

# ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ

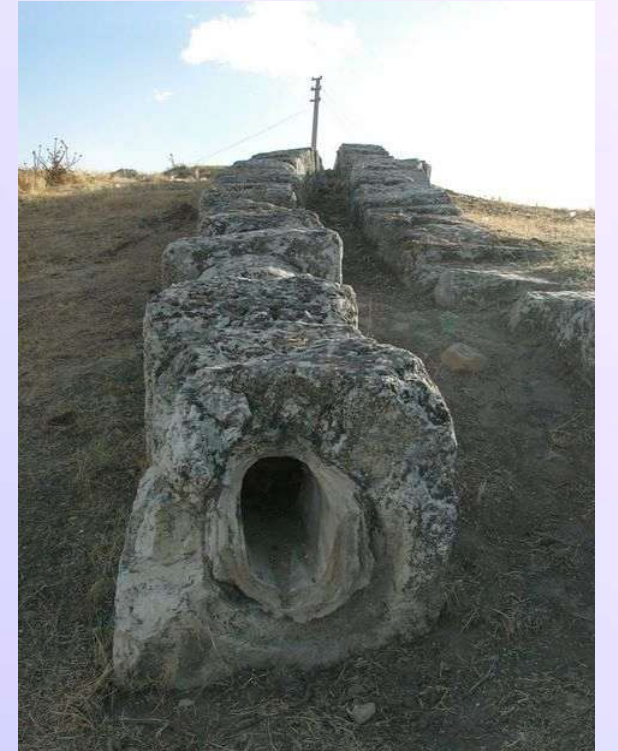
## Ders Notları



Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi,  
Çevre Mühendisliği Bölümü  
**Prof. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA**

2025

# Çevre Mühendisliği Nedir ?



**Şekil.** Eski çağlarda atıksuların uzaklaştırılması.



**Şekil.** Eski çağlarda dönemde su temini.



**Şekil. Günümüzde Çevre Mühendisliği.**

# CIVIL ENGINEERING

# VS ENVIRONMENTAL ENGINEERING



Structural



Geotechnical



Construction



Transportation



Natural Hazards



Water Resources

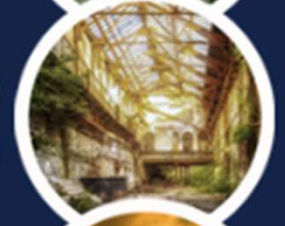


Weather & Climate

Water Quality



Site  
Remediation



Air Quality



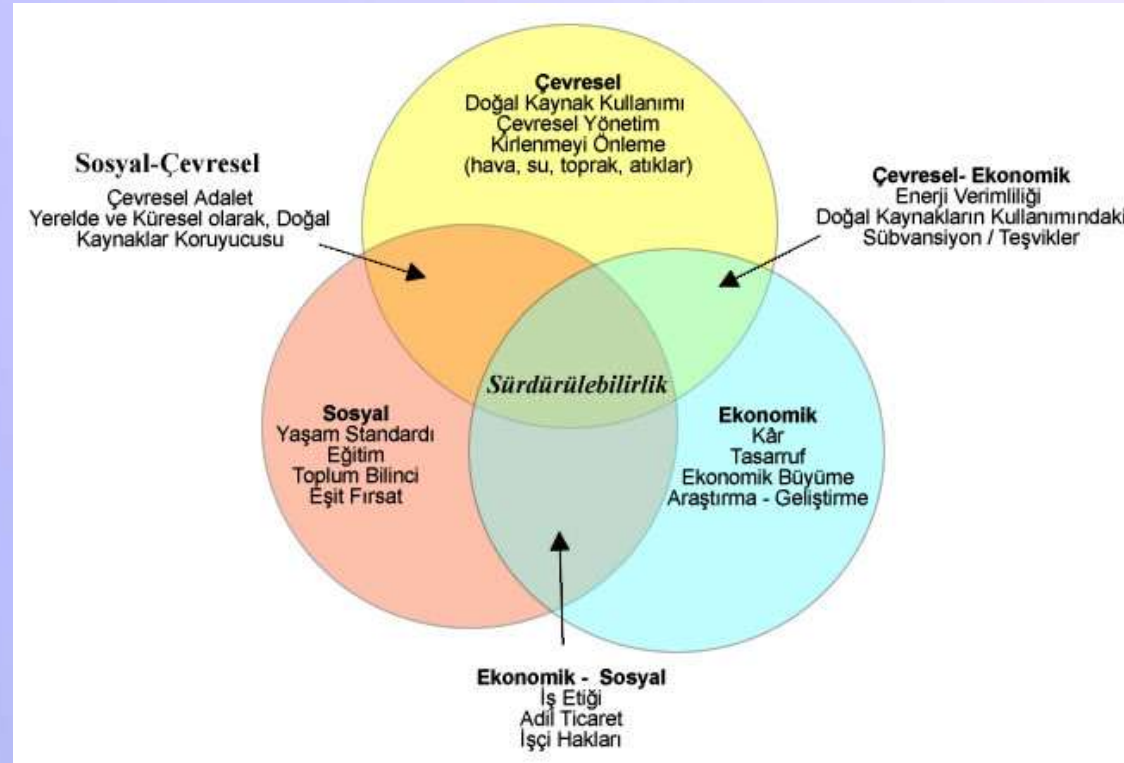
Green Energy



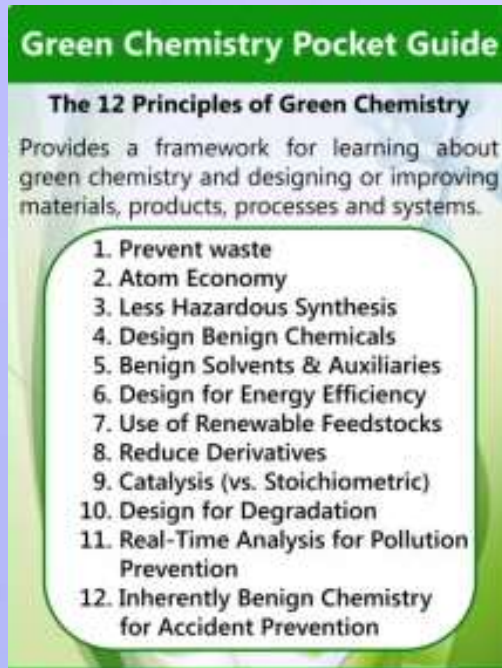
**Şekil.** İnşaat Mühendisliği Vs. Çevre Mühendisliği.

# SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ve ÇEVRE

- Gezegenimizdeki kaynaklar sınırsız değildir. Ayrıca ekosistemimiz, çevreye bıraktığımız endüstriyel ve evsel atıklara karşı çok hassastır. Bu nedenle, hem insan sağlığının, ekonomik ve sosyal refah seviyesinin gelişebilmesi hem de ekosistemin ve doğal kaynakların gelecek nesiller için korunabilmesi için **“sürdürülebilir kalkınma”** ortaya çıkmıştır. Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınmanın hedefini; **“gelişme, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamayı riske atmaksızın bugünün ihtiyaçlarının karşılanması”** olarak ifade edilmiştir.



- Çevre mühendislerinin karşılaştığı sorunlar, gelişen sanayi ve çeşitlenen endüstriyel ürünler nedeni ile, sürekli daha karmaşık bir hale gelmektedir. Bu nedenle geçmişte inşaat mühendisleri, kimya mühendisleri ve halk sağlığı uzmanları sürdürülebilir kalkınmayı dikkate alarak karmaşık çevresel sorunların çözümü için yetersiz kalmaktadır. Çevre mühendisleri ise, doğal bilimleri kavrayarak, nanoteknoloji, biyoteknoloji, bilgi teknolojileri, kimyasalların akıbeti ve toksisitesi ve yaşam döngüsünü içeren biyolojik ve kimyasal bilimlerin uygulanması konusunda uzmanlaşacaklardır. Ayrıca günümüzde sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesi ve sürdürülebilir materyal yönetimi ile ilgilenen “yeşil mühendislik”, “yeşil kimya” ve “çevre için kimya” konuları da ön plana çıkmaya başlamıştır.



### The Twelve Principles of Green Chemistry

1. It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it has formed.
2. Synthetic methods should be designed to maximise the incorporation of all materials used in the process into the final product.
3. Wherever practicable, synthetic methodologies should be designed to use and generate substances that possess little or no toxicity to human health and the environment.
4. Chemical products should be designed to preserve efficacy of function while reducing toxicity.
5. The use of auxiliary substances (e.g. solvents, separation agents etc.) should be made unnecessary wherever possible and innocuous when used.
6. Energy requirements should be recognised for their environmental and economic impacts and should be minimised. Synthetic methods should be conducted at ambient temperature and pressure.
7. A raw material of feedstock should be renewable rather than depleting wherever technically and economically practicable.
8. Unnecessary derivatisation (blocking group, protection/deprotection, temporary modification of physical/chemical processes) should be avoided whenever possible.
9. Catalytic reagents (as selective as possible) are superior to stoichiometric reagents.
10. Chemical products should be designed so that, at the end of their function, they do not persist in the environment, and break down into innocuous degradation products.
11. Analytical methodologies need to be further developed to allow for real-time, in-process monitoring and control prior to the formation of hazardous substances.
12. Substances and the form of a substance used in a chemical process should be chosen so as to minimise the potential for chemical accidents, including releases, explosions and fires.





# Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Çevre Mühendisliği

Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında ilan edilen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA'lar), dünyamızın karşı karşıya olduğu çevresel, sosyal ve ekonomik sorunları çözmek için geliştirilmiş küresel bir yol haritasıdır. Bu amaçlar toplam 17 başlık ve 169 alt hedef altında toplanmıştır. SKA'lar yalnızca devletler için değil; aynı zamanda endüstriler, sivil toplum kuruluşları, üniversiteler ve bireyler için de yol gösterici bir çerçeve oluşturur.

Çevre mühendisliği açısından SKA'lar, özellikle şu yönleriyle önemlidir:

- Doğal kaynakların korunması ve verimli kullanımı,
- Atıkların azaltılması, geri dönüşüm ve dögüsel ekonomi uygulamaları,
- İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve uyum stratejileri,
- Toplumsal eşitsizliklerin giderilmesi ve çevresel adalet.

Bu amaçlar, bizlere yalnızca “çevreyi korumayı” değil, aynı zamanda insan refahını artırmayı, eşitsizlikleri azaltmayı ve ekonomik kalkınmayı çevreye zarar vermeden sürdürmeyi hedefler.

# SKA'ların Üç Temel Çerçevesi

Şekil 1'de gösterilen 17 amaç, aslında üç temel noktada birleşir:

**Aşırı yoksulluğun sona erdirilmesi** → Temiz suya erişim, sağlıklı yaşam ve adil ekonomik fırsatlar yaratılması

**Eşitsizlik ve adaletsizlikle mücadele** → Çevresel hizmetlerin (su, atıksu, enerji) herkes için ulaşılabilir olması

**İklim değişikliğinin önlenmesi ve uyum** → Karbon salınımlarının azaltılması, yenilenebilir enerji kullanımı ve afetlere karşı dirençli şehirler

## Çevre Mühendisliği İçin Anlamı

Bir çevre mühendisi adayı olarak sizler, SKA'ların uygulanmasında kilit bir role sahipsiniz. Çünkü suyun arıtılması, hava kirliliğinin azaltılması, atık yönetimi, yenilenebilir enerji sistemleri ve sürdürülebilir şehir planlaması doğrudan çevre mühendisliğinin çalışma alanına girer.

