

# **ATIKSU ARITIMININ ESASLARI**

**Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve  
Arıtma Çamurlarının Kontrolü**

**(Yeniden Gözden Geçirilmiş Nüsha)**

**Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK  
Dr. Hacer TİMUR  
Dr. Ufuk KOŞKAN**

**2005**

<b>1. ATIKSU MİKTAR VE ÖZELLİKLERİ</b>	<b>1</b>
1.1. Atıksu Akımının Karakteristikleri	1
1.1.1. Birim Su Sarfiyatları	1
1.1.2. Atıksu Akımının Zamanla Değişimi	5
1.1.3. Yüzeysel Akış ve Sızma	7
1.1.4. Atıksu Miktar ve Debilerinin Hesabı	7
1.1.4.1. Atıksu Debilerinin Hesabı	8
1.1.4.2. Sanayi Debilerinin Bulunması	9
1.1.4.3. Sızma Debisi Tahmini	10
1.2. Atıksu Özellikleri	10
1.2.1. Atıksu Karakterizasyonunda Başlıca Parametreler	11
1.2.1.1. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	11
1.2.1.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	11
1.2.1.3. Toplam Organik Karbon (TOK)	16
1.2.1.4. Teorik Oksijen İhtiyacı (TeOİ)	16
1.2.1.5. Toplam Oksijen İhtiyacı (TOİ)	17
1.2.1.6. Azot-Fosfor	17
1.2.2. Evsel Atıksuların Tipik Özellikleri	18
1.2.3. Endüstriyel Atıksular	20
1.2.3.1. Kirleticilerin yapıları ve tipik değerleri	21
<b>2. ATIKSU DEBİLERİNİN ÖLÇÜMÜ</b>	<b>26</b>
2.1. Debi Ölçümleri	26
2.1.1. Debi Ölçüm Cihazlarının Yerleştirilmesi	26
2.1.2. Debi Ölçüm Yöntemi ve Ölçme Cihazları	28
2.1.2.1. Basınçlı Borularda Debi Ölçüm Cihazları	29
2.1.2.2. Açık Kanallarda Debi Ölçümü	36
2.1.2.3. İz Madde Enjeksiyonu Yöntemi ile Debi Ölçümü	49
2.1.2.4. Yüzgeçlerle Debi Ölçümü	50
<b>3. BORULAMA VE HİDROLİK HESAPLAR</b>	<b>52</b>
3.1. Tanımlar	52
3.2. Borulama	53
3.2.1. Hidrolik Profil	53
3.3. Yük Kayıplarının Hesaplanması	55
3.3.1. Dairesel Kesitli Hatlarda Yersel Yük Kayıplarının Hesaplanması	56
3.3.2. Tam Dolu Borularda Yük Kayıpları	63
<b>4. FİZİKSEL ARITMA</b>	<b>70</b>
4.1. Ön Arıtma	70
4.1.1. Eleme	70
4.1.2. Kum Tutucular	74
4.1.3. Dengeleme	78
4.1.3.1. Dengeleme Ünitesinin Yeri	79
4.1.3.2. Hat Üstü veya Hat Dışı Dengeleme	79
4.1.3.3. Gerekli Dengeleme Havuzu Hacmi	79
4.1.3.4. Dengeleme Havuzu İnşası	80
4.1.3.5. Karıştırma ve Hava Gereksinimi	81
4.1.3.6. Pompa ve Pompa Kontrolü	81
4.1.4. Ön Çöktürme	82
4.2. Atıksu Pompaları ve Pompa İstasyonları	86
4.3. Karıştırma	90
4.3.1. Karıştırmada Enerji Dağılımı	90

