

BÖLÜM 4

MİKROORGANİZMALAR VE ATIKSU TEKNOLOJİSİNE GENEL BİR BAKIŞ

1. Atıksu Teknolojisinin Tarihçesi ve Mikroorganizmaların Katkısı

Orta çağda Avrupa'nın bir çok kentinde katı ve sıvı atıkların surların dışına atılması , onları bertarafı için yeterli işlem sayılıyordu.

Atıksuların organik madde içerikleri mikroplar tarafından inorganik maddeye kadar parçalanmaktadır. Bütün bu olaylar biyokimyasal prosesler sonucunda gerçekleşmektedir. Bakteri **Escherchia coli**'deki metabolizma mekanizmasının prensipleri insandakinin aynısı değildir. Bundan dolayı da EC (Escherchia coli) parametresi (mikrobiyel kirlilik) olarak kullanılır.

Doğada değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilen canlılar, yaşamlarını koruma ve sürdürme yeteneğine ve becerisine sahiptirler.

Gerek su ortamı gerekse de toprak ortamı milyonlarca, milyarlarca mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu sürekli değişimlere uğramaktadır. Bu ortamlarda yaşayan bitkiler ve hayvanlar kendilerini bu ortama ayarlamak zorundadır.

İnsanlar küçük topluluklar halinde yaşadığı sürece sulama ve atıksu toplama, arıtma gibi sorunları yoktu. Su kaynaklarına yakın yerleşmişlerdi. Sıvı ve katı artıklarını da doğal ortamların özümleme gücü altında oluşu nedeni ile kolayca bertaraf edebiliyorlardı.

Kentleşme olgusunun başladığı andan itibaren de çevresel sorunlar başladı. Ekonominin renklenmesi, şekillenmesi, dallanması çok çeşitli artıkların oluşmasına neden oldu. Bunun sonucu olarak kentlerin sayısı, büyüklükleri arttı. Büyüyen kentler insanlar için yeni çekim merkezlerini oluşturdu. Babil kentinin büyüklüğü, zamanında, yirminci asrın başındaki Londra'nın nüfus yoğunluğunun iki katı kadardı. Bu nedenle su temini büyük bir sorun olmuştu. Bu da su mühendisliğinin gelişmesine neden oldu. Buna bağımlı olarak su yapıları mimarisi de gelişti. Bunun başlangıcı İsa'dan önce 3000 ve 4000 yıllarına kadar gitmektedir.

Eski Hindistan'ın Mohenco Daro kendinde İsa'dan 4500 yıl öncesine kadar varan tarihlerde hela, hamam ve kanalizasyon gibi yapıların yapıldığı belgelenmiştir. Kentin nüfusu da 50 000 civarında olduğu tahmin edilmiştir. Kentin her sokağında üzeri kiremit ile örtülmüş bir veya iki kanaldan tüm kanalizasyon şebekesi oluşmakta idi.

Antik Efes ve Bergama kentlerinde de su temini ve uzaklaştırılması yapıları vardır.

İlk ve orta çağlarda insan artıkları kent dışına çıkarmakla, surların dışına atmakla yetinirlerdi.

Atıksuların araziye verilmesi olayı eski Mısır'da ve Atina'da görülmüştü. İsa'dan önce 480 yılında Agrgent'de balık yetiştirmek için yapay göller oluşturulmuştur. Bu göller yer altında gelen kanallarla beslenmiştir. Atıksuların besin değeri o zaman gözlenmiştir

Kanalizasyon inşaatı ve tekniği yüz yıllar boyunca insanlık tarafından unutuldu. Bu nedenle de ortaçağ gelişmiş olarak tanınan ülkelerde çevre olayı facia denecek boyutlara erişti. Silezya'da bulunan Bunzlau kentinde 1531 yılında ve sonra kentde toplanan sular tarlalara sızdırılmak sureti ile işleme tabi tutuluyorlardı. Çiftçiler sızdırma yapılan tarlalarda verimin arttığını görünce, atıksu sızdırma hakkını satın almak için yarışa girdiler. Yeterli atıksu olmadığı için de sızdırma olayı altı saatlik aralıklarla gerçekleştirilebiliyordu. Ancak bilinçsiz ve zorunlu olarak yapılan bu uygulama çok yerinde idi. Bu sayede topraktaki mikroorganizmalar toprağın havalanmasını, atıksuyun organik maddelerinin parçalanmasını sağlamış oluyordu.

Bugünkü alafranga tuvalet diye tanımladığımız helanın buluşu, her ne kadar 1807 yılında olduysa da, bunun kentlerde yerleştirilmesi ve yaygınlaştırılması hiç de kolay olmadı. Ancak kullanılmaya başlamasından sonra ise tüm pislikler sokaklara akıyordu. Belediyeler ve yerel yönetimler, halk, çürüyen ve kokan bu artıklardan kurtulmak için toprakaltından geçen kanallar döşemek zorunda kaldı. Bu kanallar da yüzeysel sulara ulaşıyordu. 1842 yılında Edinburgh kentinin atıksuyunu Graigentiny otlaklarında sızdırarak başarılı bir şekilde bertaraf ettiğiinden söz ediliyor, raporlar yazılıyordu. İngiltere'de ve Avrupa'da bu uygulamanın yaygınlaşması atıksu yükünün 40 eşdeğer nüfus/ha'ı aşmadığı sürece başarılı oldu. Sürekli artan

nüfus ve kentleşme olgusu sonucu bu değer 500 eşdeğernüfus/ha'a kadar çıktı. Artık toprağın özümleme kapasitesinin üzerine çıkılmıştı, çürüme ve kokuşma olayı burada da görüldü.

1800'lü yılların sonlarına doğru artan sanayileşme sonucu, fabrikalar yeni işçi yerleşim blokları, evsel artıklar, sanayii de oluşan artıklar hepsi gelişi güzel atılmaya, dökülmeye tabi tutuldu. Artıkların yükü su ortamlarının da kendi kendini arıtma kapasitesinin üzerinde olduğu için buralarda da kokuşma başladı. Özellikle engebeli araziye sahip olmayan sanayi ülkelerinde suyun yavaş akması veya durgun gibi olması nedeni ile katı madde çökmesi, gazlaşma olayı hızlandı. Bütün bu olayların olduğu dönemde insanların doğal ve fen bilgileri olayları açıklamak ve anlamak açısından yeterli değildi.

Paris'in atıksuları derişik şerbest gibi Seine nehrine akıyordu. Ana kollektörün döküldüğü yerde yaşam diye hiçbir şey yoktu. Burada o zaman 2000 yıllarına kadar ki, İzmir'in İç Körfezindeki durum mevcuttu. İnsanlar onlarca sene bu pis koku ve görüntü ile yaşamak zorunda idi.

Almanya'da Emscher Vadisi çok berbat durumda idi. Akarsuyun enerjisinden yararlanmak için en azından 14 yerde baraj yapılmıştı. 1850 yılında kömür madenciliğinin gelişmesi sonucunda göçükler oluşmaya başladı, kentleşme olayı ve olgusu hızlandı, başlangıçta 50 000 olan nüfus, 1880 yılında 1.5 milyona çıktı. 50'nin üzerinde bulunan hastahaneler de atıksuların hiç arıtmadan Emscher'e veriyorlardı. Doğal sonucu da salgın hastalıklardı. İşe bir birlik kurarak başlandı: Emscher Atıksu Birliği.

Bu 1904 yılında kurulan Birlik bugün hala tüm Emscher Havzasından sorumlu olarak faaliyet göstermektedir. Bu örnekten sonra, bunu örnek alarak çok sayıda birlikler kuruldu, ve bunlar hala günümüze kadar, aynı amaca yönelik olarak çalışmışlardır ve çalışmaktadırlar. Laboratuvarlara, araştırma enstitülerine sahiptirler.

Kıta Avrupasında bu konuda yasalar çıkmadan önce, İngiltere'de bazı düzenleyici yasalar çıkmıştı. Yaşla kıta bundan yararlandı, aynı hataları yapmadı.

İngiltere Parlemontosu ilk defa 1865 yılında bir komismyon kurarak akarsuların kirlenmesi ile ilgilenmelerini görevini verdi. Komisyonunun raporlarına binaen bir sürü yasa ve yönetmelikler hazırlandı. 1847:

akarsuların kirletilmesi kesinlikle yasaklandı. 1861: Atıksuların arıtılması yasası çıkarıldı. İşte atık su arıtma teknolojisinin gelişmesinde bu tarih çok önemli bir mirenji taşı oldu. Arıtma teknolojileri geliştirildi.

Türkiyede de 1370 sayılı su ürünleri yasası ile de 1973 yılından itibaren çeşitli arıtma teknolojilerinin girmesi veya yerli teknolojilerin geliştirilmesi sağlandı. Daha sonra çıkan çevre kanunu yönetmelikler de aynı şekilde gelişmeyi kamçladı.

İngiltere'de 1847 yılında kurulan "River Pollution Commission"una 1848 yılında giren orada çalışan Sir Edward Frankland ise atıksu arıtılmasını ilk bilimsel olarak ele alan kişi oldu. Arazide sızdırma yöntemi ile atıksu arıtırken toprağın havalanması için yeterli bir aralığın bulunması gerektiğini belirledi. Böylece atıksu arıtma teknolojisinde "havalandırma"nın çok önemli bir işlem oluşu ilk defa ortaya konulmuş olundu. Bu yargısı ise onbeş sene sonra deneysel olarak da kanıtlandı. Manssachusetts Eyaletinin Lawrence Deneme tarlasında yapılan araştırmalar bunu bilimsel olarak ortaya koymuştur. Havalanmaya olanak vererek uygulanan yöntemle kirlilik yükü 5000 nüfus/ha'a kadar çıkarılabilmıştır.

Kimyacı Dibdin ile Mühendis Santo Crimp (1892) Lnodra'da yapay olarak hazırlanmış dolgu kütleden atıksuyun sızdırılması yöntemini oluşturdular. Bu bilgi birikimlerinden hareketle Salford'lu İngiliz mühendis Corbett" Damlatmalı Filtre Yöntemini 1893 yılında buldu.

O günkü geliştirilmiş hali ile bugün hala kullanılmaktadır. O yıllarda birim ha alana olan yükleme 100 000 nüfusa çıkarıldı. Günümüzde ise bunun daha fazla olabileceği bilinmektedir. Bunu mutakiben biyodiks yöntemi geliştirildi.