Dolayısıyla SKA'lar, bu dersin ilerleyen konularında göreceğiniz gibi, çevre mühendisliğinin yalnızca teknik değil; aynı zamanda sosyal sorumluluk taşıyan bir meslek olduğunu da bize hatırlatır.

## **Birleşmiş Milletler'in 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı**

Birleşmiş Milletler, 2015 yılında küresel sorunlara çözüm bulmak amacıyla **17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı (Sustainable Development Goals – SDGs)** belirlemiştir. Bu amaçlar, çevre, toplum ve ekonomi arasındaki dengeyi gözeterek **“kimseyi geride bırakmayan”** bir kalkınma anlayışı geliştirmeyi hedefler.

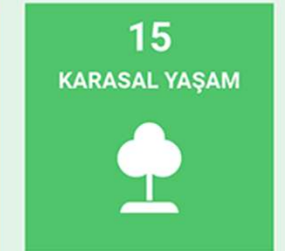
Her bir amaç, çevre mühendisliğinin doğrudan ya da dolaylı olarak katkıda bulunabileceği konular içerir:



# SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ



## HEDEFLER İÇİN 17 ORTAKLIK





SÜRDÜRÜLEBİLİR  
KALKINMA

# AMAÇLARI



**1 YOKSULLUĞA SON**  
Yoksulluğun tüm biçimlerinin her yerde ortadan kaldırılması.



**2 AÇLIĞA SON**  
Açlığın sona erdirilmesi, gıda güvenliği ve daha iyi beslenme güvencesinin sağlanması; sürdürülebilir tarımın desteklenmesi.



**3 SAĞLIK VE KALİTELİ YAŞAM**  
Sağlıklı yaşamların güvence altına alınması ve her yaşta esenliğin desteklenmesi.



**4 NİTELİKLİ EĞİTİM**  
Kapsayıcı ve eşitlikçi, nitelikli eğitimin güvence altına alınması ve herkes için yaşam boyu öğrenimin desteklenmesi.



**5 TOPLUMSAL CİNSİYET EŞİTLİĞİ**  
Toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması ve tüm kadınların ve kız çocuklarının güçlenmesi.



**6 TEMİZ SU VE SANİTASYON**  
Herkes için suyun ve sıhhi koşulların erişilebilirliği ve sürdürülebilir yönetiminin güvence altına alınması.



**7 ENERJİLERİN VE TEMİZ ENERJİ**  
Herkesin uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişiminin güvence altına alınması.



**8 İNSANA YAKIŞIR VE EKONOMİK BÜYÜME**  
Kesintisiz, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin, tam ve üretken istihdamın ve herkes için insana yakışır işlerin desteklenmesi.



**9 SAĞLIK YENİLİKLERİN VE ALTYAPININ**  
Dayanıklı altyapıların inşası, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmenin desteklenmesi ve yenilikçiliğin güçlendirilmesi.



**10 EŞİTSİZLİKLERİN AZALTILMASI**  
Ülkeler içinde ve arasında eşitsizliklerin azaltılması.



**11 SÜRDÜRÜLEBİLİR ŞEHİRCİLİK VE TOPLULUKLAR**  
Şehirlerin ve insan yerleşimlerinin kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılınması.



**12 SÜRDÜRÜLEBİLİR TÜKETİM VE ÜRETİM**  
Sürdürülebilir tüketim ve üretim kalıplarının güvence altına alınması.



**13 İKLİM EYLEMİ**  
İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele konusunda acilen eyleme geçilmesi.



**14 SAĞLIK OKYANUSLARININ**  
Sürdürülebilir kalkınma için okyanuslar, denizler ve deniz kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı.



**15 KARADENİZ YAŞAM**  
Karasal ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımının korunması, geliştirilmesi ve desteklenmesi, ormanların sürdürülebilir yönetimi, çölleşme ile mücadele, karasal bozulmanın durdurulması ve iyileştirilmesi ve biyoçeşitlilik kaybının engellenmesi.



**16 BARİS, ADALET VE GÜÇLÜ KURUMLAR**  
Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumların desteklenmesi, herkes için adalete erişimin sağlanması ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumların inşası.



**17 AKAKLARIN ORTAKLIĞI**  
Uygulama araçlarının güçlendirilmesi ve Sürdürülebilir Kalkınma için Küresel Ortaklığın canlandırılması.

## **1. Yoksulluğa Son**

Aşırı yoksulluğun ortadan kaldırılması.

Çevre mühendisliği katkısı: Temiz suya erişim ve sürdürülebilir altyapı ile yaşam koşullarının iyileştirilmesi.

## **2. Açlığa Son**

Gıda güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilir tarım.

Çevre mühendisliği katkısı: Atıksu geri kazanımı ve tarımsal sulamada yeniden kullanım.

## **3. Sağlıklı Bireyler**

Herkes için sağlık ve refahın geliştirilmesi.

Çevre mühendisliği katkısı: Hava ve su kirliliğinin kontrolü, halk sağlığının korunması.

## **4. Nitelikli Eğitim**

Herkes için kapsayıcı ve eşit eğitim fırsatları.

Çevre mühendisliği katkısı: Çevre bilincini artırmaya yönelik eğitim projeleri.

## **5. Toplumsal Cinsiyet Eşitliği**

Kadınların ve kız çocuklarının güçlendirilmesi.

Çevre mühendisliği katkısı: Kadınların çevre yönetiminde daha aktif rol almasının desteklenmesi.



## **6. Temiz Su ve Sanitasyon**

Herkes için güvenli içme suyu ve sanitasyona erişim.

Çevre mühendisliği katkısı: İçme suyu arıtma ve atıksu arıtma tesislerinin geliştirilmesi.

## **7. Erişilebilir ve Temiz Enerji**

Herkes için uygun fiyatlı ve yenilenebilir enerji.

Çevre mühendisliği katkısı: Biyogaz, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin geliştirilmesi.

## **8. İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme**

Sürdürülebilir ekonomik kalkınma.

Çevre mühendisliği katkısı: Yeşil iş alanlarının (geri dönüşüm, temiz üretim) geliştirilmesi.

## **9. Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı**

Dayanıklı altyapı ve sürdürülebilir sanayi.

Çevre mühendisliği katkısı: Çevre dostu endüstriyel proseslerin tasarlanması.

## **10. Eşitsizliklerin Azaltılması**

Ülkeler arası ve ülke içi eşitsizliklerin azaltılması.

Çevre mühendisliği katkısı: Çevresel hizmetlere eşit erişim.



## **11. Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar**

Daha yaşanabilir ve dirençli kentler.

Çevre mühendisliği katkısı: Akıllı şehirler, atık yönetimi, ulaşım ve hava kalitesi projeleri.

## **12. Sorumlu Üretim ve Tüketim**

Doğal kaynakların verimli kullanımı.

Çevre mühendisliği katkısı: Döngüsel ekonomi ve geri dönüşüm uygulamaları.

## **13. İklim Eylemi**

İklim değişikliğiyle mücadele ve uyum.

Çevre mühendisliği katkısı: Karbon ayak izinin azaltılması, iklim direncine sahip sistemler.

## **14. Sudaki Yaşam**

Okyanusların, denizlerin ve su kaynaklarının korunması.

Çevre mühendisliği katkısı: Deniz kirliliğinin önlenmesi, balıkçılıkta sürdürülebilirlik.

## **15. Karasal Yaşam**

Ormanların ve ekosistemlerin korunması.

Çevre mühendisliği katkısı: Toprak kirliliğiyle mücadele, biyolojik çeşitliliğin korunması.



## **16. Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar**

Herkes için adil ve kapsayıcı toplumlar.

Çevre mühendisliği katkısı: Çevre politikalarının uygulanmasında şeffaflık ve katılımcılık.

## **17. Amaçlar İçin Ortaklıklar**

Küresel işbirliği ile hedeflere ulaşma.

Çevre mühendisliği katkısı: Uluslararası projeler, bilgi ve teknoloji paylaşımı.

17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı, çevre mühendisliğinin yalnızca teknik değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik boyutları da kapsadığını gösterir. Bu hedefler, hem bireysel sorumluluklarımızı hem de mesleki rollerimizi şekillendiren küresel bir rehber niteliğindedir.



# MÜHENDİSLİK KARARLARI

Mühendislik kararlarının alınmasında, sınırlı bilgi ve yetersiz tartışma süreçleri, hatalı mühendislik kararlarının alınmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yapılan tercihlerin ve alınan kararların,

## Teknik analizlere dayalı kararlar:

Mühendislik sanatında tek bir çözüm yolunun bulunması nadirdir. Pratik uygulamalarda bazen en uygun çözümlerin sayısı birden fazla olabilir. Mesela bir kanalizasyon sistemindeki boru ağı, beton, font, çelik, alüminyum vb malzemelerde inşa edilebilir. Tasarım debisini taşıyabilecek nitelikte olması şartıyla, hepsi doğru kararlardır. Ancak alınan kararların, açık, ölçülebilir ve kontrol edilebilir nitelikte olması çok önemlidir.

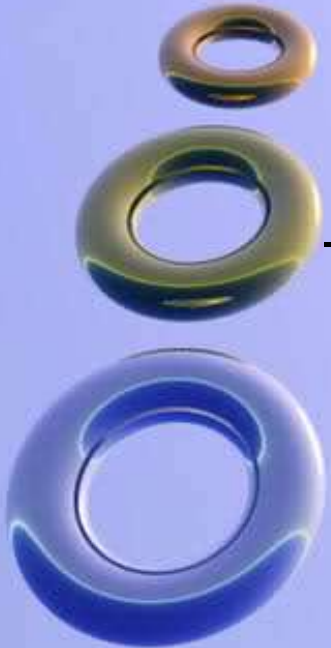


**Örnek 1:** 1.000 kişilik bir yerleşim yerinin katı atık toplama sistemi için aşağıda özellikleri verilen üç farklı araçtan birinin alınması düşünülmektedir. Araç ilçe çöplerini %20'sini her gün ve haftada 5 gün çalışarak toplayacaksa, hafta boyunca çöpler toplanabilecektir. Bu şartlarda hangi araç yeterli kapasiteye sahiptir?

- ❖ A tipi araç: 18 m<sup>3</sup> kapasiteli,
- ❖ B tipi araç: 15 m<sup>3</sup> kapasiteli,
- ❖ C tipi araç: 12 m<sup>3</sup> kapasiteli.



- Kişi başı günlük 2 kg katı atık (çöp) oluştuğu kabul edilecektir.



## Çözüm:

- Bir haftada oluşacak katı atık miktarı,
- $1.000 \text{ kişi} \times 2 \text{ kg/kişi/gün} \times 7 \text{ gün/hafta} = 14.000 \text{ kg/hafta}$ 'dır.
- Günlük katı atık miktarı ise (haftalık katı atık miktarının %20'si),  $2.800 \text{ kg/gün}$ 'dür.
- Aracın  $300 \text{ kg/m}^3$  atığı sıkıştırabildiği varsayılırsa, aracın kapasitesi
- $2.800 \text{ kg/gün} / 300 \text{ kg/m}^3 = 9,3 \text{ m}^3/\text{gün}$  olarak hesaplanır. Bu durumda her üç araç da teknik açıdan uygundur.

