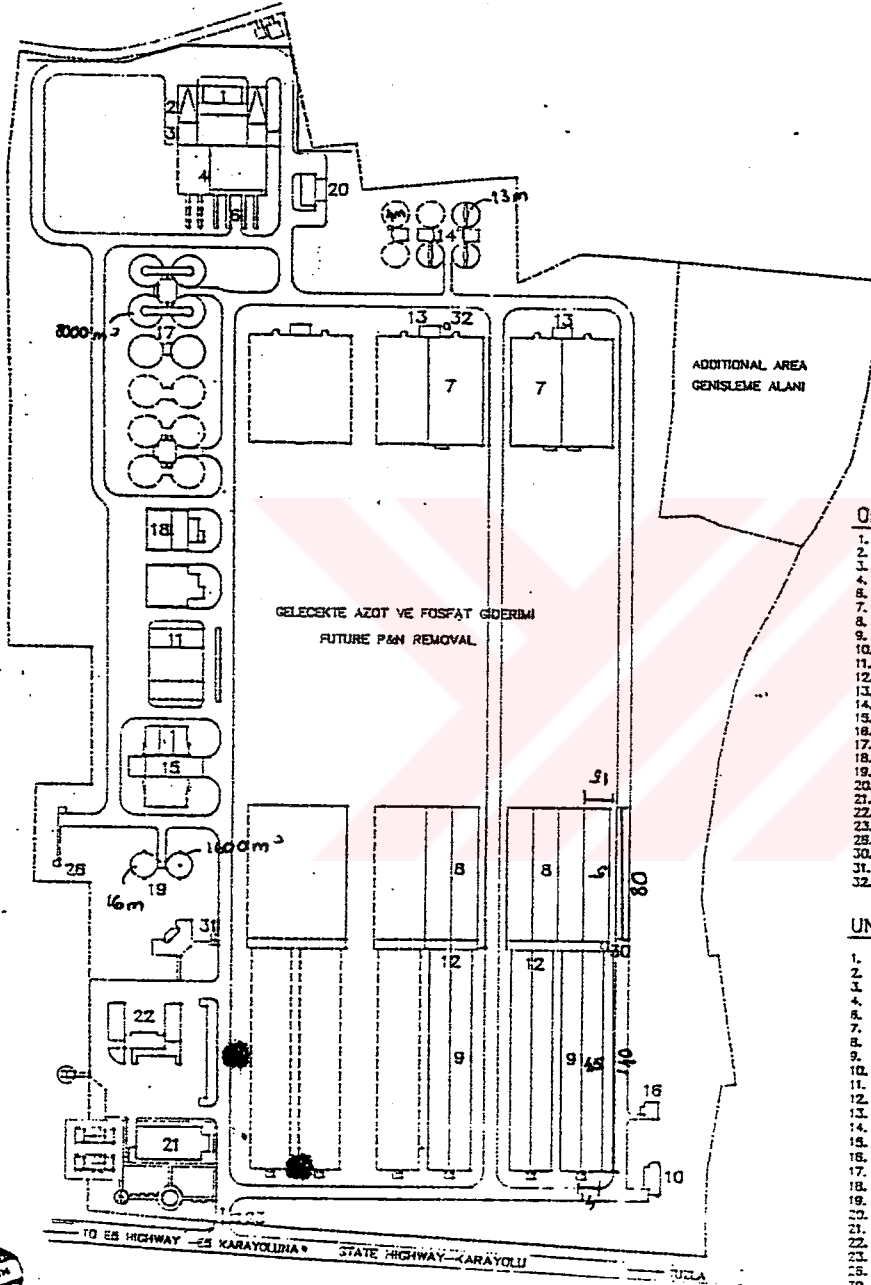


Ek 1. Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Hidrolik Akış Şeması



Ek 2. Baltalimanı Ön Arıtma Tesisi

Ek 3. Büyükçekmece Ön Arıtma Tesisi



Oniteler :