Sir Frankland'ın anafikrinden hareketle, yani atıksuların mutlaka yeterli havalandırılması gerektiği, 1910 yılında New York'da Black ve Phelps başka yolu izlediler. Havuz yaptılar, havuzun içine de rabitalar yerleştirdiler, böylece tahta rabitaların yüzeyine mikroorganizmalar yerleşecek ve atıksuyu arıtacaklardı. Bu havzudaki ızgara rabitalar "Batar veya Dalgıç Damlatmalı Filtre"nin ilk adımını, başlangıcını oluşturdu. Burada hem yerleşik, sabit; hem de serbest olan mikroorganizmalar işlev görüyorlardı.

Gerçek anlamda serbest yüzen biyomas oluşumu, yani aktif çamur sistemine geçiş ise, amerikalı kimyacı Clark'ın şişe deneylerinden sonra oldu. 1912

yılında Lawrence deney yerinde atıksuları havalandırarak arıtmaya çalıştı. İşleri iyi havalandırdıktan sonra doldurup, boşaltıyordu. Bunu belirli aralıklarla yapıyordu. Çamurları dipde bırakıyordu, kabın kenarlarında alglerin ve bakterilerin yoğunlaştığını gözlemişti. Clark bu deneylerini İngiliz misafiri Fowler'e gösterdi. Fowler Manchester'a döndükten sonra, kimyacı Arden, asistanı Lockett ve mühendis Jones ile birlikte benzeri deneyler yaptı. Deney şişe veya kablarnı kablayarak, önce alglerin oluşmasını önledi, böylece serbest yüzen bakterilerin bol sayıda oluşmasını sağladı. Lockett arıtılmış atıksuyu hemen dökmeyi, içindeki mikroorganizmaların (aktif çamurun=activated sludge) çökmesini bekledi. Lockett, Arden'in da yardımı ile "Aktif Çamur Yöntemini" bulmuş oldu. 1914 yılında ilk bilimsel bulgularını açıkladılar, yayınladılar. Ancak son çökeltim havuzunda oluşan çamurların hepsi aktif çamur havuzuna verilemiyordu ve fazla geliyordu. Bu sorunu çözememişti. Bunu çözmek ise Imhoff'a düştü. Fazla çamuru önçökeltim havuzuna aldı, orada diğer çökecek maddelerle birlikte çöktürdü ve oluşan toplam çamuru da biyogaz elde etmek için çamur çürütme kulelerine gönderdi. Böylece Aktif Çamur Yöntemi biyolojik atıksu arıtma yöntemi olarak kendini kabul ettirmiş oldu ve yaygınlaşmaya başladı.

1910'lu yıllardan günümüze kadar da "Çevre Teknolojileri" kapsamı içinde atıksu arıtma teknolojileri geliştirildi ve geliştirilmeye devam edilmektedir.

Ülkemizde de kurulan çok sayıda firmalar, ülkemizin özel koşullarına uygun arıtma tesisleri planlamakta ve inşaa etmektedirler. Atıksuyun içerdiği organik bileşikler 200'ün üzerindedir. Dolayısıyla bunlar arıtılmadan atıksular doğrudan alıcı ortama verilemez. Atıksu arıtma tesislerinde arıtma işlemine tabi tutuktan sonra, ancak ortamlara boşaltılabilir.

Su ve Atıksu

Hiç bir madde suyun göstrediği etki kadar bir etkiyi biyolojik olaylarda göstermez. Su hücre yapı taşı olması yanı sıra yaşam ortamıdır da. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ve faktörleri biyolojik ve mikrobiyolojik olayları etkilemektedir.

Fiziksel olarak yoğunluğu , sıcaklığı, ısı içeriği, ışık geçirgenliği, yüzey alanı potansiyeli, diffüzyon ve ozmoz özellikleri ve çözme yeteneği , kimyasal olarak pH değeri, iletkenliği , bitki , hayvan ve tüm mikroorganizma varlığını da biyolojik unsur olarak alabiliriz.

Atıksuları ise evsel , endüstriyel diye ayırmak mümkündür. Önemli olan içeriğinin çözünmüş, çözünmemiş organik veya inorganik maddelerden oluşup oluşmadığıdır. Evsel atıksuyu , insan dışkıları, yemek artıkları , mutfak artıkları, çamaşır yıkama, temizlik suyu , v.b. olarak karakterize etmek olasıdır.

Evsel atıksuların içindeki organik maddelerin % 40 'ı azotlu bileşiklerdir (üre, protein). % 50'si karbonhidratlar, ve % 10'u yağlardır.

Bir kişi günde 47,6 g üre ; 45,5 g KM dışkı üretir.

Ortalama olarak insan günde 10 g azot atar.

Bir m³ evsel atıksuda 80 g azot, 20 g P₂O₅ vardır ve 60 g K₂O bulunur. Atıksuyun gübre değeri işte bu maddelerden kaynaklanmaktadır.

Klasik atıksu arıtma tesislerinde çıkış sularında azot bileşiklerive fosfatlar giderilmemiştir. Eliminasyonu gerçekleştirilmezse alıcı ortama verilen bu sular yüzeysel sularda ötrofikasyona neden olurlar.

Küçük sanayii veya işletmelerin atık suları hammadde kazanımını veya bir malnüretimi sırasında oluşur. Evsel atıksu ile karıştırılması halinde ise ortaya oluşan suya kentsel veya komunal atıksu denir. Bir işletmenin atıksuyu , diğer bir işletme ile aynı ürünü üretmiş opsalar bile , özellikleri aynı olmayabilir. Küçük sanayii ve işletmelerin suları toksik madde içermedikçe , evsel atıksularla birlikte işlem görebilir.

Bakteriler belirli miktardaki toksik maddelere adapte olabilirler. Ancak bunun belirli sınırları vardır. Fakat hiç bir zaman , sürekli olarak değişen atıksu miktarına ve kirlilik yüküne bakterilerin adaptasyonunu sağlamak kesinlikle olanaksızdır. Konsantrasyon şokları arıtma tesislerini olumsuz etkiler. Çok nadir durumda sanayii atıksuları, hiçbir ön işlem görmeden evsel atıksularla birlikte arıtılabilirler. Genelde mutlaka bir ön işlem görmesi gerekmektedir.

Sanayii atıksuları organik veya anorganik kirlilik içermektedir. Demir-çelik , maden işleyen sanayii anorganik kirlilik üretirken ; gıda sanayii, v.b. organik kirliliğe neden olmaktadır.

Tekstil, seluloz, ve ağaç işleyen tesisler ise çok kirli sular üretmektedirler. Organik madde azalması halinde evsel atıksuların ilavesi yerinde olmaktadır.

Suyun içinde bulunan anorganik maddeler, bazı istisnalar dışında, biyolojik işlemler için hiç uygun değildir. Ya kendileri doğrudan biyolojik olarak değerlendirilemezler, ya da buldukları ortamda doğal biyolojik ayrışma proseslerini engellerler. Bu nedenle de tesislerde birinci kademe arıtmaya ihtiyaç vardır : **Mekanik arıtma.**

Mekanik arıtma sırasında kum , kömür tozu, ve diğer mineraller türü atıklar çöktürülürler. Bu anılan maddeler kanallardaki akış hızı $< 0,5$ m/s olması halinde şebekede birikebilirler. Bunun üzerine tutunan organik maddeler çürümeye başlar, ve kokuşmalar meydana gelir. Bu nedenle de bir çok atıksu üretim kaynağında (işletme ve sanayii) atıksu ön işleme tabi tutulduktan sonra , kanalizasyon şebekesine verilir.

Mazbaha, tabakhane, ve deri fabrikaları çok konsatre organik kirlilik maddeleri içeren atıksuya sahiptirler. Süt işleyen tesisler ve malt - bira fabrikaları, şeker ve nişasta fabrikaları sürekli olarak organik atık üretmektedirler. Atıksuların arıtılmasında aktif görev üstlenen mikroorganizmaların işlevleri daha kanalizasyon şebekesinde başlamaktadır. Bu nedenle de atıksuların arıtma tesislerine taze atıksu olarak ulaşmaları mutlaka sağlanmalıdır.

Atıksuyun içinde çözülmemiş veya çözilemeyen bileşikler de bulunur. Biyolojik olarak parçalanması olanaksız olan bu maddeler, aynı zaman da biyolojik proseslere de zarar vermektedir. Bu nedenle de bunların suyun içinden mutlaka uzaklaştırılması gerekmektedir. Uzaklaştırılması için kullanılan belli başlı yöntemleri ise:

Mekanik Arıtma Üniteleri

Elek, ızgara, kum tutucu, yağ tutucu, yağ sıyrıcı, flotasyon havuzu, çökeltim havuzu, çöktürme havuzu, kum filtresi, mikroelek olarak özetlemek mümkündür.

Biyolojik atıksu arıtma yöntemlerini Şekil 1'de görüldüğü gibi önemli özellikleri ile birlikte özlü karşılaştırmak mümkündür.

Genelde biyolojik arıtma deyince akla aerobik prosesler gelir. Bunun için de yeterli havalanmanın sağlanması. Ancak ekolojik faktörün sadece hava olmadığını da düşünmek gerekir. Örneğin pH değerinin 5.5-8.5 aralığında,

suyun veya ortamın sıcaklığının +90 ve -20 °C yi bulmamasının gerektiğini ortamda da yeterli miktarda besin maddesinin bulunması gibi. Spitta (1936), Liebmann (1936), Sierp (1936) ve Viehl (1937) yaptıkları araştırmaları ile zengin bakteri florası sayesinde atıksuların arıtıldığını kanıtlamışlardır. Mikroskopda görülen prozotolar ise bakterileri yiyerek dolaylı yolla arıtmaya katkıda bulunmaktadır. Ayrıca yumaklaşmada ve kolloidlerin soğurulmasında görev üstlenmektedirler.

Aktif Çamur Tesisleri

+ 5 ile + 20 °C arasındaki sıcaklık değişimlerine karşı pek duyarlı değildir. 20 derece dolayında nitrat oluşumu eniyi bir şekilde gerçekleşmektedir. Optimal pH aralığı ise 7.2 ile 7.4 arasındadır. Asit ve/veya baz şokları bakterilerin arıtma verimleri ani bir şekilde düşürür. Biyosonöz değişir, düşük pH'larda "Sphaerotilus natans", nitrat oluşturuçu bakteriler ve Zoogloea'lar artar. Bazik sahada da Fusarie ve Rotatorie'lerin sayıları artar. Arıtma verimi bir türe bağılı değildir. Tür ve popülasyon zenginliğine bağılıdır.