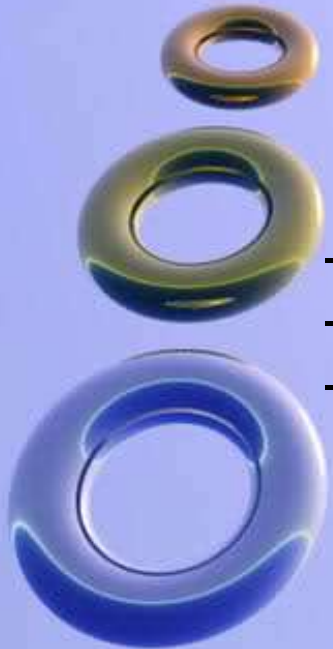


Ancak mühendislik sanatında sadece teknik analizlere dayalı karar vermek ciddi mali hatalara neden olabilir. Mesela tercih edilecek aracı satın alma ve işletme maliyetleri (mazot, bakım ve yedek parça masrafları gibi) birbirinden çok farklı olabilir.

## Maliyet analizlerine dayalı kararlar:

Mühendisler genellikle teknik problemleri çözerken, işveren veya müşterinin isteği doğrultusunda projelerin maliyet analizlerini de çıkartmaları gerekebilir. Mesela Örnek 1'deki mühendis hangi aracın alınması gerektiğini belirlerken, (1) iyi sıkıştırma özelliğine sahip pahalı araçların alınması, düzenli depolama sahasına yapılacak sefer sayısını azaltacaktır, (2) daha ucuz kamyonların satın alınması deponi sahasına yapılacak sefer sayısını arttıracaktır.

- **Örnek 2:** Bir belediye çöp toplama aracı satın almak istemektedir. Faydalı ömrü 10 yıl olan A ve B marka iki çöp toplama aracının maliyetleri aşağıda sunulmuştur. Maliyet analizleri 10 yıl süreli % 8 birleşik faize göre yapılacaktır. Birleşik faiz faktörü 0,14903'dür. Maliyet analizine göre hangi araç tercih edilmelidir ?



	<u>A Kamyonu</u>	<u>B Kamyonu</u>
- İlk yatırım maliyeti	80.000 \$	120.000 \$
- Yıllık bakım maliyeti	8.000 \$	4.000 \$
- Yıllık yakıt maliyeti	6.000 \$	2.000 \$

## Çözüm 2:

Yıllık maliyet analizi,

	<u>A Kamyonu</u>	<u>B Kamyonu</u>
İlk yatırım maliyeti	11.922 \$	17.884 \$
Bakım	8.000 \$	4.000 \$
Yakıt	6.000 \$	2.000 \$
<b>Toplam</b>	<b>25.922 \$</b>	<b>23.884 \$</b>

B marka çöp toplama kamyonunun satın alma bedeli daha yüksek olmasına rağmen, toplam yıllık maliyetleri hesaplandığı zaman daha ekonomik olduğu hesaplanmıştır.



## Fayda/Maliyet (F/M) Analizine Dayalı Kararlar

1940'lı yıllarda İmar Ofisi ve Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği tarafından kamu kaynakları ile yaptırılacak projeler konusunda ABD Kongresini ikna etmek için F/M analizi yöntemi geliştirilmiştir. F/M analiz metodu, pratik ve sade bir yöntem olup esası, tasarlanan projenin faydası ve maliyetinin tahmin edilerek oranlanmasına dayanmaktadır. Eğer F/M oranı 1'den büyükse proje faydalı ve uygulanabilir olduğuna karar verilir. Bu metoda göre, öncelikle en yüksek F/M oranına sahip projeler inşa edilmelidir. Çünkü bu projeler, en hızlı sermaye geri dönüşümünü sağlayacak projelerdir.

F/M analizi ile ilgili önemli hususlardan biri de batık maliyet olarak bilinen tekniktir. Örneğin bir kuruluş, bir projenin 100 milyon liraya mal olacağını ve 120 milyon liralık fayda sağlayacağını tahmin etmiştir.  $F/M$  oranı =  $1,2 (> 1)$  olduğu için proje başlanır. Ancak proje bu bedele bitirilemez ve henüz proje bitmeden aslında 160 milyon liraya biteceği belirlenir. Yani gerçek  $F/M$  oranı  $0,62$ 'dir. Bu durumda, kuruluş önceden harcadığı 100 milyonu hepten kaybetmemek için, 60 milyon daha harcayarak projeyi bitirir. Bu durum, batık maliyet tekniğidir.



## Risk Analizine Dayalı Kararlar

Önerilen bir projenin faydaları, insan sağlığını ilgilendiren daha ciddi kalemler olabilir. Yaşam ve sağlık, fayda ve maliyet analizlerine girdiğinde, analizler genellikle, risk altındaki insanlar için kullanılan risk/fayda/maliyet analizleri şeklinde ifade edilirler. Bunlar basitçe risk analizleri şeklinde anılırlar.

Risk analizi değerlendirilmesi ve risk yönetimi olarak ikiye ayrılmaktadır. İlki, insan sağlığı üzerinde belirli zararların potansiyel etkisi üzerinde bir çalışma ve analizi gerektirir. İstatistiksel bilgi kullanarak risk değerlendirme, bilgiye dayalı kararların verilmesinde bir amaç olarak düşünülür. Diğer taraftan, risk yönetimi, kabul edilemez riskleri azaltma metodudur. Örneğin özel hayatımızda, her ikisini de sürekli yapıyoruz. Sigara içmek, sağlığımız için risktir ve bu eylemin potansiyel risklerini hesaplamak mümkündür. Risk yönetiminde sigara içmeyi bırakmak bir metottur. Çünkü bu etki, ölümcül hastalıkların risklerini azaltmak için bir metottur.

Gerçekte bir şeyin ölüm riski % 100'dür. Ancak ölüm riskinin hesaplanmasında metod, kirliliğe maruz kalan topluluktaki ölüm sayısının, kirliliğe maruz kalmayan topluluktaki ölüm sayısına oranı şeklinde hesaplanabilir.

## Çevresel Risk Analizlerinin Aşamaları:

1. İlgili kirleticinin tipini ve kaynağını belirle.
2. Maruz kalma yollarını ve hızını belirle.
3. İlgili alıcıları belirle.
4. Alıcılar üzerinde kirleticinin potansiyel etkilerini belirle.
5. Hangi etkinin kabul edilebilir olduğunu belirle.
6. İzin verilebilir etkiye dayanarak, min. ve max. izin verilebilir emisyon miktarını hesapla.
7. Eğer emisyon veya deşarj miktarı, izin verilen max. değerin üstündeysen gerekli teknolojik önlemleri belirle.



# Çevresel Etki Analizine Dayalı Kararlar

Kamu kurumları, dahili çevresel etki çalışmalarını sadece yüksek F/M oranı ve düşük olumsuz çevresel etkilerin her ikisini de sağlayacak şekilde yönetme eğilimi göstermektedir. Birçok Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporunun savunulmasında, kurum tarafından seçilmiş bir alternatif, gerekçe olarak yazılmaktadır.

ÇED üç bölümden oluşmaktadır: Envanter, Kıymetlendirme ve Değerlendirme.

**Envanter:** ÇED raporunun ilk aşaması hidrolojik, meteorolojik, biyolojik vb bilgilerin toplanmasıdır. Örneğin incelenen bölgedeki bitki ve hayvan türlerinin listesi, envantere dahildir.



**Kıymetlendirme:** İkinci aşama genellikle kıymetlendirme olarak adlandırılan, toplanan verilerin ve bilgilerin analiz edildiği bölümdür. Ölçüme dayalı kontrol listesi, alternatifleri karşılaştırmada, muhtemelen en basit karşılaştırma metodudur. Bu liste öncelikle, önerilen proje ve kıymetlendirmeden etkilenen çevre alanlarının listesini içermektedir:

- etkinin önemi,
- etkinin büyüklüğü,
- etkinin doğası.



**Değerlendirme:** Kıymetlendirme işleminin sonuçlarının karşılaştırılması ve nihai sonuçların geliştirilmesi, değerlendirmenin parçasıdır. İlk iki adımda, envanter ve kıymetlendirme, yargılama ve sağduyu gerektirir; son adım ile karşılaştırıldığında basit ve doğru, anlaşılır prosedürleri vardır.

**Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)**, belirli bir proje veya gelişmenin, çevre üzerindeki önemli etkilerinin belirlendiği bir süreçtir. Bu süreç, kendi başına bir karar verme süreci değildir; karar verme süreci ile birlikte gelişen ve onu destekleyen bir süreçtir. Yeni proje ve gelişmelerin çevreye olabilecek sürekli veya geçici potansiyel etkilerinin sosyal sonuçlarını ve alternatif çözümlerini de içine alacak şekilde analizi ve değerlendirilmesidir.

**ÇED**'in amacı; ekonomik ve sosyal gelişmeye engel olmaksızın, çevre değerlerini ekonomik politikalar karşısında korumak, planlanan bir faaliyetin yol açabileceği bütün olumsuz çevresel etkilerin önceden tespit edilip, gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

**ÇED**'in temel görevi, projelerle ve gelişmelerle ilgili karar vericilerin daha bütünsel, yani karara etkiyecek birden fazla faktörü göz önüne alır bir şekilde daha sağlıklı karar vermelerini sağlamak için, onlara projelerden kaynaklanabilecek çevresel etkileri net bir şekilde göstermektir.

**ÇED**, projelerle ilgili bütün ilgili tarafların bir araya geldiği ve görüş, kaygı ve önerilerini ortaya koyabildikleri demokratik ve şeffaf bir süreçtir. İlgili taraflar bu süreç içerisinde ortaya koydukları teknik bilgi ve görüşlerle projenin en optimal şekilde gelişimine katkı sağlarlar.



## ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENİRME (ÇED) RAPORU ALINMASI

Proje Tanıtım Dosyası Hazırlanır ve  
Bakanlığa Sunulur

Bakanlık Proje Tanıtım Dosyasını  
İnceler  
ve Bakanlıkça İDK Kurulur

3 İş günü

Halkın Katılımı ve Format Verilmesi

12 İş günü

ÇED Raporunun Bakanlığa  
Sunulması

En geç  
1 yıl

Bakanlık Raporun Formata Uygunluğunu  
İnceler

3 İş günü

Komisyon Üyelerince İnceleme ve  
Değerlendirme Yapılır

10 İş günü

Nihai ÇED Raporu Bakanlığa Sunulur

5 İş günü

BAKANLIKÇA ÇED OLUMLU/OLUMSUZ  
RAPORU VERİLİR

5 İş günü

38 GÜN

**OLUMSUZ ÇED RAPORU  
YATIRIM YAPILAMAZ**

Olumlu ÇED Raporu  
5 YIL İÇERİSİNDE YATIRIMA BASLANMALIDIR



Önerilen projeye getirilen çeşitli alternatiflerin ÇED çalışması kapsamında incelenmesi, çevresel faydaları arttırırken, proje sahibinin maliyetlerini azaltabilecek başka seçenekler de sunabilir. Halkın katılım süreci sayesinde, ilgili taraflar, proje sahibi ve kamu kurum kuruluşları arasında güven duygusu oluşturur ve katılımcı tabiatı sayesinde de ÇED süreci, o ülkenin genel demokratik sürecine katkıda bulunur.