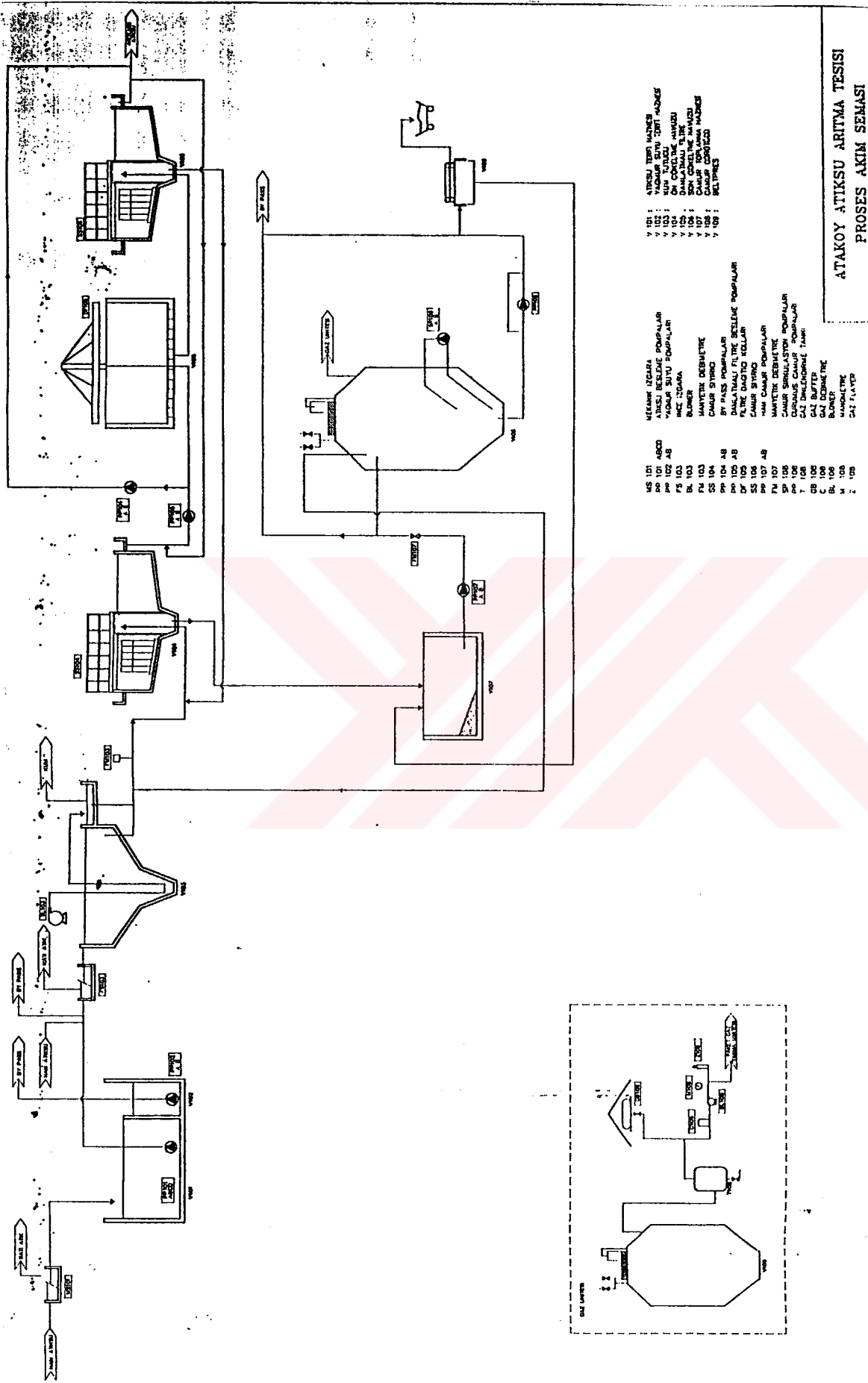
1. GİRİŞ YANISI
2. TERTİL İSTASYONU
3. ELEK BİNASI
4. KUM TUTUCU
5. AKAM ÖLÇME
6. ÖN ÇÖKTÜRME HAVUZU
7. HAVALANDIRMA HAVUZU
8. SON ÇÖKTÜRME HAVUZU
9. DENİZ DESEKİ YAPISI
10. HAVA ÜFLİYİCİLER
11. SON ÇÖKTÜRME ÇAMURU POMPASI İSTASYONU
12. ÖN ÇÖKTÜRME ÇAMURU POMPASI İSTASYONU
13. ÇAMUR KAYITLICI TANKI
14. ÇAMUR İSTASYONU BİNASI
15. YIKAMA SUYU POMPASI İSTASYONU
16. ÇAMUR ÇARABİNE
17. ÇAMUR SUZULMA BİNASI
18. GAZ DEPOLAMA TANKI
19. TRAFİKO BİNASI
20. YÖNETİM BİNASI
21. ATÖLYE BİNASI
22. BEKEL KÜTÜPHANESİ
23. ARIK GAZ YAKICI
24. YERELİ DRENAJ POMPASI İSTASYONU
25. PİS SU POMPASI İSTASYONU 1
26. PİS SU POMPASI İSTASYONU 2