4.3.2. Karıştırma Enerji Gereksinimi	91
4.4. Yüzdürme	94
4.5. Havalandırma	94
4.5.1. Difüzörler	95
4.5.2. Üfleyiciler (Blower)	100
4.5.3. Mekanik Havalandırıcılar	101
4.5.3.1. Düşey Milli Yüzey Havalandırıcılar	101
4.5.3.2. Düşey Milli Batmış Havalandırıcılar	102
4.5.3.3. Yatay Milli Döner Mekanik Havalandırıcılar	102
4.5.3.4. Havalandırıcı Performansı	102
4.5.4. Karıştırma İçin Enerji İhtiyacı	103
<b>5. BİYOLOJİK ARITMA</b>	<b>106</b>
5.1. Biyolojik Arıtma Sistemleri	106
5.1.1. Biyolojik Arıtmanın Amacı	106
5.1.2. Biyolojik Arıtmada Mikroorganizmaların Rolü	106
5.2. Mikrobiyolojik Metabolizmanın Tanımı	107
5.2.1. Mikroorganizma Çoğalmasında Besi Maddesi İhtiyacı	107
5.2.2. Karbon ve Enerji Kaynakları	107
5.2.3. Nütrient ve İz Element İhtiyacı	108
5.3. Biyolojik Arıtmada Önemli Mikroorganizmalar	108
5.3.1. Bakteri	109
5.3.2. Bakterilerin Hücre Kompozisyonu	109
5.4. Bakteri Büyümesi	109
5.5. Biyolojik Büyüme Kinetiği	110
5.5.1. Hücre Büyümesi	110
5.5.2. Substrat Limitli (kısıtlı) Büyüme	111
5.5.3. Hücre Büyümesi ve Substrat Kullanımı	111
5.5.4. İçsel Solunum Metabolizmasının Etkileri	113
5.5.5. Çevre Koşullarının Biyolojik Reaksiyona Etkisi	114
5.5.5.1. Sıcaklığın etkisi	114
5.5.5.2. pH	115
5.5.5.3. Çözünmüş Oksijen	115
5.5.5.4. Çözünmüş Karbondioksit	116
5.5.5.5. İyon Konsantrasyonu	116
5.5.6. Büyüme ve Substrat Giderim Kinetiklerinin Biyolojik Arıtma Uygulanması	116
5.5.7. Mikroorganizma ve Substrat Kütle Dengesi	116
5.5.8. Arıtılmış Atıksuda Mikroorganizma ve Substrat Konsantrasyonları	118
5.6. Biyolojik Arıtma Prosesleri	119
5.6.1. Bazı Tanımlar	119
5.6.2. Biyolojik Arıtma Prosesleri	119
5.6.3. Biyolojik Arıtma Proseslerinin Uygulamaları	121
5.7. Biyolojik Arıtma Sistemlerinin Tasarımı	121
5.7.1. Aktif Çamur Prosesleri	122
5.7.1.1. Proses tasarımı Yaklaşımları	122
5.7.1.2. Proses Kontrolü	129
5.8. Askıda Büyüyen Havalı Arıtma Sistemleri	133
5.8.1. Aktif Çamur Prosesi	133
5.8.2. Uzun Havalandırılmalı Aktif Çamur Prosesi	142
5.8.3. Oksidasyon Hendeği	143
5.9. Yüzeyde Büyüyen (Biyofilmlili) Havalı Sistemler	145

5.9.1. Damlatmalı Filtreler	145
5.9.1.1. Kıрма Taştan Dolgulu Biyolojik Filtreler	146
5.9.1.2. Sentetik Dolgulu Damlatmalı Filtreler (Biyolojik Kuleler)	148
5.9.2. Biyodisk	150
5.9.3. Akışkan Yataklı Reaktör	153
5.10. Havalandırmalı Lagünler	153
5.10.1. Fakültatif Havalandırmalı Lagünler	156
5.10.2. Sürekli Akışlı Havalı Lagünler	156
5.10.3. Çamur Geri Devirli Havalı Lagünler	157
5.11. Stabilizasyon Havuzları	157
5.11.1. Havuz Tipleri	157
5.11.2. Havuz Ekosistemini Etkileyen Faktörler	159
5.12. Havalı Atıksu Arıtma Sistemleri Özelliklerinin Özeti	160
5.13. KÜÇÜK ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ	163
5.13.1. Genel Özellikler	163
5.13.2. Küçük Atıksu Arıtma Sistemi Tipleri	165
5.13.3. Kanalizasyonun Olmadığı Bölgelerde Özel Konut ve Diğer Yerleşimler için Arazide Arıtma Sistemleri	167
<b>6. İLERİ ATIKSU ARITIMI</b>	<b>181</b>
6.1. İleri Atıksu Arıtma İhtiyacı	181
6.1.1. Arıtılmış Atıksudaki Artık Maddeler	181
6.1.2. Artıkların Etkileri	181
6.2. İleri Atıksu Arıtımı için Kullanılan Arıtma Teknolojileri	183
6.2.1. Teknolojilerin Sınıflandırılması	183
6.2.2. Proseslerin Arıtma Seviyeleri	184
6.3. Granüler Filtrasyon ile AKM Giderimi	185
6.3.1. Granüler Filtrasyonun Uygulanması	186
6.3.2. Filtre İşletme Problemleri	186
6.3.3. Kimyasal İlaveli ile Çıkış Suyu Filtrasyonu	186
6.4. Mikro-elek ile Artık AKM Giderimi	187
6.5. Besin Maddelerinin Kontrolü	187
6.5.1. Besi Maddeleri Kontrol Stratejisi	187
6.5.2. Azot Giderimi ve Kontrolü	188
6.5.3. Fosfor Giderimi	188
6.6. Biyolojik Nitrifikasyon ile Amonyak Dönüşümü	188
6.6.1. Nitrifikasyon Prosesinin Tanımı	189
6.6.2. Nitrifikasyon Proseslerinin Sınıflandırılması	190
6.6.3. Birleşik (Tek Çamurlu) Sistemler	191
6.6.4. Ayrık Nitrifikasyon Sistemleri	196
6.6.5. İşletme Şartları	197
6.7. Azotun Biyolojik Nitrifikasyon-Denitrifikasyon ile Giderimi	198
6.7.1. Birleşik Karbon Oksidasyonu, Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon Prosesi	199
6.7.2. Ayrık Denitrifikasyon Sistemleri	202
6.7.3. Denitrifikasyon Proseslerinin Kıyaslanması	207
6.8. Biyolojik Metotlarla Fosfor Giderimi	208
6.8.1. A/O prosesi	209
6.8.2. PhoStrip Prosesi	209
6.8.3. Ardışık Kesikli Reaktör	210
6.8.4. Biyolojik Fosfor Giderim Proseslerinin Kıyaslanması	212
6.9. Azot ve Fosforun Birlikte Biyolojik Giderimi	212