Faydalarını kısaca özetlemek gerekirse:

- Tasarım aşamasında ortaya çıkabilecek olumsuz durumları önceden görerek “etkisiz hale getirmesi için gerekli tedbirleri ortaya koyması, olumsuz etkilerin minimize edilmesini sağlaması”
- Proje sahibi için maliyet-azaltıcı seçenekler sunması,
- Karar verme sürecine yönelik daha güvenilir, bütünsel ve işbirlikçi bir yaklaşım , demokrasiye katkı.

Sonuç olarak, 1969 yılında ABD’de yürürlüğe giren Ulusal Çevre Politikası Kanunu (National Environmental Policy Act) kapsamında dünya ile tanışan ve gerek ABD, gerek AB ülkeleri, gerekse diğer dünya ülkelerinde halen en etkin çevre yönetim aracı olarak yerini alan ve gün geçtikçe de bu yeri sağlamlaştıran ÇED, ülkemizde 7 Şubat 1993 tarihinden bu yana uygulanmaktadır.

Türkiye’de sağlam bir çevre yönetimi oluşturmanın esas temelini ÇED sürecinin yasal, kurumsal ve teknik altyapı açısından güçlendirilmesi teşkil etmektedir.



# KARAR VERME SÜRECİNİN AŞAMALARI

1. Problemin tanımlanması,
2. Hedeflerin tanımlanması,
3. Gerekli bilgilerin toplanması,
4. Yapılabilir seçeneklerin tanımlanması ve gerçekçi tahminlerin yapılması ,
5. Karar verme kriterlerinin belirlenmesi,
6. En iyi seçeneğin belirlenmesi,
7. Çözümün uygulanması,
8. Sonuçların izlenmesi.



## Karar Verme Sürecinin Aşamaları - Örnek

1. **Problem tanımı:** Sularda yüksek konsantrasyonlarda arsenik bulunması,
2. **Hedef:** Arsenik konsantrasyonunun yönetmeliklerce izin verilen değerlere düşürülmesi ( $< 10 \text{ ug/L}$ ),
3. **Bilgi toplama:** Su kaynaklarının ve alternatif çözümlerin araştırılması,
4. **Yapılabilir seçenekler ve tahminler:** Kaynaklar için arıtma alternatiflerinin belirlenmesi ve maliyet analizleri,
5. **Kriterler:** Su ihtiyacını en az toplam giderle karşılamak,
6. **En iyi seçeneğin belirlenmesi:** En düşük maliyetli ve en az riskli projenin seçilmesi.
7. **Çözümün uygulanması:** Projenin inşası ve işletmeye alınması.
8. **Sonuçların izlenmesi:** Tesisin işletmeye alınması ile birlikte, su şebekesinden alınan numunelerde arsenik kontrolünün sürekli belirli aralıklarla yapılması.



# MÜHENDİSLİK BOYUTLARI VE BİRİMLERİ

Temel boyut, kuvvet (F), kütle (M), uzunluk (L) ve zaman (T) gibi temel karakteristikleri tanımlayan tek ve özgün niceliktir. Türetilen boyutlar, bir veya daha fazla temel boyutun aritmetik işleme tabi tutulmasıyla hesaplanırlar. Örneğin , hız, uzunluğun zamana oranınınin (L/T) ve hacim ise uzunluğun küpünün (L<sup>3</sup>) bir boyutudur.

## Yoğunluk

Bir maddenin yoğunluğu, birim kütlesinin birim hacmine oranıdır.

$$\rho = M / V$$

SI sisteminde, yoğunluk için temel birim kg/m<sup>3</sup>'tür.



## Konsantrasyon

Türetilmiş bir boyut olan konsantrasyon, A maddesinin, içerisinde hem A maddesini hem de B maddesini barındıran hacimdeki kütlesi olarak tanımlanmaktadır. A ve B karışımındaki A'nın konsantrasyonu,

$$C_A = M_A / (V_A + V_B)$$

SI birim sisteminde yoğunluk için temel birim  $\text{kg/m}^3$  olmakla birlikte, miligram/litre ( $\text{mg/L}$ )'dir.

**Örnek:** Hacmi  $0.04 \text{ m}^3$  ve kütlesi  $0,48 \text{ kg}$  olan bilyeler bir konteynere yerleştirilmiştir ve konteynere  $100 \text{ L}$  su dökülmüştür. Plastik bilyelerin konsantrasyonunu  $\text{mg/L}$  cinsinden hesaplayınız.

$$C_A = M_A / (V_A + V_B) = 0,48 \text{ kg} / [0,04 \text{ m}^3 + (100 \text{ L} * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L})]$$
$$C_A = 3,430 \text{ mg/L}$$



Bazı madde konsantrasyonları **kütle cinsinden yüzde (%)** olarak ifade edilirler.

$$\Phi_A = [M_A / (M_A + M_B)] * 100$$

Burada,

$\Phi_A$  : A maddesinin yüzdesi,

$M_A$  : A maddesinin kütlesi,

$M_B$  : B maddesinin kütlesidir.

Diğer konsantrasyon birimleri ise, milyonda bir parça (ppm) ve milyarda bir parça (ppb)'dir. ppm birimi, sıvı olarak kullanıldığında mg/L'ye; ppb ise ug/L'ye karşılık gelmektedir.

ppm biriminde, 1 mililitre (mL) su 1 grama karşılık geldiği için (yani, yoğunluğu 1 g/cm<sup>3</sup>), sıvı olarak kullanıldığı durumda bu birim mg/L'ye karşılık gelmektedir. Bu durum,

$$\frac{1 \text{ mg}}{\text{L}} = \frac{0,001 \text{ g}}{1.000 \text{ mL}} = \frac{0,001 \text{ g}}{1.000 \text{ cm}^3} = \frac{0,001 \text{ g}}{1.000 \text{ g}} = \frac{1 \text{ g}}{1.000.000 \text{ g}}$$

**Örnek:** Bir atıksu çamurunun katı madde konsantrasyonu 10.000 ppm'dir. Katı madde yoğunluğu 1 g/cm<sup>3</sup> olduğunu kabul edersek, konsantrasyonu kütleli bazda yüzde olarak hesaplayınız.

$$10.000 \text{ ppm} = \frac{1 \cdot 10^4}{1 \cdot 10^6} = \frac{1}{100} = 0,01$$



## Debi

Çevre mühendisliği proseslerinde debi, hem kütleli (gravimetrik) debi cinsinden (kg/s) hem de hacimsel debi ( $m^3/s$ ) olarak ifade edilir. Birim zamanda akış hattının bir noktasından geçen maddenin kütlesi (M), o maddenin hacmine bağlı olduğundan hacimsel ve kütleli debiler birbirlerinden bağımsız birimler değildir.

$$\text{Hacimsel Debi} = \text{Hız} * \text{Alan} \text{ yani, } Q_V = V * A$$

Kütleli debi ( $Q_M$ ), hacimsel debi ( $Q_V$ ) ile maddenin yoğunluğunun ( $\rho$ ) çarpımına eşittir.

$$Q_M = Q_V * \rho$$

Her hangi bir A bileşeninin kütleli debisi, konsantrasyonu ve toplam hacimsel debi (A + B) arasındaki ilişki;

$$Q_{MA} = C_A * Q_{V(A+B)}$$



**Örnek:** Bir atıksu arıtma tesisi, 1,5 m<sup>3</sup>/s debiyle 20 mg/L konsantrasyonunda katı madde deşarj etmektedir. Tesisin günlük deşarj ettiği katı madde miktar ne kadardır?

$$\begin{aligned} Q_{MA} &= C_A * Q_{V(A+B)} \\ &= 20 \text{ mg/L} * 1,5 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 2592 \text{ kg/gün} \end{aligned}$$

**Örnek:** Bir içme suyu arıtma tesisinde 2 mg/L konsantrasyonunda klor suya eklenmektedir. Günlük ortalama su ihtiyacı 68.000 m<sup>3</sup>'tür. Belediyenin satın alması gereken klor miktarı ne kadar olmalıdır?

$$2 \text{ mg/L} * 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} * 68.000 \text{ m}^3 * 1 \text{ m}^3/10^3 \text{ L} = 136 \text{ kg/gün}$$



## Bekletme Süresi

Bekletme süresi, arıtma ünitelerinin tasarımındaki en önemli parametrelerden biridir ve sıvı içindeki bir molekülün akış boyunca üniteye geçirdiği süre olarak tanımlanır. Daha basit bir ifade ile, su akışının bir üniteyi doldurması için gereken süredir. Matematiksel olarak, konteynerin hacmine  $V$  ( $L^3$ ) ve tanktaki debiye  $Q$  ( $L^3/t$ ) ifade edilirse,  
 $t = V / Q$ 'dir.

**Örnek:** 1500  $m^3$  hacminde bir lagüne giren debi 3  $m^3/sa$ 'dir. Lagündeki bekleme süresi kaçtır?

$$t = 1500 \text{ m}^3 / 3 \text{ m}^3/sa = 500 \text{ saat}$$

**Örnek:** 10 m uzunluk, 4 m genişlik ve 4 m derinlikteki bir aktif çamur havuzuna giren debi 8  $m^3/sa$ 'dir. Lagündeki bekleme süresi kaçtır?

$$t = V/Q = (10 \text{ m} * 4 \text{ m} * 4 \text{ m}) / (8 \text{ m}^3/sa) = 20 \text{ saat}$$

# Mühendislik Hesaplamalarında Yapılan Tahminler

Mühendislerin genellikle bilgiyi kesin verilerle değil, tahmin yoluyla sağlamaları istenir. Örneğin, bir belediye başkanı, mühendise yeni bir atıksu arıtma tesisi inşasının maliyetini sorduğunda, burada talep edilen yaklaşık bir tahmin olup, istenen kesin bir rakam değildir. Zaten mühendisin, birkaç dakika içinde bütün bir tesisi için bir maliyet çıkartması da mümkün değildir. Mühendisin, atıksuyun karakterizasyonu, gerekli arıtma ihtiyacı/verimi, gerekli üniteler, alan ihtiyacı ve inşa ve işletme maliyetleri vb. işin ölçeğine göre değişkenlik gösterebileceğini bilmesi gerekir; ancak, yönetici, mühendisten yaklaşık bir maliyet ister.



# Tahmin yoluyla Yapılan Hesaplamalarda İzlenecek Yol

Kesin çözüm gerektirmeyen problemler aşağıdaki yollarla çözümlenebilir:

1. Problemin dikkatle tanımlanması,
2. Basitleştirici kabullerin yapılması,
3. Çözümün hesaplanması,
4. Çözümün hem sistematik hem de gerçeğe uygun olarak kontrol edilmesi.