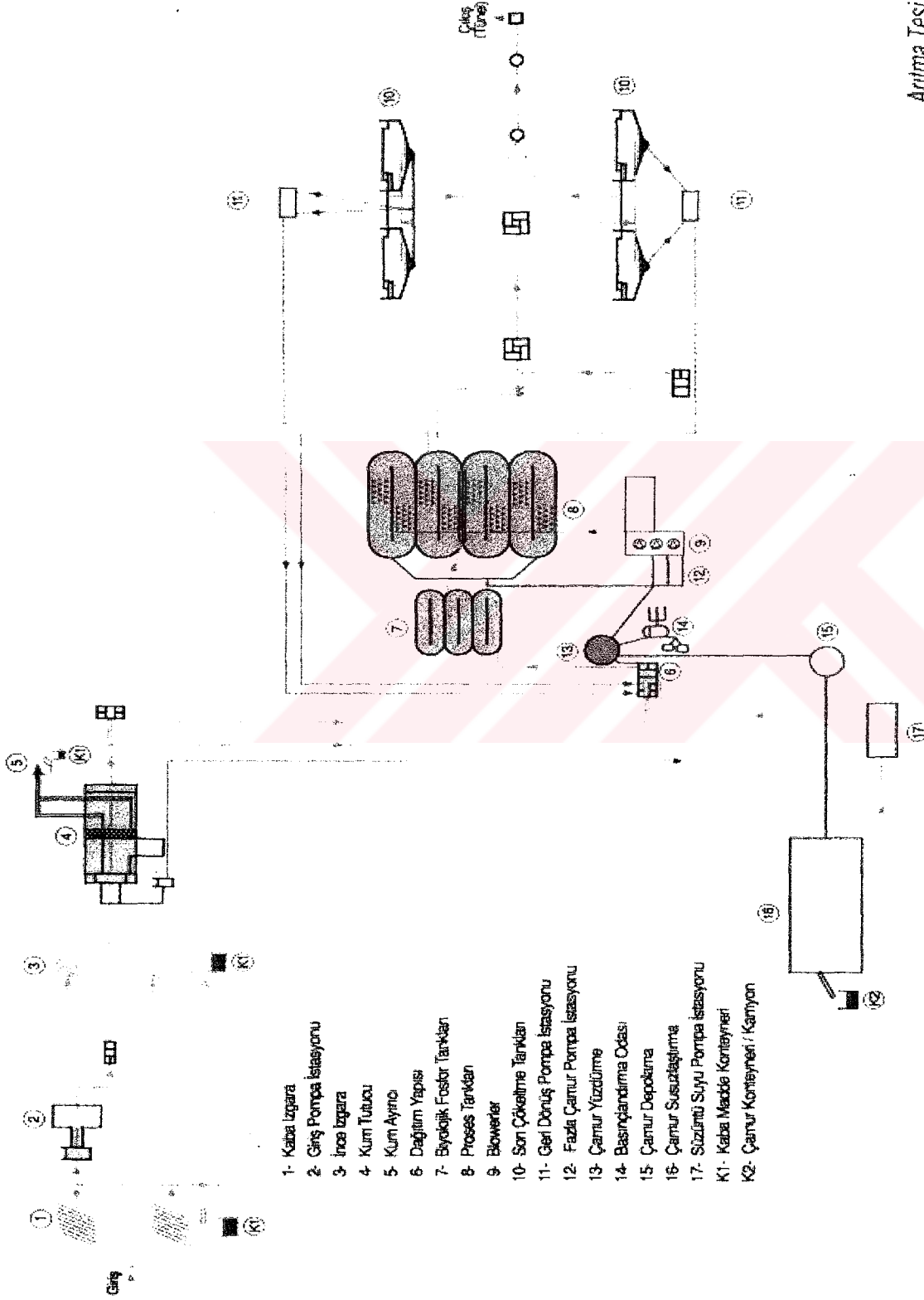
UNITS :

1. PLANT INFLUENT
2. LIFT STATION
3. SCREEN BUILDING
4. GRIT CHAMBER
5. FLOW MEASUREMENT
6. PRIMARY SEDIMENTATION TANK
7. AERATION TANK
8. FINAL CLARIFIERS
9. OCEAN OUTFALL
10. AIR BLOWERS
11. RETURN SLUDGE DRAW OFF
12. PRIMARY SLUDGE PUMPING STATION
13. SLUDGE THICKENING TANK
14. SLUDGE FLOTATION BUILDING
15. WASH WATER BOOSTER PUMPING STATION
16. SLUDGE DIGESTION
17. SLUDGE DEWATERING BUILDING
18. GASHOLDER
19. MAIN TRANSFORMER STATION
20. ADMINISTRATION BUILDING
21. WORK SHOPS
22. GATES
23. WASTE GAS BURNER
24. GROUND WATER PUMPING STATION
25. FOUL WATER PUMPING STATION NO.1
26. FOUL WATER PUMPING STATION NO.2