Aktif Çamur Yumağı ve Yaşam Topluluğu

Aktif çamur yumağındaki yaşam topluluğu, renklilik ve zenginlik çok önemli bir olaydır. Bakteri türünün sayısı ve oranı sadece atıksu türüne değil, aynı zamanda da havalandırma şekline ve mevsimlere de bağılı olarak değişmektedir. Yumak oluşturuçu mikoorganizma olarak:

Bacterium aerogenes

Bacterium cercus

Bacterium proteus

Enterobacter aerogenes

Escherichia intermedium

Nocardia actinomorpha

Zoogloea ramigera

sıralamak olasıdır.

İyi bir yumak oluşmasının ve biyolojik arıtmanın gerçekleşmesinin koşulu, çok iyi bir mekanik arıtmadan gelen suyun aktif çamur havuzuna alınmasıdır. Havzudaki şiddetli türbülans mikroorganizmaların birbirleriyle, kolloidlerle, atıksu içeriği ile ve hava ile çok iyi bir temas kurmasını sağlar. Pepton ve şeker içeren sularda yumak oluşmasını kamçılar. 1 mg FeCl₃/l ilavesi ise yumak oluşma sürecini kısaltır. Fazla dozlama da ise şişkin çamur oluşur.

Aktif çamur sistemlerinde ilk çamur oluşması için 10-15 güne ihtiyaç vardır. Başlangıçta az, fazla kirliliği olmayan atıksu uzun süre havalandırılmalıdır. Çamur oluşuktan sonra daha kirli su daha kısa süre havalandırılabilir.

İmhoff 1956 yılında "**Aktifleştirme Yöntemi**" kavramını ortaya atmıştır. Mckinney (1952) atıksu ile birlikte havuza bakteriler gelmekte fakültatif anaerob olarak (Escherichia) çalışmaktadırlar, havalanmadan sonra da aerob metabolizmaya uyum sağlamaktadırlar. Biyomas artmakta, havadan atıksuya gelen mikroorganizmalar da oluşan bu yeni koşullarda, aradıkları en iyi ekolojik koşulları bulmaktadırlar.

Eğer yumak çok büyürse, içindeki hücreler gerekli besin maddesi bulamaz. Bu da yumağın dağılmasına neden olur. Ayrıca suyun türbülanslı akımı da yumak şeklini parçalar, dağıtır. Her dağılan yumak parçasından yeni yumakların oluşması için, yeni bir olanak ortaya çıkmış olur.

Yumakların oksijen ihtiyacı, yoğun metabolik faaliyetler nedeni ile çok yüksektir. Bu değer $34 \text{ m}^3/\text{kg BOI}_5$ civarındadır. İnce kabarcıklı havalandırmalarda su-hava yüzeyi artar, bu da mikroorganizmaların metabolizma faaliyetlerini kamçılar.

Çizelge 1'de normal, düşük ve fazla yüklü aktif çamur havuzlarında oluşan ve gelişen mikroorganizma türleri görülmektedir.

Artan kamçılanan metabolizma faaliyetleri sonucunda da biyomas miktarı artar. Bakteriler de yumakta bulunan diğer üst düzeydeki organizmalar için besin maddesi olurlar. Özellikle yumakta siliatların bulunması arıtma sisteminin sağlıklı ve iyi işlediğini gösterir. **Vorticella, Opercularia, Carchesium, Aspidisca v.b.**

1 ml atıksu çamurunda 11 000'in üzerinde Vorticella spec. ve 25 000'in üzerinde de Aspidisca costata sayılmıştır. Bunlar aynı zamanda ikinci ve üçüncü sınıf yüzeysel suları karakterize eden indikatör organizmalardır. Buna karşılık üçüncü ve dördüncü sınıf sularını indikatörü olan Amoeb, Flagellat, Spirilla ve çubuksu bakterilere rastlanırsa, arıtmanın iyi gitmediğini gösterir.

Oluşan çamurlar her zaman için kolay kolay çökmez, ya doğru dürüst yumak oluşmaz, ya da oluşan yumak parçalanır, dağılır. Bu da arıtma verimini azaltır. Çökme özelliği kötü çamurlardan olan "şişkin çamur" da kendini

yüzerek gösterir, ancak doğrudan yüzen çamura kıyasla, yüzen çamurun üzerinde ince berrak bir su tabakası görülür. Her iki çamur türünde de çamur kuru madde miktarı arıtmadan çamurun işgal ettiği hacmi büyür. Çamur hacim indeksi 2 000 ml/g'e kadar çıkar, su içeriği %99,75 olur. Şişkin çamur için sınır değer ise: 150 ml/g'dir. Zor çökebilen çamurun oluşum nedenleri ise:

- **Organik maddece sisteme aşırı yüklenme**
- **Aktif çamur havuzunun çok az, yetersiz havalandırılması**
- **Şok şeklinde sanayii atıksularının verilmesi**
- **Bakterilerin aşırı yaşlanması ve spor oluşumunun artması**

Normal çamura göre biyosonöz değişim, kendini aşırı bir şekilde ipliksi bakterilerin oluşması ile gösterir. Önceden sadece Sphaerotilus natans'ın bunan neden olduğu düşünülürdü. Halbuki yapılan araştırmalardan sonra, bunu oluşturan çok sayıda mikroorganizmalar vardır.

Ekzoenzimler yüksek moleküllü bileşikleri hidrolize ederler, bu ayrışma ürünlerini ipliksi bakteriler çok daha çabuk absorbe ederler. Bu nedenle de daha hızlı ürerler. Biyosonözün yapısı değişir ve şişkin çamur meydana gelir. Özellikle şekerli sularda bu olay çok daha çabuk gerçekleşir, bu nedenle de şeker ve nişasta fabrikalarının atıksuları şişkin çamur oluşturma açısından daha elverişlidirler. Aslında şişkin çamurun oluşum mekanizması tam anlamı ile açıklanamamıştır. Bu konuda yoğun araştırma projeleri yapılabilir. Arıtma tesisine şiddetli çürümüş su gelirse, anaerobik prosesler çok daha fazla olur ve CO₂, H₂S, CH₄ ve N₂ gibi gazlar oluşur, özellikle denitrifikasyon sırasında oluşan N₂ gazları yüzer çamurların oluşmasına neden olurlar.

Basillerin, mavi alglerin ve ışıklı mantarların şişkin çamura neden olduğu söylenir. Aslında şişkin çamurlar iyi arıtma yeteneğini göstermelerine rağmen, atıksu arıtma tesislerinde hiç bir zaman arzu edilmezler, çünkü çöktürülmeleri güç olmaktadır. Çamur yumakları alıcı ortama gitmekte ve yük oluşturmaktadır. Çözümü O₂, hava, H₂O₂, Cl, bakırsülfat, demirüçsülfat veya kireç verilmesidir.

Küçük yerleşim yerleri için klasik anlamda küçük arıtma tesisleri ekonomik değildir. Oluşan su miktraları az olduğu için de sorunsuz bir şekilde işletmek de imkansızdır. Oksidasyon hendeklerinde veya havuzlarında atıksuya ve çamura aynı yerde ve aynı anda işlem yapmak mümkündür. Böyle sistemde ortama besin maddesini az verdiğni zaman mikroorganizmalar endojen faza geçip rezev maddelerini kullanacaklar, sayıları sürekli olarak azalacaktır.

Çamur hacmi ve organik madde içeriği de azalmış olacaktır. Çamur stabilize olmuştur, içerdiği organik madde de %50'nin altındadır.

Protozoalar aktif çamurda çok sayıda bulunabilir: 20 000 - 100 000 fert/ml. Buna rağmen bakterilere kıyasla arıtmadaki işlevleri çok azdır. Asıl işlevleri bakterileri yemek ve azaltmak , elimine etmektir. Arıtılmış suyun bulanıklılığının azalmasını sağlarlar ve serbest bakterilerden oluşan askıda katı madde miktarını azaltırlar.

Oksidasyon Hendekleri

100 m boyunda 1 m derinliğindeki ve taban genişliği 0.65 m olan bu hendeklere atıksular verilir. Fırçalı havalandırıcılar sayesinde de havalandırılır. Yatay milli silindirik şekildeki fırçalı havalandırıcıların görevi aynı zamanda karışımı sağlamak oluşan yumakların çökmesini engellemektir. 2 veya 3 günlük bekleme süreleri çamurların aerobik parçalanmasını sağlamak için yeterlidir. Bu çamur koku veya herhangi bir başka sorun yaratmadan alınıp kurutulabilir.

Oksidasyon hendeklerinde organik bileşikler **Pseudomonade, Escherichia coli Zoogloea, Acetobacter** grubları ve diğer çok sayıdaki bakteriler tarafından parçalanmaktadır. Açığa çıkan enerji de mikroorganizmaların metabolizmalarında kullanılmaktadır.

Evsel atıksularda genellikle azot bileşikleri üre ve protein şeklinde organik bağımlı olarak bulunurlar. Nitrit ve nitrat, oksitlenmiş azot bileşikleri ise evsel atıksularda önemli miktarda bulunmaz.

Nitrobacteraceae ailesine ait olan nitrifikantlar amonyumu, nitrit üzerinden nitrate oksitlerler. Önce Nitrosomonas suropaea, sonra da Nitrobacter winogradskyi görev üstlenir. Her iki bakteri de karbon ototrof bakteridir. Bunlar karbondioksiti ve bikorbonatı ham madde olarak kullanıp, hücrelerine özgün yeni madde oluşturabilirler. Üreme hızları heterotrof bakterilere kıyasla çok daha azdır. Bu nedenle de aktif çamur havuzunda bekleme süresi uzun, fazla seçilmektedir.

Örneğin oksidasyon havuzlarında havalandırmayı durdurduğumuz zaman, suyun hareketi de kesilince, çamur çökmeye başlar, oksijen ve besin maddesi eksikliği aerobik organizmaları içsolumuma zorlar. Nitrifikantlar da anabolizmalarını durdurur. Denitrifikasyon başlar. Çamur hacmi azalır. Nitrit

ve nitratlar gaz halindeki azota dönüşür. Burada faaliyet gösteren mikroorganizmalar ise: Pseudomonas aeruginosa, Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas stutzeri ve Bacillus cereus'dur. Bunlar oksijen ihtiyaçlarını nitrit ve nitrat'a bağımlı oksijende sağlamak yeteneğine sahiptir. (Şekil 2).