6.9.1. A <sup>2</sup> /O Prosesi	213
6.9.2. Bardenpho Prosesi (Beş basamaklı)	213
6.9.3. UCT Prosesi	213
6.9.4. VIP Prosesi	213
6.9.5. Proses Seçimi	216
6.10. Kimyasal Yöntemlerle Fosfor Giderimi	217
6.10.1. Metal Tuzları ve Polimer Kullanılarak Fosfor Giderilmesi	219
6.10.2. Kireç Kullanarak Fosfor Giderimi	220
6.11. Yapay Sulak Alanlar (Kamış Yatakları)	220
6.12. Diğer İleri Arıtma Yöntemleri	223
6.12.1. Membran Sistemler	223
6.12.1.1. Belli Başlı Membran Prosesi Uygulama Alanları	225
6.12.1.2. Membran Çeşitleri	226
6.12.1.3. Membran Performansı	226
6.12.2. Kimyasal Oksidasyon	227
6.12.2.1. Ozonlama	227
6.12.2.2. Hidrojen Peroksit'le Oksidasyon	228
6.12.3. Adsorpsiyon	229
6.12.3.1. Adsorpsiyon Formülasyonu	230
6.12.3.2. Karışımın Adsorpsiyonu	230
6.12.3.3. Aktif Karbonun Özellikleri	231
6.12.3.4. Sürekli Akışlı Karbon Filtreler	231
6.12.3.5. Karbon Rejenerasyonu	231
6.12.4. İyon Değişirme	232
6.12.5. Elektro-koagülasyon	233
<b>7. HAVASIZ ARITMA SİSTEMLERİ</b>	<b>243</b>
7.1. Havasız Arıtmaya Genel Bakış	243
7.1.1. Havasız Arıtma Sistemlerinin Üstünlükleri	243
7.1.2. Havasız Arıtma Sistemlerinin Kısıtları	245
7.2. Havasız Arıtmanın Esasları	246
7.2.1. Mikrobiyolojik Prosesler	246
7.2.2. Mikrobiyolojik Yapı	247
7.2.3. Biyoreaksiyonlar	248
7.2.4. Mikroorganizmalar Arasındaki Karşılıklı İlişkiler	250
7.2.5. Metanojen Populasyonun pH ile Değişimi	251
7.2.6. Biyogaz Üretimi	252
7.2.7. Havasız Arıtmada Alkalinite İhtiyacı	252
7.2.8. Sülfatın Havasız Arıtmaya Etkisi	253
7.3. Havasız Arıtma Teknolojileri	254
7.3.1. Havasız Reaktör Tipleri	254
7.3.1.1. Askıda Çoğalan Sistemler	254
7.3.1.2. Biyofilm Sistemleri	256
7.3.1.3. Diğer Sistemler	257
7.3.2. Havasız Reaktörlerin Karşılaştırılması	258
7.4. İşletmeye Alma ve Proses Kontrolü	259
7.4.1. Çevre Şartları	259
7.4.1.1. İşletmeye Alma	259
7.4.1.2. Optimum Çevre Şartları	261
7.4.2. Havasız Süreçlerin İzlenmesi ve Kontrolü	265
7.4.2.1. Proses Kontrolü	265