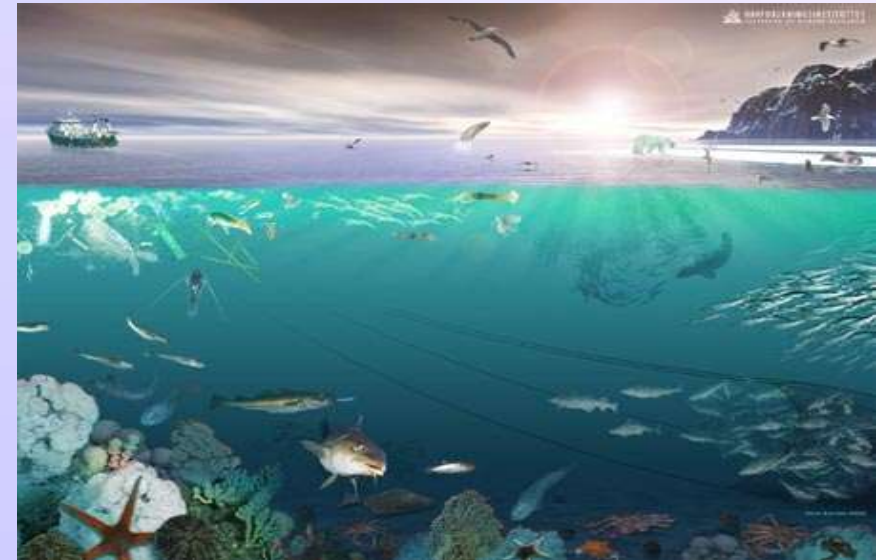
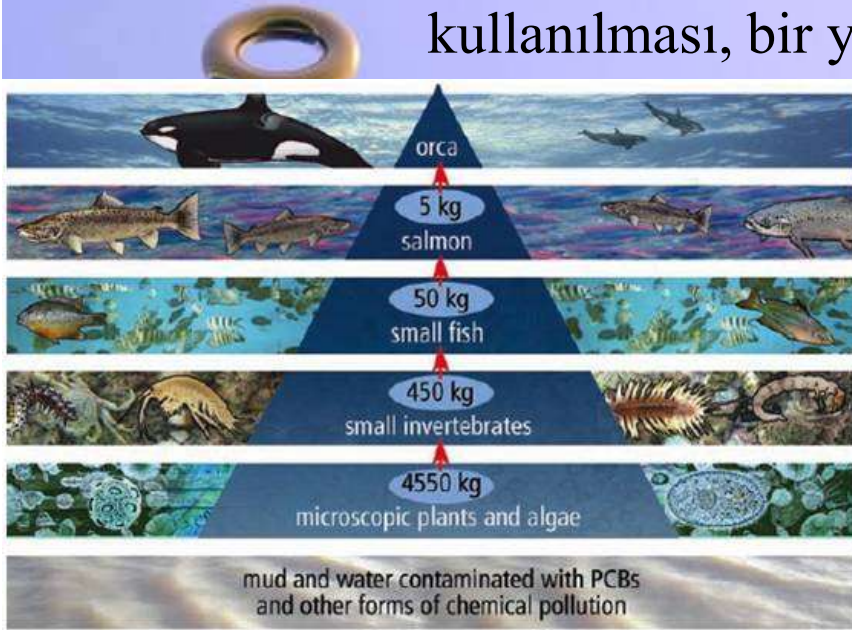
**Örnek:** Nüfusu 100.000 kişi olan bir yerleşim yerinde, 10 m derinliğine kadar 350 kg/m ve 500 kg/m arasında kompaktlaştırılmış atık içeriğiyle doldurulabilen 20.000 m<sup>2</sup>'lik bir katı atık depolama sahası mevcuttur. Bu sahanın kalan ömrü kaç gündür? (Sayfa 95)



# EKOSİSTEMLER

**Ekosistem**, belirli bir kısımda bulunan canlılar ile bunları saran cansız çevrelerinin karşılıklı ilişkileri ile meydana gelen ve süreklilik arz eden ekolojik sistemlere **ekosistem** denir. Ekosistem aynı zamanda bir besin ağı ile şekillenmektedir. Ekosistem, küresel ölçekte bir düzeni ifade etmekle beraber yerel ve korunaklı bir sistemin varlığına da atıfta bulunabilir.

Canlılar hayatlarını sürdürebilmeleri için yaşadıkları ortamdan madde alıp vermek zorundadır. Maddelerin canlı ve cansız çevre arasında yer değiştirmesine **madde döngüsü** denir. Maddelerin devirli olarak kullanılması, bir yaşama birliğinin en önemli görevlerindedir.



# Ekosistemin Temel Bileşenleri

## Abiyotik Bileşenler

## Biyotik Bileşenler



# Ekosistemin Önemi

1

Yabani bitki ve hayvanlara yaşam alanı sağlar.



3

Temel ekolojik süreçleri kontrol eder ve yaşamları destekler.



5

Bir ekosistemde olağan enerji akışının korunmasına yardımcı olur.



Çeşitli besin zincirlerini geliştirir.

2



Biyotik ve abiyotik bileşenler arasındaki besinlerin geri dönüşümünde yer alır.

4



# EKOSİSTEMLERİN UNSURLARI

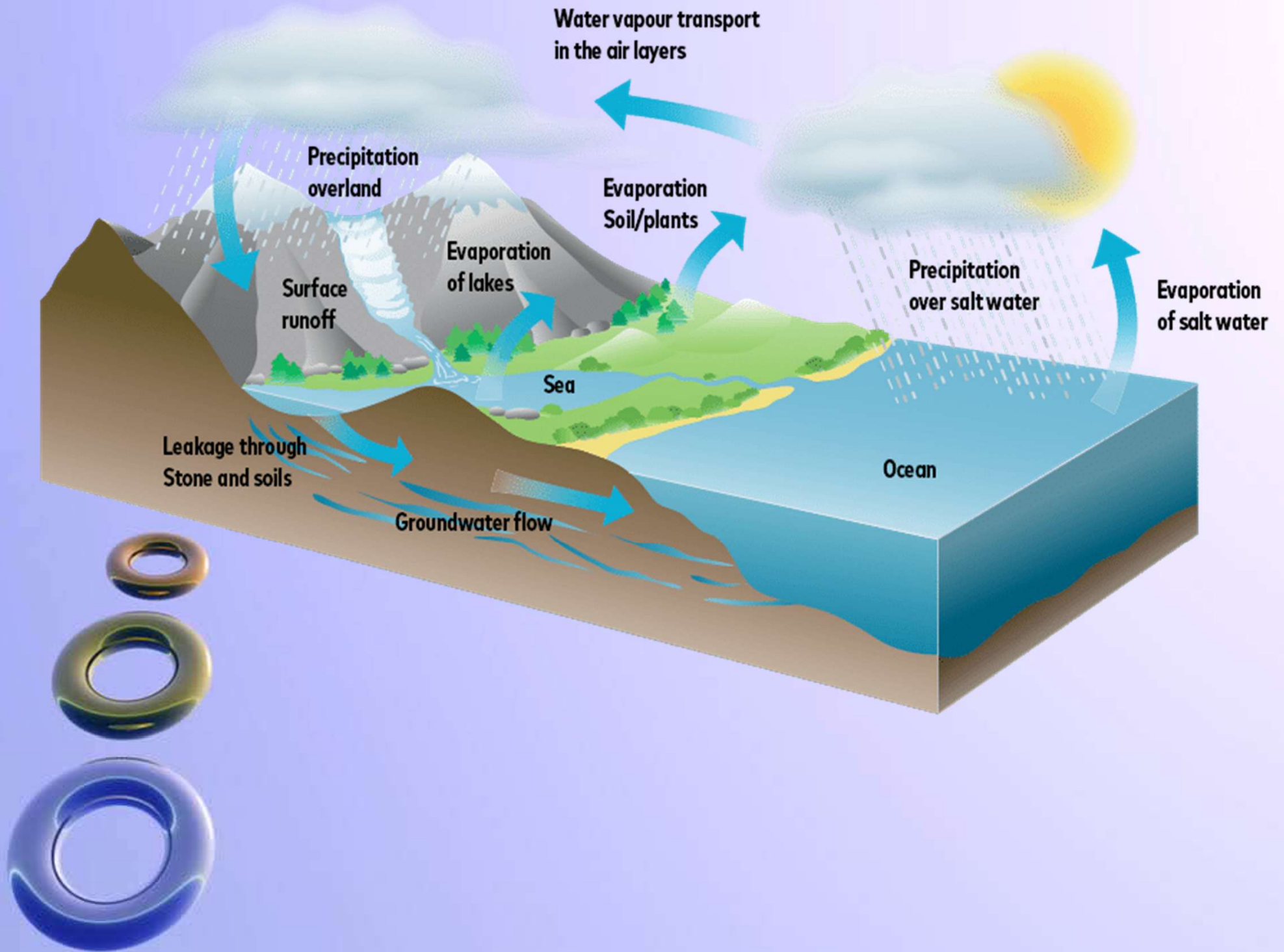


# 1. Ekosistemde Su Döngüsü

Yeryüzünün yaklaşık 2/3'ünü kaplayan su, canlıların yapısında da önemli bir yere sahiptir.

Su döngüsü, buharlaşma ve yoğunlaşma (yağmur, kar) gibi iki fiziksel kurala dayalı olarak gerçekleşir. Isı alarak buharlaşan su, soğuk hava akımlarıyla karşılaşınca yağmur ve kar şeklinde yeryüzüne ulaşır. Bu yağış direk karalara ve sulara düştüğü gibi karalardan süzülüp yeraltı sularına da karışabilir. Suyun atmosfere geçmesinde bitki ve hayvanların terlemesi ve solunumla havaya su buharı verilmesi de etkilidir.

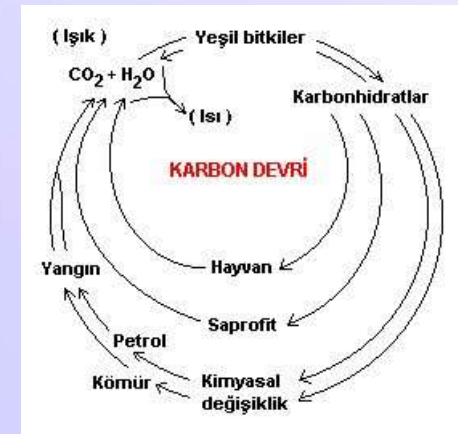
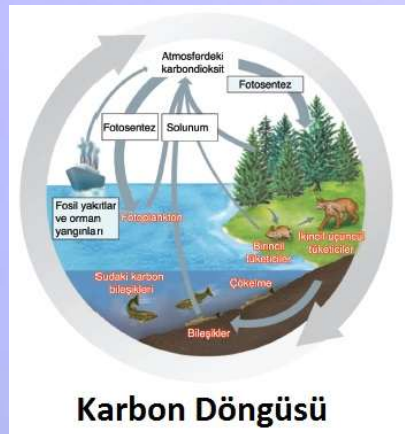