Arıtılmış su denitrifikasyon olayı nedeni ile azotca fakirdir, bu da alıcı ortamda ötrofikasyonun oluşmasını engeller. Eğer oksidasyon havuzlarını da sürekli havalandırma yapılır ve besin maddesi verilirse o zaman sistem aktif çamur hendeği olur, yani tüm özellikleri normal aktif çamur sistemindeki gibidir.

Damlatmalı Filtre

Şekil 3' de görüldüğü gibi olan üstü açık silindirik yapıda ve içinde biyolojik bakımdan inert madde bulunan, üstünden tekdüze atıksu verilen ve sürekli iyi havalandırılan bir atıksu arıtma sistemi "Damlatmalı Filtre"dir. Dolgu maddesi üzerinde biyolojik aktif madde oluşur, bu olay aslında akarsularda veya doğal sularda kendiliğinden oluşan biyofilm mekanizmasının aynısıdır. Doğal ekosistemlerdeki bir olayın, yapay ekosisteme aktarılışıdır. Her türlü malzeme dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Önemli olan mikroorganizmaların tutunabilmesi, barınabilmesi için yeterli alanın bulunmasıdır. Ayrıca yeterli oksijen ve besin maddesi ile karşılanabilmesidir. Tekdüze olarak yerleşim sağlandığında çamurlaşma veya tıkanma tehlikesi ortaya çıkabilir. Bunun için de uygun dane boyutlarını seçerek, gerekli önlemleri alarak buna meydan vermemek gerekir. Verilen atıksu miktarına göre, damlatmalı filtre sistemi az yüklü veya çok yüklü olabilir.

Buradaki biyosonöz bakteriler, mantarlar ve mayalardan oluşmaktadır. Algere de rastlanabilir. Oluşan biyolojik çim üzerinde protozoalara ve çok hücreli hayvanlara da rastlanmaktadır.

Besin maddesi az olduğu zaman tür sayısı artmakta, fazla olduğu zaman da tür sayısı azalmakta fakat üreme hızı artmaktadır. Çizelge 2' de damlatmalı filtrelerde oluşan ve gelişen mikroorganizmaların türleri verilmiştir. Dolgu maddesi üzerinde film oluşmakta, bu biyofilm boşluğa doğru büyümektedir. Şekil 4' de biyofilmdeki h(h1,h2) tabakalar görülmektedir. İç kısımda iyice oksijen azalması nedeni ile olay anaerobik olarak gerçekleşmektedir. Oluşan anaerobik ayrışma ürünleri tutunma yüzeyine olan teması keser ve filmin kopmasına neden olur. Aşağıya doğru akan atıksu ile birlikte sürüklenir. Tutunma yüzeyinde yeniden biyofilm oluşmaya başlar.

Biyolojik çimin aktif tabakasının önemi çok büyüktür. Bakterilerin çok büyük bir aktif yüzeye sahip oluşları nedeni ile de oldukça çok madde sürümü gerçekleşmektedir. Bakterilerin çoğu yüksek molekülle bileşikler parçalayacak enzimler salgılamaktadır. Parçalanan bu bileşikler bakteri membranından hücre içine girmekte ve ozmoz yolu ile taşınmakta ve işlenmektedir. Protozooların alan/yüzey oranları çok kötü oluşu nedeni ile, arıtmada bakteriler kadar çok üstün ve iyi görev üstlenememektedirler. Bunların görevleri bakteri sayılarının azaltmak ve suyun içinde bulunan süspanze maddeleri elimine etmektir (Şekil 5).

Siliatlar katı maddeleri içerlerine çekerler ve besin vakuollerinde sindirirler. Eksrasellüler sindirimleri ile bakterilere kıyasla daha fazla randımanlıdır. Damlatmalı filtrelerin yüzey kısmında görülen mikroorganizma Çizelge de orta kısmındakiler Çizelge 3'de alt kısmındakiler de Çizelge 4'de verilmiştir. Yüzeyde besin maddesi arzı fazla olduğundan mikroorganizma aktivitesi fazla olmakta ve oksijen tüketilmektedir. Genelde de polisabrob organizmalar hakim durumdadır. Protozoolardan ise de daha çok bakteri yiyenler vardır. Biyolojik çimi özellikle Zoogloea ramigera ve Sphaerotilus natans oluşturmaktadır. Fazla şok yüklemelerde Zoogloea'ların yerini Sphaerotilus natans almaktadır.

Bakteri yiyen Flagellate'ler ise: Trepomonas agilis ve Bodo putrinus. Siliatlar: Colpidium colpoda, Tetrahymena pyriformis, Claucoma scintillans ve Vorticella microstoma.

Biyolojik çim bakteri yiyen organizmalar tarafından otlanır ve yenir. Sıcaklık 15⁰C'nin altına düştüğü zaman yeme aktivitesi azaldığı için, çimler yeniden büyür ve tıkanma tehlikesi gösterir. Baharda artan sıcaklıklarla birlikte yeme aktivitesi arttığı için de çimin kalınlığı hızlı bir şekilde azalır. Böylece atıksudan bakteri yiyenlere kadar bir enerji akışı olur. Atıksuyun toksik içerikleri biyolojik çimden ziyade hayvansal organizmalara toksik etki ederler. Bu da ekolojik dengeyi beslenme zincirinde bozar. Avcı ilişkisi bozulmuş olur.

Avcının bol olduğu ortamda av durumunda olan organizmalar, avcılarının sürekli hareketleri, metabolizma artıkları nedeni ile her zaman için iyi yayılmış, karıştırılmış besin maddesi bulurlar. Böylece biyolojik çimdeki metabolizma ve atıksuyun organik madde içeriğinin parçalanması yoğun bir şekilde gerçekleşir.

Damlatmalı filtrede oluşan bu biyosönözde makroorganizmalar da yerlerini alırlar. Nematod ve böcek larvaları müthiş bitki ve detritus yiyicileridir. Bunlar aynı zamanda derin çim galerilerini, yollarını da yerler, böylece de oksijenin anaerobik bölgeye taşınmasını sağlarlar. Bu konuda en çok tanınan tür ise "**Psychoda**"dır. Bu çok küçük sinektir, yanlışlıkla damlatmalı filtre sineği diye adlandırılır. (Şekil 6).

Biyodisk

Aktif çamur sistemi ile damlatmalı filtre sisteminin bir kombinasyonu olan biyodiks sistemleri geliştirilmiştir. Bunların günümüzde en yaygın olanı ise dilimli biyodikslerdir. Şekil 7' de bir biyodiks sisteminin çalışma prensibi görülmektedir.

Aktif çamur, damlatmalı filtre ve biyodiks yöntemleri çok iyi bir ön arıtma ve son arıtma gerektirir.

Evsel atıksuyun %90 oranında arıtılabilmesi için **Atıksu: Hava:Biomas** oranlarının 1:10:0.3 olması gerekir.

Dilimli biyodiksler plastik veya çeşitli maddelerden yapılmış bir eksenin üzerinde dizilmiş dilimlerden oluşmaktadır ve silindirik bir yapı meydana getirmektedir. Bu Dikslerin yarısı su içinde, yarısı da dışardadır. Dilimlerin görevi mikroorganizmalar için tutunma yerlerini oluşturmaktır. İşletmeye aldıktan sonra bir kaç gün içinde 2.5 mm kalınlığına kadar biyolojik aktif bir tabaka meydana gelmektedir. Disk batarken suyun içindeki organik kirliliği soğurmakta ve böylece tutunan mikroorganizmalar besin maddesi sağlanmaktadır. Hava ile temas edince de oksijen kazanmaktadır. Biyofilm yeterli kalınlığa erişince de biyodiks havuzunun tabanına düşmektedir. Düşene biyofilmin aktivitesi devam etmektedir, bu andan itibaren de aktif çamur sistemlerindeki çamur yumağına benzemektedir. Diskin her yeni dalışı ile birlikte de suyun içine oksijen de taşınmaktadır.

Her dilimdeki biyosönöz farklı farklıdır. Çıkışa doğru dilimlerdeki biyoçim kalınlığı azalmaktadır. Fakat tür zenginliği ise artmaktadır. Biyoçimde büyük bir çoğunlukla Zoogloea'lar ve iplikli bakteriler hakimdir. Bunların üzerinde çok sayıda nematod ve protozoa'lar vardır. Flagellate'ler ve siliatlar (Platynema, Aspidisca, Oxytricha, Uronema ve opercularia) da vardır. Dilimler kenar kısımlarında Ulothrix yeşil algleri de görülmektedir.

Dilimlerin ortalarına doğru ise Diatomee Nitschia, Navicula vd. vardır. Bu sistem evsel atıksuyu küçük arıtma tesislerinde arıtmak için başarılı olarak kullanılabilirdiği gibi, bira fabrikası, süt fabrikası, mezbaha atıksularının arıtılmasında da başarılı olarak kullanılmıştır.

Mikroorganizmaların yoğun aktiviteleri nedeni aşırı oksijen tüketilmesine rağmen yeterli miktarda oksijen bulunmaktadır. İhtiyaca göre birkaç disk arka arka devreye sokulabilir. İlk diskde çoğunlukla polisabrob organizmalar baskınken, son diske doğru mezosabrob'lar egemen duruma geçerler. Biyodiskde görülen mikroorganizmalar Çizelge 5'de verilmiştir. Küçük yerleşim yerleri, kamp yerleri, turistik tesisler için bu yöntem genelde çok uygun bir yöntemdir.

Lagünler

Atıksu lagünleri önce atıksu bertarafı için oluştu, daha sonraları ise atıksularını arıtılması amacı ile geliştirildi, kullanıldı. 65 yıldan beri de çeşitli atıksu lagünleri geliştirildi. Aerob, anaerob fakültatif lagün yöntemleri.

Tüm lagün sistemleri için mutlaka iyi bir ön arıtma gerekmektedir. Atıksuyun mineral madde içerikleri biyolojik arıtmayı engellemektedir. Atıksu lagününden: çürütme lagünleri, oksidasyon lagünleri, alg lagünleri, atıksu balık lagünleri vb. gibi anlaşılmaktadır. Daha çok çeşitlendirmek mümkündür.