7.4.2.2. Prosesteki Kararsızlıklar	265
7.5. Temel Proses Kinetiği	267
7.5.1. Mikrobiyal Reaksiyon Kinetiği	267
7.5.2. Mikroorganizma Çoğalma Tekniği	268
7.5.3. Kinetik ve Stokiyometrik Sabitler	269
7.6. Evsel Atıksuların Havasız Arıtımı	270
<b>8. ÇAMUR ARITIMI VE UZAKLAŞTIRILMASI</b>	<b>275</b>
8.1. Çamur kaynakları, Özellikleri ve Miktarları	275
8.1.1. Çamur Kaynakları	276
8.1.2. Çamur Özellikleri	278
8.1.3. Çamur Miktarı	282
8.2. Çamur Arıtım Sistemleri Akış Şeması	286
8.3. Çamur ve Köpük İletimi	288
8.3.1. Pompa Tipleri	288
8.3.2. Çamur Tipine göre Pompa Seçimi	292
8.3.3. Yük Kaybının Hesabı	294
8.3.4. Çamurun Borularla İletimi	299
8.4. Ön İşlemler	300
8.4.1. Çamur Öğütme	300
8.4.2. Kum Ayırıcı	301
8.4.3. Çamur Karıştırma	301
8.4.4. Çamur Depolama	302
8.5. Yoğunlaştırma	302
8.5.1. Uygulama Alanları	305
8.6. Stabilizasyon	305
8.6.1. Kireç Stabilizasyonu	306
8.6.2. Isıl Arıtım	307
8.7. Havasız (ANAEROBİK) Çamur Çürütme	308
8.7.1. Çürümüş Çamur Suyu Özellikleri	312
8.7.2. İnhibitör ve Zehirli Maddeler	312
8.8. Havalı (AEROBİK) Çamur Çürütme	313
8.8.1. Havalı Çürütme Mekanizması	314
8.9. Kompostlaştırma	315
8.9.1. Havalı Kompostlaştırma	315
8.9.1.1. Kompostlaştırma mekanizması	318
8.9.1.2. Kompostlaştırma mekanizmasını etkileyen parametreler	320
8.9.1.3. Kompostlaştırma uygulamaları	323
8.9.2. Havasız Kompostlaştırma	325
8.10. Şartlandırma	326
8.10.1. Kimyasal Şartlandırma	326
8.10.2. Isıl Arıtım	328
8.10.3. Diğer Prosesler	328
8.11. Dezenfeksiyon	329
8.11.1. Pastörizasyon	329
8.11.2. Uzun süreli depolama	329
8.12. Çamur Kurutma	330
8.12.1. Çamur Kurutmanın Önemi	330
8.12.2. Başlıca Çamur Kurutma Teknikleri	332
8.12.3. Çamur Lagünleri	337