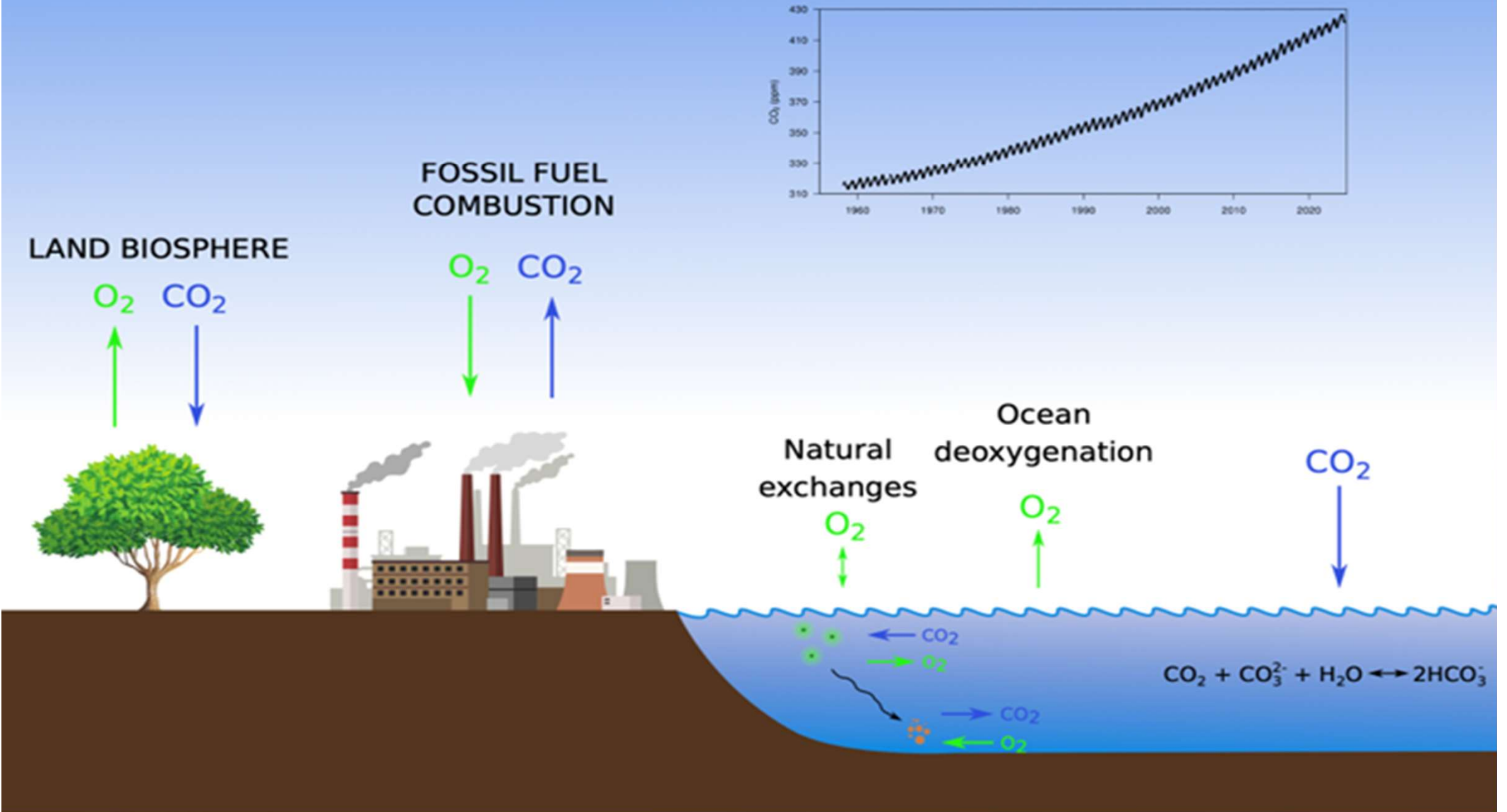


## 2. Ekosistemde Karbon Döngüsü

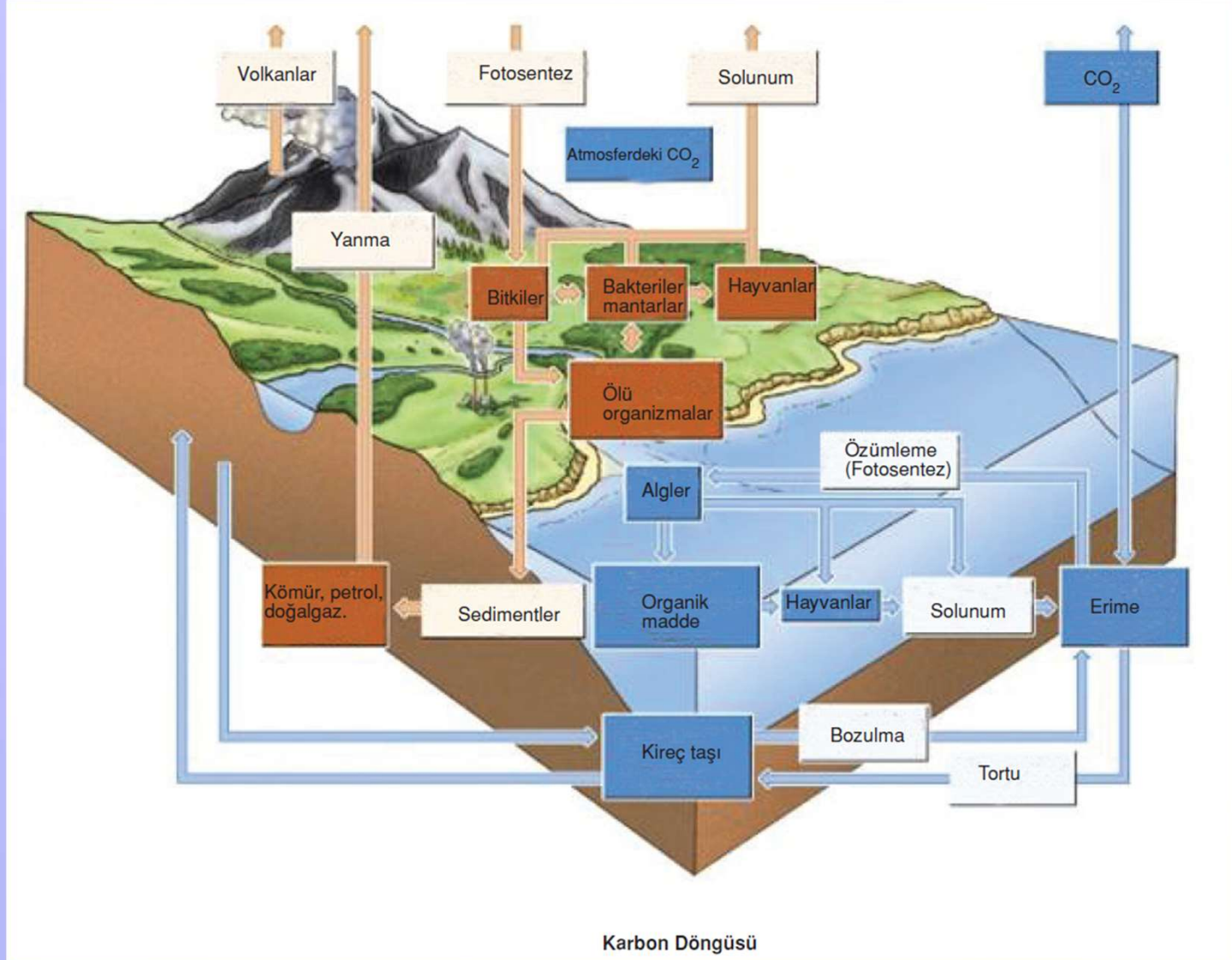
Organik bileşiklerin yapısında bulunan karbon elementinin kaynağı karbon dioksittir. Karbon atmosferde, hidrosferde (deniz ve tatlı sular), litosfer (taş küre) ve canlıların yapısında depolanır.

Ototroflar, fotosentez veya kemosentez yaparken karbondioksiti kullanır. Karbondioksiti suyun hidrojeni ile tepkimeye sokarak besin sentezler ve bunları yapılarına katar. Tüketiciler tarafından yenilen bitkilerle karbon bu canlıların yapısına girmiş olur. Canlılar bu organik molekülleri solunum yaparak yakar. Bu süreçte tekrar karbon dioksit ve su açığa çıkar. Ayrıca canlılar öldükten sonra organik moleküller saprofitler tarafından parçalanır ve yeniden karbon dioksit açığa çıkar. Fotosentez ve solunumla devam eden bu süreçte havadaki karbon dioksit dengede tutulur.

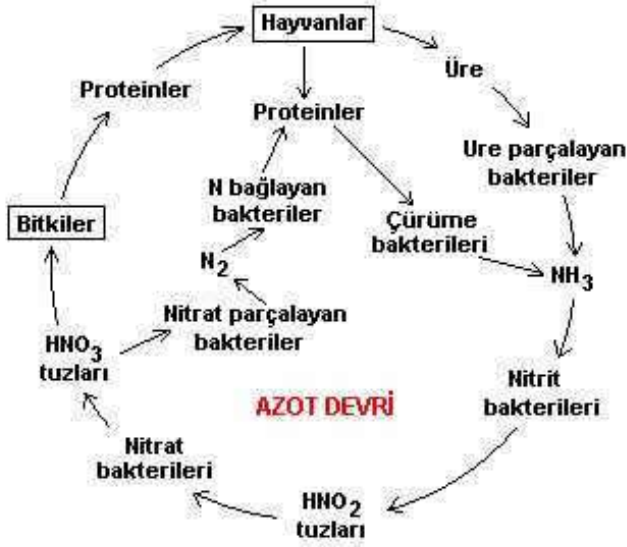




Fosil yakıtların kullanılması sonucunda havaya yüksek oranda karbon dioksit gazı verilir. Yanardağ ve orman yangınları nedeniyle de havaya bol miktarda karbon dioksit verilir.



### 3. Ekosistemde Azot Döngüsü



Azot canlılarda protein, DNA, RNA, ATP ve bazı vitaminlerin yapısında bulunur. Azot havada serbest olarak %78 oranında bulunur.

Bitkiler azot ihtiyacını topraktan suda çözülmüş ve iyonik halde ( $\text{NO}^{3-}$  ve  $\text{NH}^{4+}$ ) karşılar. Hayvanlar organik azotu besin zinciri yoluyla alır.