Lagünler sığ tutulduğu sürece havadan ve bitkilerden gelen oksijen sistem için yeterlidir. Derin olmaları halinde havalandırıcılara ihtiyaç vardır. Bazı havalandırıcılar aynı zamanda tam karışımı sağlarlar. Atıksu lagünlerinin yüzeyinde aerob süreçler gerçekleşir. Işık şiddetine bağımlı olarak da ototrof canlılar karbondioksiti, nitratı ve fosfatı kullanarak hücreye özgün madde, karbonhidrat, yağ ve protein üretmektedirler. Bu sırada da oksijen açığa çıkmaktadır.

Havalandırmasız lagünlerde biyolojik süreçler aynen normal doğal durgun sulardaki gibidir. Havalandırılmalı lagünlerde ise aktif çamur havuzunda olduğu gibidir. Ancak havalandırıcılardan uzaklaştıkça organizma, atıksu ve oksijen arasındaki temas azalmaktadır. Hatta yer yer metabolizma engelleyici bölgeler oluşmaktadır.

Arıtmanın büyük bir kısmı sesil (yerleşik) mikroorganizmalar tarafından

yapılmaktadır. Lagün dibindeki zengin türdeki bakteriler ve mantarlar sürekli olarak yavaş akış halindeki suyun içinde bulunan organik maddeleri soğurmakta ve kullanmaktadırlar.

Çamurun üst tabakasındaki flora fazla oksijen üretmesi nedeni ile, bunu çamura vererek çamur üst tabakasından ayrışmaya neden olmaktadır. Derine doğru da redüksiyon olayları artmaktadır.

Amonyum, nitrat ve fosfat gibi ayrışma proseslerinin nihai ürünleri, bitkiler için çok önemli birer besin maddesidirler. Bu nedenle de alglerin ve yeşil bitkilerin üremesi artmaktadır. Özellikle de Chlorella yeşil alg, Cryptomonas, Chromonas, Chlamydomonas flagellate'leri görülmektedir. Lagün dibinde Elodea (Su vebası), yüzeyinde ise Lemnaceen (Su mercimeği) hakim durumdadır. Besin maddelerinin yeniden çevrimini engellemek için bunların zaman zaman ortamda uzaklaştırılması, toplanması gerekmektedir.

Lagünlerdeki arıtma da sadece ışık etkin değildir, aynı zamanda sıcaklıkta önemlidir. Lagünlerde kış aylarında sıcaklık +2°C'ye düştüğü zaman yaz aylarında %85-95 olan arıtma verimi, %75'e kadar düşmektedir. Buz tabakası altında fotosentez yapan alglere rastlandığı gibi, organik madde parçalayan bakteriler de görülmüştür.

Lagün suyunun arıtılması bir bakıma filtrasyon işlevi götüren organizmalar tarafından yürütülmektedir. Bunların bir çok türü aerob lagünlerin zeminlerine yerleşmektedir. Daphnie'yalar, Rotatoire'lar, (Branchionus), küçük Flagellate'lar, Ciliat'lar. Arıtma beslenme zincirinin tüm bireylerinin ortak ve bütünsel bir faaliyetleri sonucu gerçekleşmektedir.

Alg lagünleri genelde üretim lagünleri olarak kullanılır. Burada daha ziyade protein üretmek ana amaçtır. Atıksu alg lagünleri olduğu gibi temiz su alg lagünleride vardır. Bu tür lagünlerde 56 ton/ha.yıl verim elde etmek mümkündür. Bu ise yararlanılan buğday proteinini 370 katı kadar daha fazladır.

Atıksu balık lagünleri de diğer bir lagün çeşididir.

Buradaki biyolojik ve mikrobiyolojik olaylar daha ziyade atıksu arıtma yöntemlerinden doğal olanlarınkine yakındır. Floradan fauna'ya kadar tür sayısı çok zengindir. Biyosonözün bireyleri bakterilerden balıklara kadar bir yelpaze gösterir. Atıksuların lagünlere boşaltılması halinde toplam koliform

sayısı artmaktadır. Organik maddelerin bakteriler tarafından parçalanması da sürekli olarak oksijen tüketmektedir. Bu durumda fazla oksijene ihtiyaç duyan mikroorganizma türleri ve üst düzey organizmalar yaşayamazlar. Örneğin Gammerus gibi.

Atıksu balık lagünlerinde ön arıtmadan sonra verilen sular, burada çamur çökmesi ve bunu yiyen organizmalar nedeni ile arıtmaya devam etmiş olunur: **Tubificide'ler, Chironomide'ler lagünün her tarafından yaşarlar.**Bunlarda sazanlar için çok güzel, beğenilen yem hayvanıdır. Böylece atıksuyun kirleticileri çamur yiyiciler üzerinden balık biyomasına dönüşmüş olur.

Bu biyotopdaki biyolojik dengeyi korumak, bozmamak için:

- **oksijence zengin seyreltme suyu vermek**
- **düzenli balık hasatı yapmak**
- **çamur ve otları düzenli olarak temizlemek gerekir.**

Yaşam topluluğunun bileşenleri sabit değildir, sürekli değişmektedir. Çizelge 5'de atıksu balık lagünlerindeki organizmalar görülmektedir.

Arazide Atıksu Bertarafı

Hayvan dışkılarının ve idrarlarının arazide kullanılması binlerce yıl öncesine kadar geriye gitmektedir. Böylece atıklar hem toprakta işlem görmekte, hem de bitkiler tarafından topraktan çekilen, alınan bitki besin maddeleri toprağa yeniden verilmiş olmaktadır. Evsel atıksular da aynı amaç için kullanılmıştır ve kullanılmaktadır. Geçen yüzyıl içinde bu amaca yönelik olarak yağmurlama ve salma sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak arazide atıksu arıtmanın bazı sakıncaları olabilir, koku problemi, sinek sorunu, hastalık bulaşma olasılığı gibi... Bunun için her halukarda araziye vermeden önce iyi bir önarıtma mutlaka gerekmektedir. Arazinin bol olduğu bölgelerde organik madde içeriği fazla olan atıksular da arazide arıtılabilir.

Yağmurlama borulu iletim ile 3 barlık bir basınçla yağdırıcılar yardımı ile araziye tatbik edilebilir. Yağmurlama miktarı ise yerel ekolojik koşullara göre ayarlanabilir. Burada atıksuyun hem gübre değeri, hem de su değeri birlikte değerlendirilmektedir. En büyük tehlike atıksu ile birlikte hastalık mikroplarının ve solucna yumurtalarının bitkilere, hayvanlara ve beslenme zinciri yolu ilede insanlara geçme olasılığının var olmasıdır. Su zerrelere kanalı ile mikroplar çok uzaklara kadar taşınabilir. Bu nedenle de birçok

ülkede sadece mekanik arıtılmış atıksuyun yağmurlanması yasaklanmıştır. En azından hasattan bir kaç hafta önce yağmurlama durdurulmalıdır. Aynı kural salma veya sızdırma sulama için de geçerlidir. Toprak florası özellikle bakterice çok zengindir. Koklar, çubuksular ve spiriller çok miktarda bulunur. Heterotfor olan bu canlılar atıksuyun organik maddelerini enerji kaynağı olarak kullanırlar. Ayrıca kükürt bakterileri, demir ve mangan bakterileri de, havanın azotunu bağlayan azot bakterileri de çok miktarda vardır.

Algler ototrof oldukları ya dağıtım kanallarının kıyılarında, ya da toprağın üst tabakasında çok miktarda görülür: **Cyanophyceae, Oscillatoria putrida, Oscillatoria tenuis, Oscillatoria brevis, Oscillatoria princeps, Phormidium sutumnale ve Phormidium foveolarum.**

Topraktaki biyosonözün bileşenleri toprak türüne ve atıksuyun kalitesine göre çok değişmektedir. Bu hem flora hem de fauna için geçerlidir. Çizelge 7' de topraktaki mikroorganizmalar verilmiştir. Toprağa atıksu verilmeden de, toprakta çok zengin sayıda ve türde flora ve faunanın faaliyet gösterdiği bilinmektedir.

Çürütme lagünleri gerek atıksuyun organik içeriğini, gerekse de atıksu arıtma çamurlarının toprak baraj veya havzularda çürütülmesi ve stabilize edilmesi için kullanılmaktadır. Burada anaerobik prosesler gerçekleşmektedir. Çizelge 8' de böyle bir lagündeki mikroorganizmalar ve onların işlevleri verilmiştir.

Bu minerilazasyon yöntemi aslında hiç de yeni değildir, çok eskidir. İzmir Körfezinin iç kısmında olan olaylar da, bundan başka bir şey değildir. İç Körfez yıllardır anaerobik bir çürütme lagünü gibi görev görmüştür. Organik maddeler stabilize edilirken de ayrışma ürünü olarak bir sürü koku yapan maddeler açığa çıkmaktaydı. Halbuki yapay ekosistemlerde bu olay bilinçli olarak denetlenmekte ve kontrol edilmektedir, hızlandırılmakta, yönlendirilmektedir. Organik artıkların yağ ve protein içerikleri çok önemlidir. Proteinler iyi ayrışabilir maddelerdir. Yağlar da suyun yüzeyinde bir tabaka oluşturarak havanın oksijeninin lagüne girmesini önlerler. O halde yağlar aktif çamur sistemlerinde sakıncalı iken, burada yararlıdır. Bu yağ tabakası aynı zamanda çürütme lagününüdeki sıcaklığın da uzun süre kalmasını, değişmemesini sağlar, +25⁰ ile +30⁰ C arasındaki sıcaklık korunmuş olur. Bu da ayrışmanın optimum olmasını sağlar. Çünkü düşük sıcaklıklarda çürütme için gerekli olan bekleme süresi oldukça artar. Şekil

8' de bir çürütme lagünü görülmektedir.

Bu yağ tabakası ayrışma sonucunda açığa çıkan, koku maddelerinin tutulmasında da yararlıdırlar.

Evsel atıksularda yağ az olduğu için çürütme lagünlerinde arıtmaya elverişli değildirler, buna karşılık olarak mezbaha atıksuları anaerob çürütme lagünlerinde arıtmaya çok elverişlidirler.

Çürütme Lagünleri

Biyokimyasal olaylar çürütme kulelerindeki olayların aynısıdır.

Asit fazı ile metan fazı arasındaki dengenin sürekli korunması gerekir. **Methanobacterium omelianskii**, **Methanosarcina barkeri vd.** gibi metan bakterileri metabolizma faaliyetleri için alkali ortama ihtiyaçları vardır. Çamur çürütme lagünlerinde sıcaklık + 10⁰ C'ye düştüğü zaman, metan bakterilerinin metabolizmaları azalır, yavaşlar, + 4⁰C de ise durur. Bu koşullarda da asitik faz baskın olur ve yağ asitleri ve diğer kötü kokan bir çok ara ürün meydana gelir.