<b>9. DENİZ DESARJİ UYGULAMALARI</b>	<b>344</b>
9.1. Deşarj Öncesi Atıksu Arıtımı	344
9.2. Deniz Deşarjı Öncesi Arıtma Yöntemleri	345
9.3. Deşarj Şartları	347
9.4. Su Kalitesi Standartları	347
9.5. Deşarj Edilen Atıksuların Seyrelmesi	349
9.6. Seyrelme Hesapları	350
9.6.1. İlk Seyrelme Hesabı	351
9.6.1.1. Durgun ve Üniform Yoğunluklu Ortamda Yatay Dairesel Jet Deşarjında İlk Seyrelme Hesabı	352
9.6.2. İkinci Seyrelme (S <sub>2</sub> ) Hesabı	360
9.6.3. Üçüncü Seyrelme (S <sub>3</sub> ) Hesabı	366
<b>10. ARITMA SİSTEMLERİNDE VERİM, ENERJİ, BAKIM VE İŞLETME</b>	<b>374</b>
10.1. Maliyet Analizin Esasları	376
10.2. Farklı arıtma metotlarının yaklaşık maliyetleri	377
10.3. Arıtma maliyetlerinin karşılaştırılması	377
10.4. İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinde İşletme ve Yatırım Maliyeti	378
10.5. Çeşitli Sistemlerin İşletme Maliyetleri	380
10.6. Türkiye’den örnekler	385
<b>11. ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİNDE ÖLÇÜ VE KONTROL</b>	<b>396</b>
11.1. Kontrol Değişkenleri	396
11.1.1. Birleşik Kontrol	396
11.1.2. Ölçme Bölümü veya Algılayıcı Cihazlar	397
11.1.3. Sinyal İletim Cihazları (Transmitter)	397
11.1.4. Mekanik Sinyal İletimi	397
11.1.5. Pnömatik Sinyal İletimi	397
11.1.6. Elektrik Akımı ile Sinyal İletimi	397
11.2. Arıtma Sisteminde Otomatik Kontrolle İlgili Değişik Uygulamalar:	398
11.2.1. 1Diferansiyel Basınç Ölçümü ile Debi Kontrolü	398
11.2.2. Havalandırma Sistemi	399
11.2.3. Köpük Pompası ve Seviye Kontrolü	400
11.2.4. Çamur Pompası	401
11.2.5. Aktif Çamur Kontrolü	401
11.2.6. Klorlama Tesisi	402
11.3. Atıksuların Arıtımında Kontrol Stratejilerinin Önemi	402
<b>12. ACİL EYLEM PLANI</b>	<b>408</b>
12.1. Amacı	408
12.2. Hedefler	408
12.3. Acil Durumun Sebebi	409
12.3.1. Doğal Afetler	409
12.3.2. Personel Devamsızlığı	410
12.3.3. Yolların Kapanması	411
12.3.4. İrtibat Kaybı	411
12.3.5. Kusurlu Bakım	411
12.3.6. Kayıtsız İşletme Anlayışı	411
12.3.7. Kazalar	411
12.3.8. Proses Arızaları	411
12.4. Acil Eylem Planı	412
12.4.1. Personel Sorumluluğu	412
12.4.2. Acil Eylem Merkezi	412

12.4.3. Acil Ekipman Envanteri	413
12.4.4. Kayıtların Yedeklenmesi	413
12.5. Acil Eylem Prosedürü	414
12.5.1. Endüstriyel Kazalar ve Toksik Zehirlenme	414
12.6. Mahalli Polis ve İtfaiyenin Koordinasyonu	415
12.6.1. Polis Merkezi	415
12.6.2. İtfaiye Merkezi	415
12.7. Yaralanmalar	416
<b>13. ARITMA TESİSLERİNİN TASARIMI VE İŞLETİLMESİ</b>	<b>418</b>
13.1. Tesis Yerleşimi ve Hidrolik Profil	418
13.2. Pompa İstasyonları	418
13.3. Izgaralar	419
13.4. Kum Tutucu	419
13.5. Yağ ve Gres	419
13.6. Yüzdürme Üniteleri	419
13.7. Dengeleme Tankları	420
13.8. Ön Çöktürme	420
13.9. İkinci Kademe veya Son Çöktürme Havuzları	420
13.10. Biyolojik Arıtma	420
13.11. Çamurun Susuzlaştırılması ve Bertarafı	420
13.12. Arıtma Tesislerinde İşletme için Gereken Güç İhtiyacı	421
13.13. Personel	421
13.14. Bazı İnşaat Esasları	421
13.15. Bazı Mekanik/Elektriksel Hususlar	422
13.16. Yeni Bir Arıtma Tesisinin İşletmeye Alınması	423
13.17. Tesislerin Rutin İşletme Esasları	423
13.18. (Ortak) Atıksu Arıtma Tesisleri	424
13.19. Sorunsuz İşletme Prensipleri	424
<b>14. ENDÜSTRİYEL KİRLENME KONTROLÜ</b>	<b>427</b>
14.1. Endüstriyel Atıksu Kaynak ve Özellikleri	427
14.1.1. İstenmeyen Atık Özellikleri	427
14.1.2. Atıksu Kaynak ve Özellikleri	429
14.1.3. Su Tekrar Kullanımı ve Kaynakta Atık Kontrolü	432
14.2. Atıksu Arıtma Prosesleri	434
14.3. Ön ve Birinci Kademe Arıtım	440
14.3.1. Dengeleme	440
14.3.2. Nötralizasyon	442
14.3.2.1. Proses Tipleri	442
14.3.3. Sistem	443
14.3.4. Proses Kontrolü	443
14.3.5. Yağ Tutma	445
14.4. Endüstriyel Atıksu Arıtımı	446
14.4.1. Koagülasyon	446
14.4.1.1. Koagülan Özellikleri	447
14.4.1.2. Koagülant Yardımcıları	449
14.4.1.3. Endüstriyel Uygulamalar	450