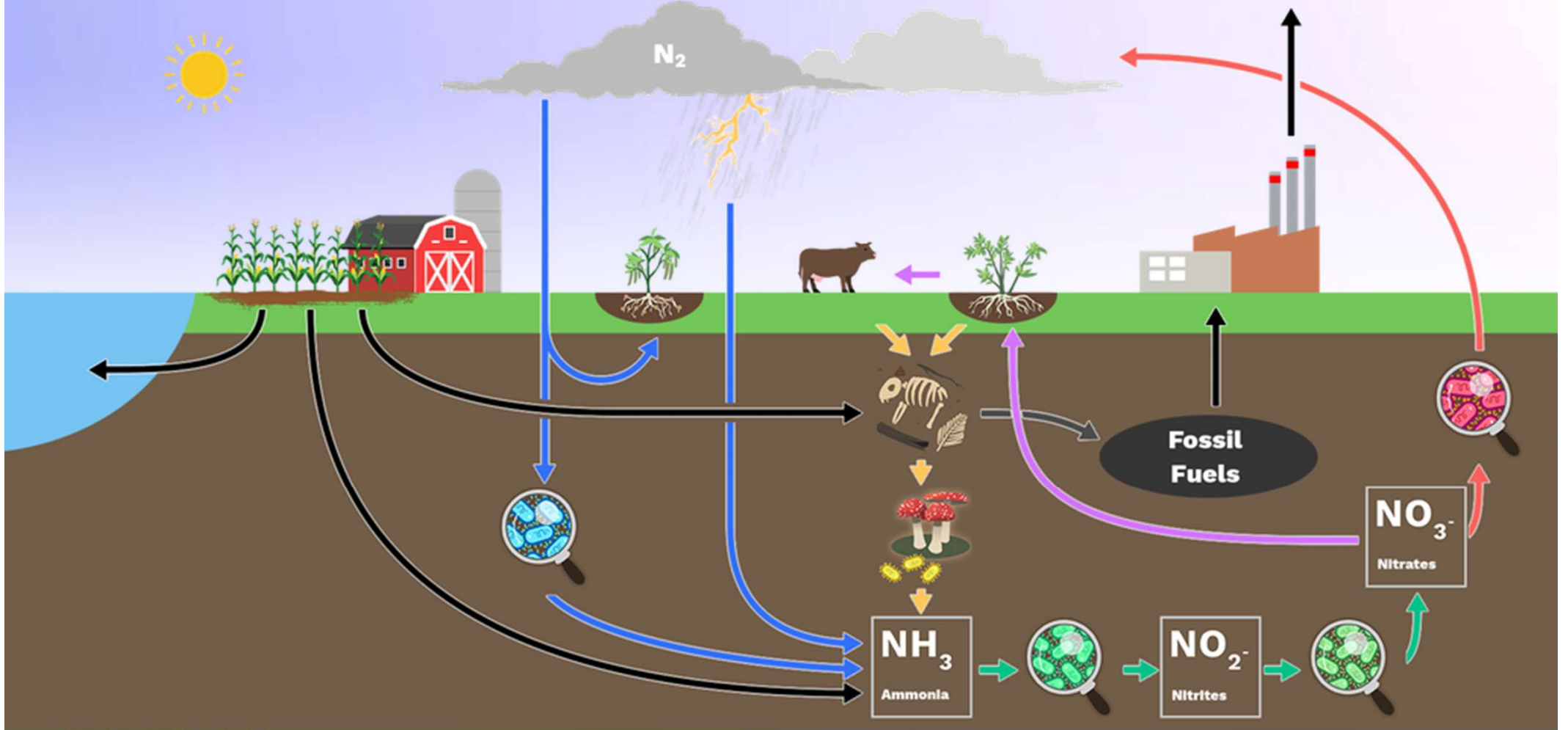
Bitkilerin, hayvanların ölü dokuları ve boşaltım atıkları

ayrıştırıcı organizmalar tarafından amonyağa dönüştürülür. Kemosentetik nitrit bakterisi amonyağı nitrite, nitrat bakterisi de nitriti nitrate dönüştürür. Bu olaya **nitrikasyon** denir.

Toprakta bulunan denitrifikasyon bakterileri de nitrat ya da nitratı tekrar atmosferin serbest azotuna dönüştürür. Bu olay **denitrifikasyon** denir.

Atmosfer azotu, yıldırım ve şimşek olaylarının etkisiyle suyun hidrojeni ve oksijeni ile birleşip  $\text{NH}_3$  ve  $\text{NO}^3$ 'a dönüşür, bu maddeler yağışlarla yeryüzüne iner.

Baklagil köklerinde yaşayan Rhizotunu bakterileri ve siyanobakteriler havanın serbest azotunu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürerek toprağa bağlar.



# Fosfor döngüsü

Karbon (C), oksijen (O), azot (N) gibi elemanların döngülerine oranla daha basittir. Çünkü, fosfor gaz haline geçemediği için, atmosfere geçiş evresine sahip değildir. Bu nedenele fosfor döngüsü, karalardan sulara, sulardan karalara doğru gerçekleşir.

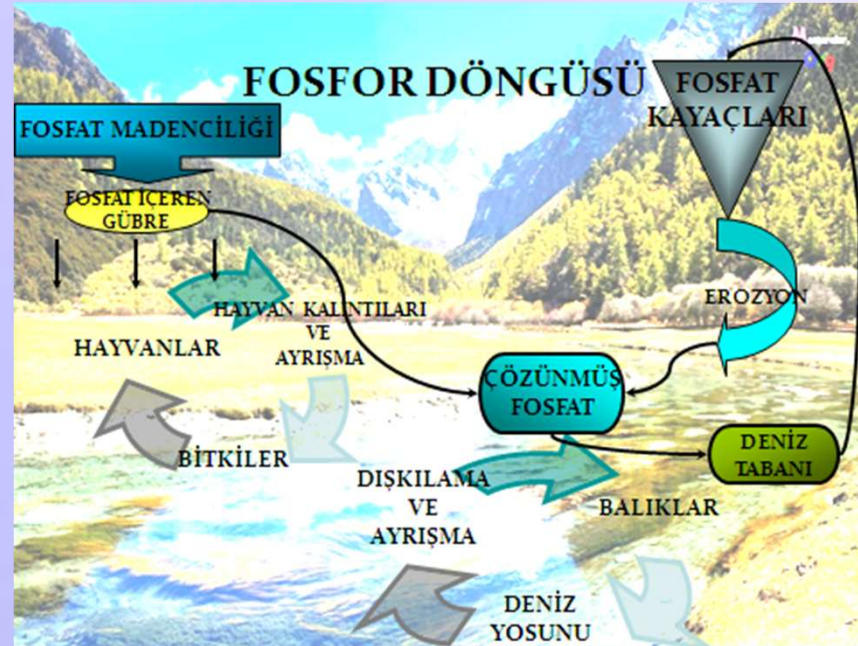
Fosfor canlı ve cansız sistemlerde, fosfat olarak bulunur. Fosforon kaynağı, fosfatlı kayalarlardır. Fosfatlı kayalar, yağmur, rüzgar gibi etkenlerle aşındıkça inorganik fosfat olarak yavaş yavaş toprağa taşınır. Bitkiler tarafından topraktan alınan inorganik fosfat, organik fosfata dönüştürülür.

Bitkilerdeki organik fosfat, önce otçul, bunlardan da etçil hayvanlara aktarılır. Ölen hayvan ve bitkilerin yapısındaki organik fosfat, saprotrof bakteri ve mantarların metabolizmasıyla fosfat olarak toprağa salınır.



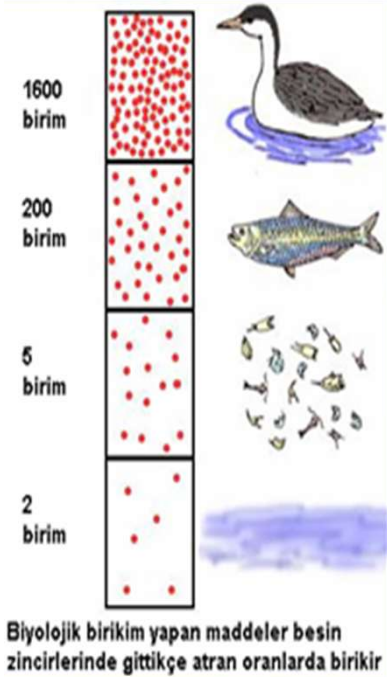
Karasal ekosistemlerde olduğu gibi sucul ekosistemlerde de fosfor döngüsü gerçekleşir. Kayaçlardan sulara taşınan fosfat, suların derinliklerine çöken (sedimentasyon) bitki ve hayvan artıkları nedeniyle ekosistemdeki fosfor belirli oranda azalır. Bu şekilde depolanan fosfor, oluşabilecek jeolojik olayların etkisiyle karalara geçmeleri durumunda, tekrar kullanılabilirler. Doğal olayların yanı sıra, insanların gerçekleştirdiği kimyasal ve endüstriyel işlevler, çöpler ve fosfatlı temizlik maddeleri fosfor döngüsünde etkili olmaktadır.

Fosfatlı kayaçların yapay gübre üretiminde kullanımını gün geçtikçe artmaktadır. Toprağa atılan bu gübrelerin önemli bir kısmı, sularla denizlere kadar taşınır. Ayrıca insanların, yol, köprü, konut yapımı gibi etkinliklerle oluşturduğu atıklar, kullanılan fosfatlı ilaç ve deterjanlarda fosfat döngüsünün gerçekleştirilmesinde etkili olmuştur.



# Besin Zincirindeki Canlılarda Biyolojik Birikim

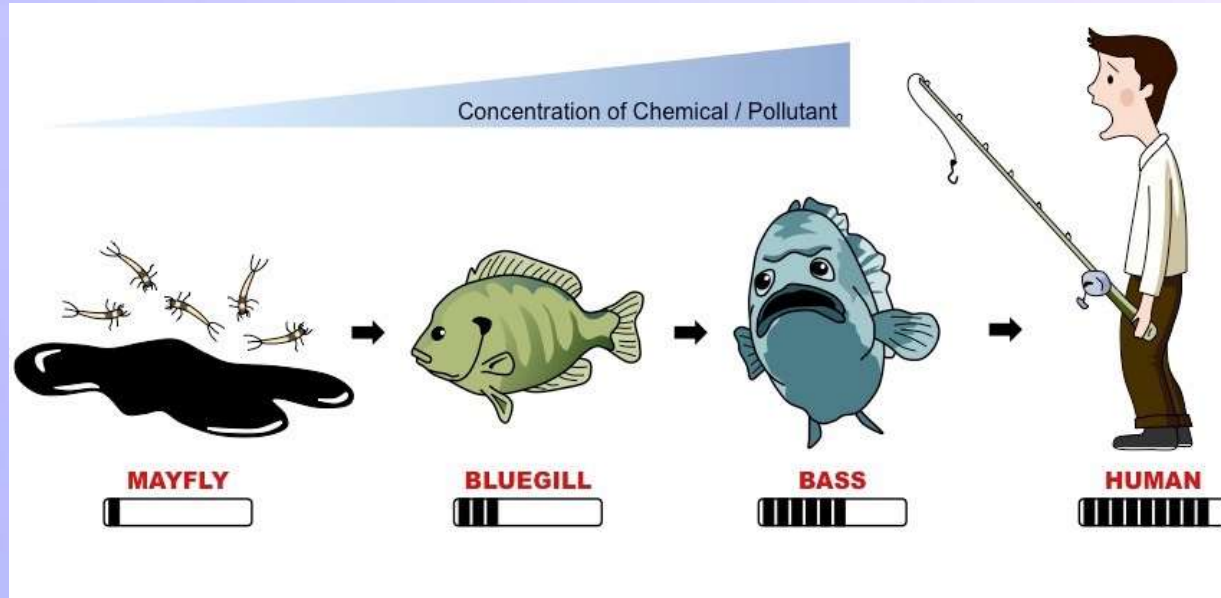
Doğa için kirletici, zehirli özelliğe sahip maddeler mikroorganizmaların etkisiyle fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu zararsız ya da az zararlı hale dönüşür. DDT, siyanür, ağır metal gibi maddeler ise zararsız hale dönüştürülemez. Bu tip maddeler besin zincirini oluşturan farklı trofik düzeylerdeki canlıların dokularında gittikçe artar ve birikir. Bu olaya **biyolojik birikim** denir. Biyolojik birikim parçalanmayan kimyasal maddeler için geçerlidir. Besin zincirinin son basamağındaki canlılarda etkisini daha çok gösterir. Canlılarda gen ve enzimlerin bozulmasına neden olur. Kansere ve solunum sistemi rahatsızlıklarına gibi pek çok sağlık problemi ortaya çıkar.



Biyolojik birikim yapan maddeler besin zincirlerinde gittikçe artan oranlarda birikir.