Çürütme lagünlerinde çamur stabilize edilmiş olunur, ancak çıkış suyunu aerob bir işleme tabi tutmadan alıcı ortama vermemek gerekir.

Serbest oksijensiz olan tüm biyokimyasal ayrışma prosesleri anaerobik olaylardır.

Organik azot içeren bileşiklerin havasız ortamda parçalanması, ayrışması çürüme iken, karbon içerikli bileşiklerin ayrışması da mayalanmadır. Aslında L.Pasteur'e göre her iki olay da fermentasyon olayıdır. Bu durumda nitrat amonifikasyonu, denitrifikasyon ve desülfürürükasyon olayları da fermentasyonun tanımına girer.

Anaerobik biyokimyasal proseslerin oluşmasının esası ortak yaşam topluluğuna (sembiyoz biyosonöz'e) dayanmaktadır. Bu biyosonözün bileşenleri tam anlamı ile bulunamamıştır, ancak sıcaklığın düşmesi ve toksik maddelerin ortama girmesi reaksiyonları olumsuz etkilediği bilinmektedir. Enerji bakımından zengin yüksek moleküllü organik bileşikler, hücre dışı enzimlerin yardımı ile enerji bakımından fakir alçak moleküllü bileşiklere dönüştürülür. Bakteriler polisakkaridleri, disakkaridlere ve

monosakkaridlere ; Proteinleri de kısa zincirli peptidlere, aminoasitlerine; yağları da gliserin ve yağ asitlerine hidrolize etmektedirler. Şekil 9 de protein, karbonhidrat ve yağların anaerobik olarak ayrıştırılması ve açığa çıkan maddelerin nihai ürünlere dönüştürülmesi gösterilmiştir.

I.fazda hidroliz gerçekleştikten sonra, II.fazda asitleşme reaksiyonları başlamaktadır. İndirgenmiş yüksek moleküllü organik bileşikler: sütasiti,, alkol, yağasiti, propiyonik asit, karınca asiti, sirke asiti fermentasyonları sonucunda asitleştirilmektedirler.

II.faz reaksiyonlarını da III.faz reaksiyonları, yani metan fermantasyonu izlemektedir. Metan fazında asitleştirme fazında oluşan ara ürünler nihai ürünlere kadar parçalanmaktadır.

Bu anaerobik proses atıksuların arıtılması, arıtma çamurlarının çürütülmesi, lagünlerde organik madde içeren atıksuları veya çamurları çürütmek, doğal ekosistemlerde göllerde ve körfezlerde, durgun sularda dipte biriken biyomasların ayrışması ve stabilize olması, çöp depolama yerlerinde anaerobik koşullarda çöpün içindeki ayrışabilir organik maddelerin biyokimyasal olarak parçalanması gibi olaylarda yaygın olarak görülür. Atıksu arıtma tesislerinden elde edilen ham çamur mekanik ve biyolojik arıtma çamurları), çamur yoğunlaştırıcılardan geçtikten sonra, %85-%95 su içerikleri ile içindeki katı maddenin organik maddeleri ayrıştırılırlar. **Genelde %50 OM, %50 İOM'den oluşur. Bazı atıksuyun özelliğine bağlı olarak %80 OM, %20 İOM'den oluşabilir.**

Çamur işlemlerinin bir yararı da çamurun özelliklerinin iyileştirilmesi ve büyük tesislerde de işletmenin ihtiyacını karşılamak için metan gazı üretilip elektrik enerjisi üretimi için kullanılmasıdır.

Çürütme Kuleleri

Çürütme kulelerine sürekli tekdüze taze çamur gönderdikçe, bununla birlikte de sürekli yeterli miktarda fakültatif anaerob bakteriler de çürütme kulelerine gönderilmiş olacaktır. Bunlar da enzim sistemlerini hemen anaerobik enzim sistemlerine dönüştürürler. Hidroliz ve asitleştirme fazları böylece başlar. Metan bakterilerinin ekolojik istekleri daha farklıdır: Özellikle pH ve sıcaklık. Metan fermentasyonunu başlatmak ve oturtmak günlerce ve hatta aylarca sürebilir.

Taze çamurun çürümesi ve stabilize olması için 1.5-2.0 ay gibi bir koku sorunu yoktur. Taze çamura göre de çamur hacmi %40 azalmıştır. İçinde zararlı madde bulundurmaması koşulu ile arıtma çamurları toprak iyileştirici madde olarak kullanılabilir.

Metan bakterilerine ışık olumsuz etki eder, aktivitelerini felce uğratabilir. Karanlık ortamı tercih ederler. Hareket özgürlüğü için yüksek oranda sulu ortama ihtiyaç duyarlar. Böylece madde dönüşümlerindeki katkılarını metabolik faaliyetlerini artırır. Ancak bakteriler için yeterli tutunma yüzeylerine ihtiyaç vardır. Bunu da sulu ortamdaki %6-10 dolayında bulunan katı madde sağlar. **Yeni hücrelerin sentezi için de belirli bir N/C oranına, azota ihtiyaç vardır. Bu oran da 0.06 ile 0.1 arasındadır.**

Metan fermentasyonu alkali koşullarda gerçekleşen bir proses olduğu için de pH değerinin 7.0-7.6 arasında olması gerekir. Sirke asiti üzerinden organik asit konsantrasyonu da 500-1500 mg/l arasında olmalıdır. Sıcaklık da çok önemlidir, mutlaka + 3 °C'nin üzerinde olmalıdır. Ancak mezofil metan bakterileri 20 °C ile 40°C aralığını tercih ederlerken, termofil olanları da 50°C ile 60 °C yi tercih etmektedirler. Sıcaklıkların aniden 3 °C civarında düşmesini metabolizmalarını çok olumsuz etkilerler. Karbonhidratların, yağların ve proteinlerin anaerobik olarak karbondioksit ve metan'a kadar parçalanmaları Şekil 10 de verilmiştir. Çeşitli fermentasyon olabileceği maddelerin N/C oranları ve % azot içerikleri Çizelge 9' de verilmiştir.

Bazı artıklardan elde edilen biyofazlardaki metangazı oranı ve organik kuru madde birim ağırlığı için elde edilebilecek gaz miktarları Çizelge 10' de verilmiştir. Bu prosesin enerjetik açıdan önemini vurgulamak için de Çizelge 11'de biyogazın ve diğer ısıl değeri olan önemli, yakıt olarak kullanılan maddelerin enerji içerikleri MJ ve kWh üzerinden verilmiştir.

Atıksular ve Hijyen

Yaklaşık yüz yıl önce Prusya'da 170 000 kişi koleradan ölmüştür. Tifus hastalığı ise olağan bir hastalıktı. Bu hastalıkların insan ve hayvan dışkılarından kirlenmiş içme sularından kaynaklandığı özellikle Koch tarafından bilimsel olarak vurgulanmış, kanıtlanmıştı.

Bunun sonucu olarak kentlerde kanalizasyon şebekelerinin yapımı zorunlu oldu ve yaygınlaştı, atıksu toplama şebekesine sahip olan kentlerde artık bulaşıcı hastalık salgınına rastlanmıyordu.

Arıtma tesisleri de bu atıksuların arıtılmasına, içindeki mikroorganizmaların sakıncasının en aza indirilmesine veya bertaraf edilmesine yaramaktadır. Özellikle biyolojik atıksu arıtma tesislerinde Protozoolar, bakteri yiyerek, bilhassa da patojen bakterileri de yiyerek yaşadıklarından hastalık saçan organizmalara yok etmekte veya en aza indirmektedirler. Ayrıca taze çamur işlemleri sırasında da büyük bir oranı imha edilmektedir. Bulaşıcı hastalığı davet eden yanlış uygulamalar:

- İçme suyu kaynağı bölgesinde tuvalet çukurlarının bulunması, koruma bandının olmaması
- Kaynak suyunu iletmekte görevli olan bir dereye veya çaya gelişi özel artıkların dökülmesi, atıksu boşaltılması
- Evsel atıksuyun veya fosseptiğin taşan suyunun bir yan dereye verilmesi
- İçme suyu şebekesinin kanalizasyon şebekesinin içine veya yanına döşenmesi

Hastalık yapan organizmayı izlemek hiç de kolay değildir, çünkü ortam akışkandır ve yer değiştirmektedir. Buna bağlı olarak da mikroorganizmaya yer değiştirmekte, ya da ölmektedir. İnsan sadece mikroplu suyu içerek hasta olmaz, aynı şekilde mikroplu suda banyo yapmak veya, mikroplu su ile sulanmış taze bitkileri, yıkamadan veya haşlamadan yemekle de hastalığa yakalanabilir. Bulaşıcı hastalıklara sebep olan organizmalar ise:

- Bakteriler, - Viruslar, - Protozoolar, - Solucanlar

Enfeksiyondan korunmanın en iyi yolu ve yöntemi mutlak surette iyi bir temizliktir. Dezefente eden maddelere odalar veya hacimleri için kullanmak mümkün iken, gıda maddeleri için kullanılamaz. Yumurta ve larvalar kimyasal maddelere karşı dirençlidirler. Solucan yumurtaları çökeltim havuzlarında elimine edilebilir. Patojen mikroorganizmaların sıcaklığa karşı duyarlılığı ve uzun süre içinde kurumaları bunların imhası açısından önemli bir noktadır.

Atıksu ile temas etmek hep yeni bir enfeksiyon nedeni olabilir. Hatta epidemilere bile neden olabilir.

Bakterinin sebep olduğu hastalıklar evsel ve hastahane atıksularından kaynaklanabilir, çünkü bu sular bakteri türü ve popülasyonu bakımından çok zengindir. Bu bakteriler patojen olabilirler. Coliform bakterileri ile topluluk

halinde yaşıyan diğer bakteriler ise:

Salmonella typhi, Salmonella paratyphi, Salmonella pullorum, Salmonella enteritis. Bunlar da tifus, paratifus ve enteritis hastalıklarına neden olurlar.

Coliform bakterileri olmadan Salmonelle'lar yaşayamazlar. Yıllardır hiç hasta olmadan paratifus bakterilerini dışkılayan insanlar vardır. Bunlar sürekli olarak potensiyel hastalık bulaştırma kaynağıdır. Atıksu proteince zengin ise, bu ortamda Salmonelle'lar çok hızlı bir şekilde ürerler. Bu özellikle mezbaaha atıksuları için geçerlidir. Martılar ve diğer deniz kuşları Salmonelle'lerin taşıyıcısı görevindedirler. Midyelerde de tifus bakterileri konaklıyabilirler. Güneş ışınları, klor ve yüksek pH bunların düşmanlarıdır.