Yüklenici : **ALARKO-WACON**

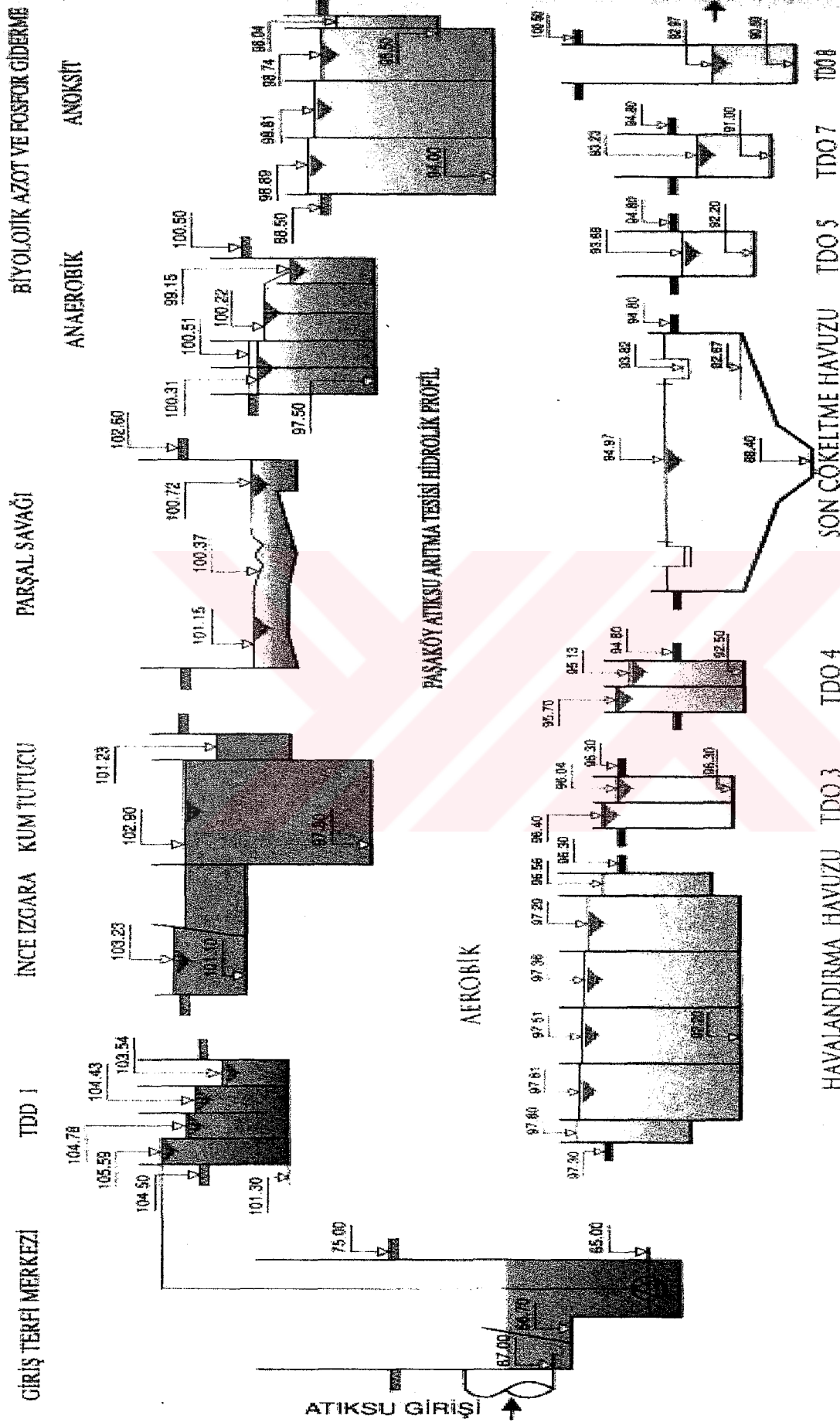
Ek 4. Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi Üniteleri



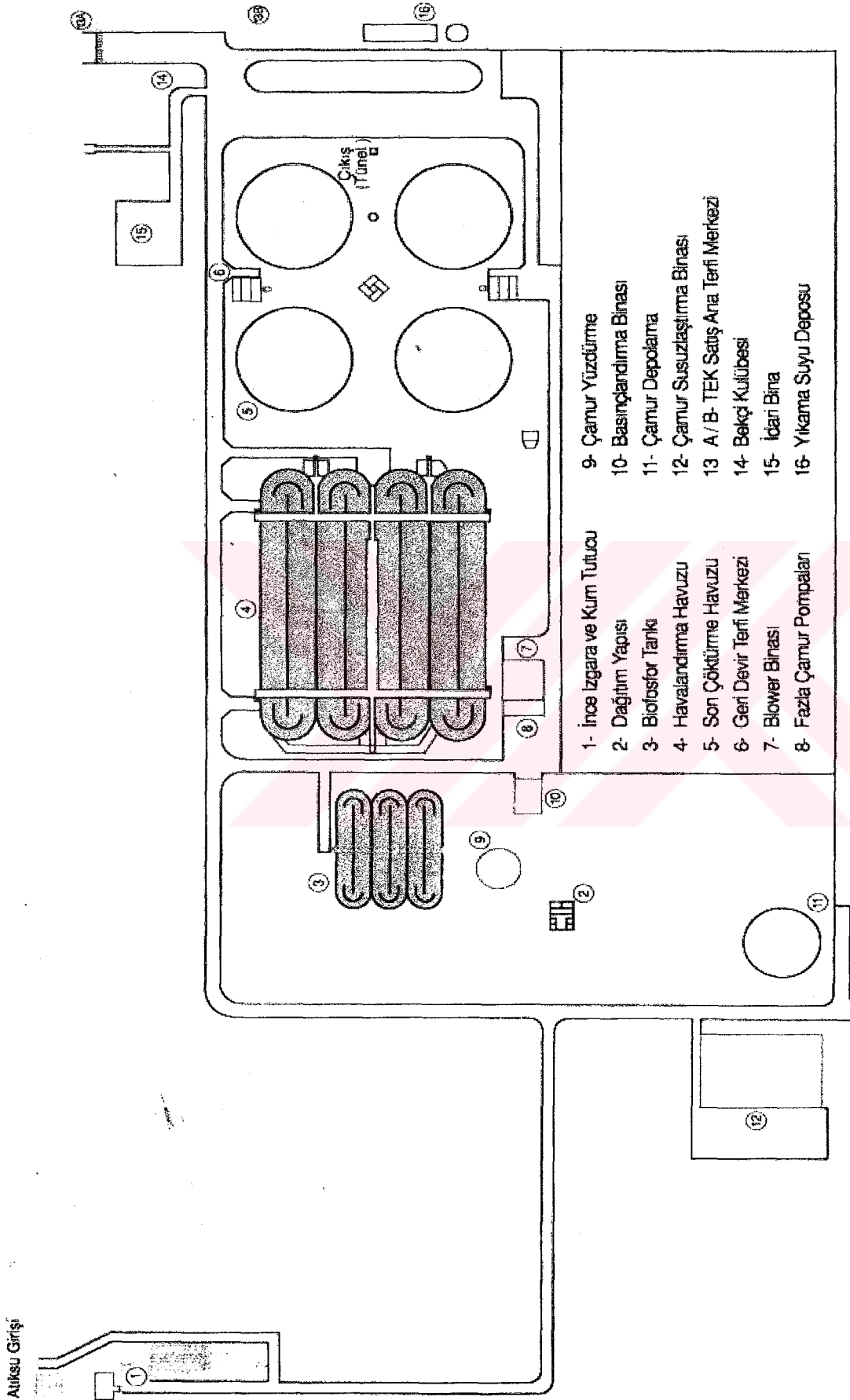


Arıtma Tesisi Akım Şeması

Ek 6. Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Tesisi Proses Akım Şeması



Ek 7. Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Tesisi Hidrolik Profili



Ek 8. Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Tesisi Şeması

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 20.02.1976

Doğum yeri Nevşehir

Lise 1987-1994 Tercuman Lisesi

Lisans 1994-1998 Yıldız Üniversitesi Fak.
Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1999-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilimdalı

Çalıştığı kurum

1998-Devam ediyor BİMTAŞ İstanbul Büyükşehir Belediyesi Boğaziçi
İnşaat Müşavirlik A.Ş. Müdürlüğü



İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
BOĞAZİÇİ İNŞAAT MÜŞAVİRLİK A.Ş.
MÜDÜRLÜĞÜ