Bakteriler atıksu arıtma tesislerinin ön çökeltim havuzlarında çökerler ve taze çamurda türce ve sayıca zenginleşirler. Alkali çamur çürütmesi ise bunlara zarar verir, yok eder. Bazı dayanıklı türlerinin 12 haftalık çamur çürütme işleminden sonra da hala canlılığını koruduğu görülmüştür. Mekanik ve biyolojik arıtmadan sonra, atıksu klorlanıyorsa, o zaman çıkış suyu mutlak sürette Salmonelle'dan arıtılmış demektir.

Enfeksiyöz ishalin nedeni de Shigella dysentriae, Sh. flexneri, Sh.boydii, Sh.sonnei'dir. Sekiz saat veya 12 gün sonra bu bakterilerin toksinleri mide ağrılarına ve ishale sebebiyet verirler.

Tuberkulos hastahanesinden de Mycobacterium tuberculosis atıksu yolu ile yayılabilir. Deşarj noktasından 1100 m uzaklıkta 1000 bakteri/l sayımı yapılmıştır. Çamur çürümede tamamı ölmemektedir. Güneş ışınları öldürmektedir. Atıksuların deşarj edildiği noktalarda yetişen midyelerde Cholera mikropları kümeleşmektedir (Vibrio cholerae, Salmonelle).

Farelerin idrarları yoluyla atıksuya veya çamura geçen Spirochaeta bakterileri insanda Weilsche hastalığına neden olurlar, bir nevi kanal işçisi veya arıtma tesisi personeli hastalığıdır bu.

Bunlara karşı en iyi mücadele yöntemi biyolojik olanıdır, atıksu arıtma tesislerinde, yetenekli ve dinamik çamurların geri dönüş çamuru olarak verilmesi, sisteme girne patojen mikroorganizmaların besin olarak kullanılmasına ve ortamdaki elimine edilmesine yaramaktadır. Çamur çürütme tüm patojen organizmaları öldürmelerine rağmen, bunun ardından

gerçekleştirilen çamur kurutma olayında hepsi imha edilmiş olmaktadır.

Virusun neden olduğu hastalıklar, temiz olmayan suyla yıkanmış meyve ve sebzeyi yemekle, atıksuyun arıtılmadan döküldüğü su ortamında yüzmekle kolayca bulaşabilir.

Coxsackievire grubu Meningitis myalgica hastalığına neden olabilir. Kirli suların neden olabileceği diğer bir virus hastalığı da Poliomyelitis epidemica, çocuk felcidir.

Bir diğeri de Hepattitis epidemica'dır. Enfeksiyondan 15-40 gün sonra hastalık kendini gösterir. Suyun klorlanması virusları öldürmeye yetmez çok dirençlidirler.

Protozooların neden olduğu hastalıklar da artan turizme birlikte yayılmaktadır. Amöbe ishali tropik ve subtropik bölgelerde çok yaygın bir olaydır. Bir diğer protozoa hastalığı da Pyocyanus ishali Pseudomonas pyocyanus tarafından meydana getirilmektedir.

Solucan hastalıkları çok yaygın olan, salgın olan bir hastalık grubudur. Dünyada 300 Milyon insan Bilharziose hastalığına yakalanmış durumdadır. 1 cm uzunluğunda Trematodlar grubundan olan bir kurt buna neden olmaktadır. Assuan sulama projeleri bu hastalığın yayılmasına neden olmuştur. İnsanın damar sistemine (çeltik üreticisinin) giren bu kurt 20 yıl boyunca insanın tüm organlarına yayılarak günde 3000 yumurta yaparlar. Şerit şeklinde olan kurtlarda insan bünyesinde nesillerini üretirler. Taenia solium kısa şerit kurdudur. 900 kadar halkadan (Proglottide) oluşur. Bunların her biri de 5000 yumurta içerir.

Paraziter nematodlardan biri de Ascaris Lumbricoides'dir. Dünyanın bir çok ülkesinde yaygın olarak insanlarda rastlanan bir parazittir.

Kancalı kurt da tropik ve subtropik bölgelerde yaygın görülen bir başka parazittir (Ancylostomiasis). Yaklaşık 500 Milyon insanın sorunudur bu. Organik artıkların biyogaz tesislerinde anaerobik olarak ayrıştırılması sırasında daha önce barınmaya imkan bulan böcek, sinek, haşere gibi canlıların barınmasına olanak kalmayacaktır. Çürütme olayı bir bakıma artıkların hijyenleştirilmesini sağlamaktadır. Çürümüş ve kokmayan çamur hastalık yapan dışkı sineği (Scatophaga stercoria) tarafından tercih edilmediğinden, potansiyel hastalık kaynağı . Metan bakterilerinin baskın

olarak bulunduğu ortamda diğer bakteriler, protozoolar tür ve sayıca azalmaktadır. **Metan bakterilerinin antibiyotik etkileri de vardır. Özellikle Paratyphus B, Enteritis Breslau ve Enteritis Gaertner hastalık mikroplarını öldürdüğü kanıtlanmıştır.** Hatta Cholera ve Hepatitis mikroplarını da etkilemektedir. Tüberküloz basilleri ayrışma olayını atlatabilirler ancak canlılıkları azalmaktadır. Domates çekirdekleri dışında tüm ot tohumları çürüme olayı sonucunda çimlenme yeteneğini kayıp eder. Koliform sayısında %0.2'ye kadar düşmektedir.

Atıksular ve Kimyasallar

Evsel atıksular artık günümüzde kolay arıtılabilen su türünden değildir. Eskiden çoğunlukla insan idrarını ve dışkısını, vucut yağını, mutfak ve çamaşırdan gelen kirleri içerirken, bugün yapay temizleyicileri, silicileri de içermektedir. Bu yapay temizleyiciler, aynı zamanda arıtma tesislerindeki mikroorganizmalara da etki etmektedir. Bunun dışında ayrıca sanayiiden bir çok organik ve anorganik kirleticiler de atıksuya gelmektedir. Kimyacılar da sürekli yeni yeni maddeler bulmaktadırlar, bunların her biri de çevresel etki değerlendirilmesi yapılmadan piyasaya sunulması halinde büyük çevre sorunları yaratmaktadırlar. Çizelge 11 'de atıksu mikrobiyolojisi açısından çok önemli olan bazı toksik maddeler verilmiştir.

Çizelge 11 : Atıksu içinde bulunan önemli toksik maddeler
Anorganik kökenli zehirli maddeler :

Asitler	Hidroklorik asit, sülfürikasit
Bazlar	Sodyumhidroksit, kalsiyumhidroksit
Oksitleyici maddeler	Klor, hidrojenperoksit, ozon
Gaz halindeki maddeler	Amonyak, hidrojen Sülfür
Alkali ve toprak alkali tuzlar	Berilyum, stronsiyum, potasyum tuzları Bakır, kurşun, çinko, krom, civa, Kadmiyum, arsenik
Siyanürler	Siyanür asiti, kloro siyanür

Organik kökenli zehirli maddeler :

Alifatik bileşikler	Hidrokarbonlar, madeni yağlar,
Aromatik bileşikler	Hidrokarbonlar, benzol, fenol, toluol
Klorlu hidrokarbonlar	Kloroform, klorobenzen, poliklorlu bifenil, vinilklorür, diklorfenol,
Diğer halojenli bileşikler	Triklorflormetan,
Nitro bileşikleri	Nitrobenzen, nitrofenol, dinitrotoluol
Nitriller	Akrilnitril,
Kondanze hidrokarbonlar	Benzopiren, naftalin, benzonatrasen

Atıksu arıtma tesislerine birçok toksik madde girmesine rağmen, arıtma tesisleri tamamen devre dışı kalmamaktadır. Az da olsa arıtma etkisi devam etmektedir. Yüzeysel sular bile oldukça çok miktardaki toksik maddelere karşı bir direnç gösterebilmektedir. Ancak bunun da bir sınırı vardır. Su ortamı mikroorganizma türünce çok zengin olduğu için, türler değişen ekolojik koşullara uyum sağlamaya çalışmakta ve dirençli organizmalar da türlerinin neslini evrimleşmiş olarak sürdürmektedir. Ancak toksik maddenin konsantrasyonu sınırlayıcı olmaktadır.

Bu ara zehirin veya toksisitenin tanımını yapmak gerekir: "Su ortamında yaşayan canlıların yaşam belirtilerini sönmöleyen, azaltan, metabolizma faaliyetlerini durduran düzeyde konsantre bulunan bir madde zehirdir." Bu tanım toprak ve hava ortamı için de söylenebilir. Bu tanımda bir maddenin kimyasal yapısı ve birleşimi önemli değildir, özellikle onun canlılara etkisi esas alınmaktadır. Zehirlerin mutlaka öldürmesi gerekmez, fakat öldürücü olabilir. Toksik etki basit engellemeden, öldürücülüğe kadar gidebilir, toksik maddeye karşı mikroorganizmanın tepkisi büyümeyi yavaşlatması ve çoğalmayı azaltması şeklinde olur. Biyokimyasal reaksiyonlar azalır, engellenir, dolayısıyla de oksijen tüketimi de azalmaktadır. Toksisitenin şiddetli olması halinde ise bakteriler ölmektedir. BOI_5 değeri bu durumda sıfır olur.

Eğer sadece biyoaktivite engellenirse, o zaman **bakteriostatik** etkiden söz

edilir. Öldürücü olması halinde de **bakterisid** etkiden.

Bir maddenin bakteriye toksik etkisi, sadece onun konsantrasyonuna değil aynı zamanda diğre maddelerle karşılıklı etkileşimine de bağlıdır. Örneğin asit ve bazlar her biri kendi başlarına bakterilere toksik etki yapabilecekken, birlikte nötr etki yapmaktadırlar. Bu ara zaman faktörü de çok önemli bir faktördür. Bitkilerin adaptasyonu için gerekli olan zaman, veya zehirin optimum değere ulaştığı süre olarak ele alınabilir. Zehir şokları bakterilere olumsuz etki yaparken, zehirlerin azar azar verilmesi, bakterilerin değişen ekolojik koşullara uyum sağlamasına olanak tanımaktadır. Bu durumda enzim sistemi değişmekte ve yeniden bir oluşuma, yapılanmaya gidilmektedir. Önceden toksik etki yapan H₂S ve fenol gibi maddeler, daha sonra bakteri besin maddesi olabilmektedir.

Toksik etki nedeni ile bozulan metabolizma kendini farklı farklı gösterebilir. Nitrifikasyon azalır, amonifikasyon artar. Suyun nitrit ve nitrat değerleri azalır.

Protozoolar bakteriler kadar dayanıklı değildir. Bakterilerde toksit etkinin belirtileri görülmeden, protozoolar çoktan ölmüştür bile.

Bakterideki toksik etki ise proteinin koagülasyonunda, hücre duvarı büyümesinin durdurulmasında, DNA'nın ve protein sentezinin engellenmesinde kendini gösterir.

Her asit asititesi nedeni ile toksik etki yapmaz. pH değişimlerine karşı mikroorganizmalar duyarlı hareket ederler. Örneğin anaerobik işlemlerin metan fazındaki pH=6.8 kritik bir değer olarak kabul edilmektedir. Duruma göre aktif çamur tesisleri pH=5'e kadar bile çalışabilmektedir. Asidofil bakterilerin faaliyetleri sürmektedir. pH=2.7'de BOI₅ in nötr reaksiyon koşullarına göre %65'inin ayrıştırıldığı saptanmıştır.

Sıcaklık ile pH arasındaki bağıntıya göre de biyokimyasal aktivite değişmektedir. 20 °C civarında yüksek pH ile aktivite iyi gidirken, 10 °C'de gitmemektedir. pH optimum değeri, biyolojik ayrışma için nötr ile pH= 7.5 aralığıdır.

Algler genel olarak yüksek pH değerlerine tahammül edebilirler, alg çiçeklenmesi sırasında tamponlayıcı kalsiyum bikarbonattan o kadar çok karbondioksit çekilir ki, hidroksitler artar ve pH=10 nun üzerine çıkar. pH

değişimi de diğer toksik maddelerin toksitesini artırır. Örneğin amonyum iyonu düşük pH değerlerine sahip olan ortamlarda toksik etki yapmaz iken, yüksek pH değerlerinde dissosiyeye olmayan amonyak açığa çıktığı için zehirliliği artmaktadır. Hidrojensülfürün davranışı ise amonyağının tersidir. Artan pH değeri ile birlikte zehirliliği azalmaktadır. Kuvvetli oksitleyiciler mikroorganizmaları oksijen bombardımanına tabi tuttuğu için öldürücü etki yapmaktadır. Bu nedenle de dezenfeksiyon için oksijen kullanılmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinde aşırı mikroorganizma biyoması oluşması halinde mikroorganizmaları elimine etmek için, örneğin tıkanan damlatmalı filtreleri temizlemek amacı ile oksijen kullanılır. (Oksitleyicinin oksijeninden yararlanır).

Ağır metallerin zehirliliği elektrokimyasal gerilime bağlıdır. Elektrokimyasal gerilim ne kadar pozitif ise, iyonun toksik etkisi de o kadar fazladır. Özellikle metalhidroksit çökeltilerinin oluşması sistemde büyük zararlara neden olmaktadır. Çözünürlüğü çok zor olan bu çökelti bileşikleri ölü veya canlı organizmaları kaplamakta ve onların kokuşmasına neden olmaktadır. Ağırmetaller hayvansal organizmalarda proteinlere koagülasyon etkisi yapmaktadırlar. Protoplazma yapısı bozulmakta, metabolizma durmakta, enzimler devre dışı bırakılmaktadır.

Algler ve yüksek bitkiler oldukça çok miktarda çinko, bakır gibi ağırmetalleri depolayabilirler. Kül analizleri bu gerçeği ortaya koymaktadır. Aktif çamur ve biyolojik çimlenmeler de oldukça çok miktarda ağırmetali absorbe etmektedirler.

Madeni yağlar sadece zor ayrışabilirlikle kalmamakta, aynı zamanda da mikroorganizmaları ve biyolojik çimi ince bir film tabakası ile örtmektedirler. Metabolizma engellenmekte ve ayrıştırma verimi çok azalmaktadır. Madeni yağları parçalayan özel mikroorganizmalar üretilmekte ve bu amaç için kullanılmaktadır. Özellikle madeni yağla kirlenmiş sulara ve topraklara bu özel mikroorganizmalar verilmekte ve arıtma yapılmaktadır.

Deterjanlardan, özellikle katyonik tensidler bakterisid etki yapmakta ve ayrışmayı engellemektedir. Protozoolar ölmektedir. Büyük hayvanlara bile öldürücü etki edebilmektedir.

Paychoda ve Chironomide larvalarına karşı Pyrethrum inzektisidi kullanılmıştır. Bakteriler ve protozoolar buna 1-2g/l konsantrasyonuna kadar zarar görmeden dayanabilmektedirler. **Çok eskiden aynı damlatmalı filtre sinekleri ile mücadelede DDT başarı ile kullanılıyordu, ancak geçmiş yıllarda DDT'nin sakıncaları ortaya çıktıktan ve kanıtlandıktan sonra yasaklanmıştır.** Günümüzde ülkelerin su açıkları kapatılmadığından ve yüzeysel sulardan da yararlanma zorunluğu olduğundan, sularını azot tuzlarının giderilmesi gerekmektedir. Bunlarda ya kesitli havalandırma ile ya da denitrifikasyon ünitelerini devreye sokmak suretiyle yapılmaktadır. İnsan bünyesi amonyum, nitrit ve nitrat'dan kanserojen olarak tanınan nitrosaminler ve nitrosamidler üretmektedir.

Bazı maddelerin ayrıştırılması ve parçalanması için gerekli olan enzimler mikroorganizmalar tarafından oluşturulamıyorsa, o zaman yapısal bir engelleme var demektir. DNA protein sentezi için gerekli olan RNA Matrikslerini içermektedir. Örneğin lignin zor ayrışabilen bir madde olması, onu parçalayacak enzimlerin hiç bir organizma tarafından üretilemeyişindedir. Bazı bakteriler, Pseudomonas'lar, bazı Actinomycetler ve birkaç mantar çok zor ve yavaş ayrıştırabilmektedir. Bu olay atıksu da bulunan toksik maddelerden kaynaklanmamakta, bunlara parçalayacak yeterince enzim üretilemeyişinden bir sonuç alınmamaktadır. Burada bir toksik etki değil bir ayrışma engellenmesi söz konusudur. Buna yapısal engelleme de denilmektedir.

Pepton testi ile bu durumu ortaya çıkarmak mümkündür. Atıksu arıtma tesislerine bir çok sayıda toksik madde geldiği halde, mikroorganizmaların hala faaliyet gösterir olması ya onların değişen ekolojik koşullara uyum sağlamalarından ya da suyun içinde cerayan eden çeşitli kimyasal reaksiyonların suyun toksisitesini azaltmasındandır. Toksik engelleme mikroorganizma metabolizmasını felce uğratmaktadır. Oksijen kullanımı azalmaktadır. Gerçek BOİ₅ tayini için, atıksuyu toksik etki yapmayacak mertebesine kadar seyreltmek gerekecektir.

Eğer toksik etki ağırmetallerden kaynaklanıyorsa, şelat iyonları ile etki azaltılabilir. Şelat oluşturucular uç ve yan grublarla merkezi bir atomla çeşitli bağlar oluşturmaktadır. (Şekil 12) Bunlar çok dişli kompleksler oluşturmakta (şelatlar) ve her bir diş metal atomu tuttuğu takdirde de şelat çok daha stabil olmaktadır. Böylece metal iyonları tutuklandığı içinde inaktifleşmektedir. Toksik etkisi durdurulmaktadır. Burada örnek olarak atıksu içinde çok bulunan EDTA (etilen diamin tetraasetikasit) kompleks

oluşturucu örnek olarak verilebilir.

Evsel atıksu da çok miktarda bulunan demir, magnezyum ve kalsiyum gibi iyonlar da şelat oluştururlar. Bunlar şelat oluşturucularla kompleks oluşturduklarından ağırmetal kompleksi oluşturmak için olanak kalmamakta ve metal atomları da toksik etki göstermeye devam etmektedir. Bu organik bileşiklerin yanısıra bazı bakteriler de metal iyonlarını tesbit edebilirler, tutabilirler.

Biyodeneý

Toksisite azaltmak için nötralizasyon, tamponlama, çöktürme ve yumaklaştırma gibi çeşitli yöntemler de (kimyasal, fizikokimyasal) vardır. Aslında evsel atıksu ile sanayii atıksuyunu karıştırmak gerekir, çünkü bu aşamada zehirsizleşme prosesleri gerçekleşmektedir. Kompleks oluşturucular açısından zengin olan dışkılar toksik maddelerin etkilerini azaltmaktadır. Besin maddesi sunusu artmakta ve azot, fosfor içeriği yükselmektedir, enzimler gelmektedir, bütün bu faktörler mikroorganizmaların gelişmesini ve aktivitesini olumlu etkilemektedir.

Atıksuyun içinde bulunan organik veya anorganik kimyasal maddelerin toksisitesini belirlemek için çeşitli deneyler yapılmaktadır. Bu biyo deneylerde de bakteri, fitoplankton, zooplankton ve balıklardan yararlanılmaktadır.

Atıksuların veya arıtılmış atıksuların hala canlılar ve özellikle beslenme zincirini olumsuz etkileyecek düzeyde, toksik madde içerip içermediğini anlamak veya tek bir madde, veya birkaç madde analizi yaparak ortaya koymak olanaksızdır. Bu nedenle de bunu biyodeneyle ortaya koymak mümkündür. Yaygın kullanılan biyodeneyle ise:

- **Bakteri biyodeneyle**
- **Fitoplankton biyodeneyle**
- **Zooplankton biyodeneyle**
- **Balık biyodeneyle gibi zehirlilik test deneyleridir.**

Bunlardan balık toksisitesi testleri en önemli olanlarıdır. Atıksu arıtma tesisleri için uygulanmakta özellikle metal ağırlıklı kirleticiler içeren sanayi atıksuları arıtıldıktan sonra, alıcı ortam için tehkileli olup olmadığını ortaya koymak için balıkla biyodeneyle yapılmakta ve zehirlilik seyrelme faktörü değeri bulunmaktadır. Arıtılmış sular da bulunan oranda seyreltikten sonra alıcı ortama boşaltılmaktadır.