# Biyolojik Birikimin Çevresel ve Ekolojik Etkileri

Biyolojik birikim yalnızca bireysel canlıların sağlığını değil, aynı zamanda tüm ekosistemlerin dengesini de tehdit eder. Özellikle **su ekosistemlerinde** ağır metaller (cıva, kurşun, kadmiyum) planktonlardan balıklara, oradan da insanlara kadar besin zinciri boyunca taşınır. Bu durum hem **ekosistem hizmetlerini** hem de insan sağlığını tehlikeye sokar.

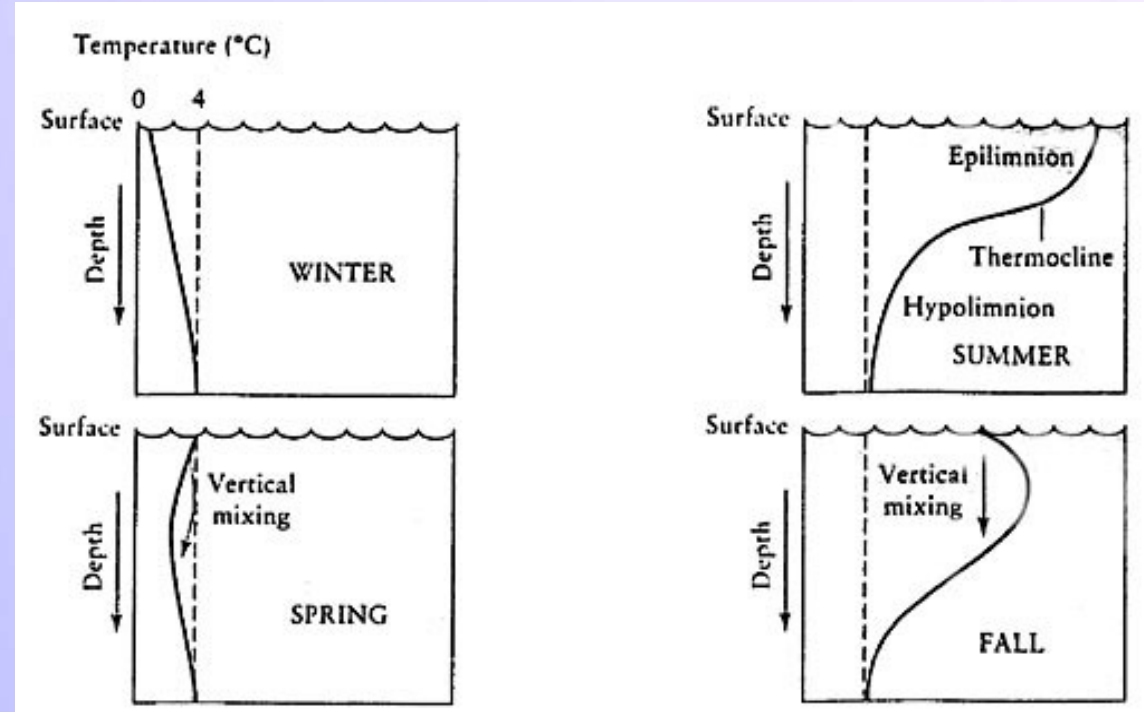


- **Ekotoksikolojik Etki:** Zincirin alt basamağında bulunan küçük canlılarda başlayan birikim, üst düzey yırtıcılarda çok daha yüksek seviyelere ulaşır. Örneğin, balıklarda biriken cıva, insanlarda sinir sistemi hasarına yol açabilir.
- **Biyçeşitlilik Kaybı:** Yüksek toksisiteye maruz kalan canlı topluluklarında ölüm oranları artar, tür çeşitliliği azalır.
- **Çevre Mühendisliği Açısından:** Bu tür kirleticilerin kontrolü için atıksu arıtma tesislerinde ileri arıtma yöntemleri (aktif karbon adsorpsiyonu, membran teknolojileri, kimyasal çöktürme vb.) uygulanır. Ayrıca sanayiden çıkan ağır metallerin kaynağında azaltılması, bertaraf edilmesi ve geri kazanımı çevre mühendisliğinin temel çalışma alanlarındandır.
- **Toplumsal Etki:** Biyolojik birikim, gıda güvenliği sorunlarını artırarak toplum sağlığını ve ekonomiyi etkiler. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma hedefleri (özellikle SKA 3 - Sağlıklı bireyler, SKA 6 - Temiz Su ve Sanitasyon, SKA 14 - Sudaki Yaşam) ile doğrudan ilişkilidir.

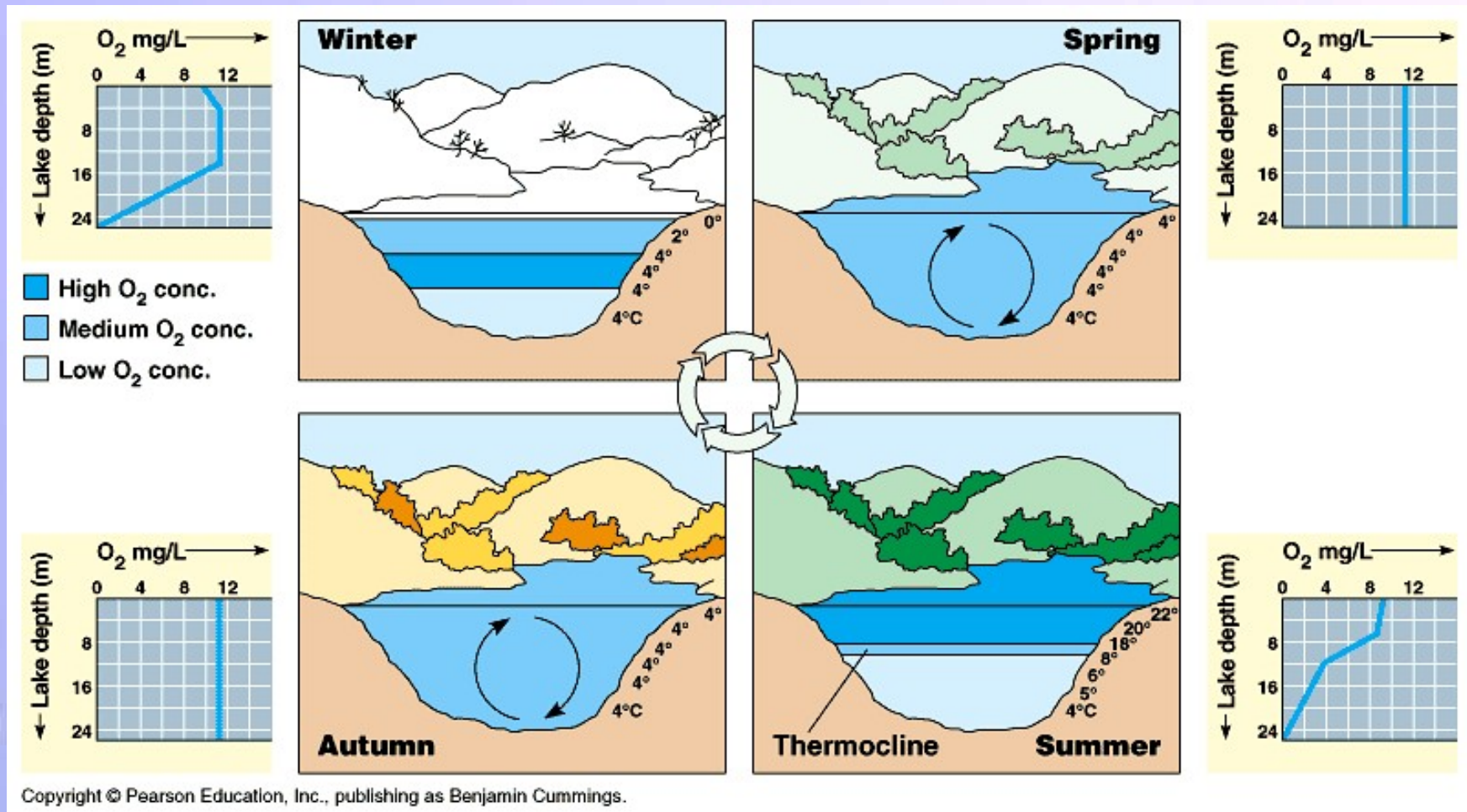


# GÖLLER

Işık ve sıcaklığın göl kirliliğine etkisi, diğer alıcı ortamlara nazaran daha belirgindir. Işık, fotosentez için enerji kaynağıdır ve göl suyu içinde ışığın nüfuzu azdır. Suyun maksimum yoğunluğu  $+4^{\circ}\text{C}$ 'dedir ve su ısıyı iyi iletmez, ısının büyük kısmı su kütlesi içinde hapsedilir. Göl sularının sıcaklığı mevsimlik değişimlere uğrar. Kış mevsiminde donmayan göller için sıcaklığın derinlikle değişmediği kabulü yapılır. Sıcak mevsimler yaklaştıkça üst tabakadaki su kütlesi ısınmaya başlar. Su ısıyı iyi iletmediğinden ve sıcak su hafif olduğundan göllerde bariz bir sıcaklık tabakalaşması görülür. Bu olaya “**termal tabakalaşma**” denir. Bu olay oldukça karardır ve yaz mevsimi sonuna kadar devam eder.

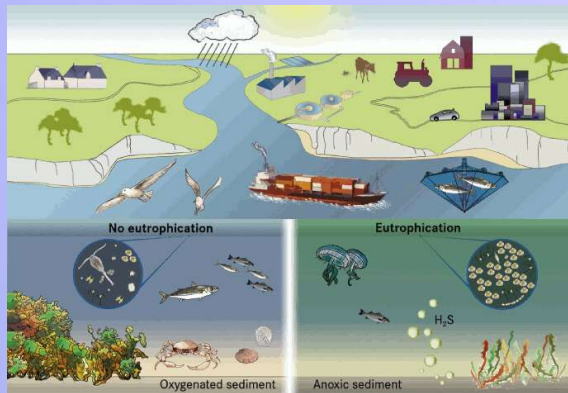


Termal tabakalaşma sırasında suyun sirkülasyonu sadece üst tabakada olduğundan biyolojik ve kimyasal reaksiyonların çoğu epilimnion tabakasında gerçekleşir. Soğuk mevsimlerin yaklaşmasıyla üst tabaka soğur, ağırlaşan su kütlesi aşağıya inerek alt tabakayla yer değiştirir. Göllerde sıcaklık farklılaşması çözülmüş oksijen konsantrasyonuna etki eder. Göllerdeki çözülmüş oksijen profili aşağıda verilmiştir.



# Ötrofikasyon

Azot, fosfor ve diğer besin maddeleri yaşlı su ekosistemlerinde yavaş yavaş birikir. Bir sistemdeki organik maddenin birikimi, sistemin üretkenlik düzeyini yükseltir. Su ekosistemi çevresindeki karalardan sürüklenerek gelen toprak, canlı artıkları içerir. Tarımsal ve evsel kökenli atıkların karıştığı göllerde azotlu ve fosforlu besleyici tuzların suda artması ötrofikasyonu hızlandırır ve ilkbahar aylarında alglerin aşırı çoğalmalarına ve bulanıklığın artmasına neden olur. Aşırı çoğalan bu algler, sıcaklar arttıkça canlılıklarını kaybederek kütleler halinde dibе çökerler ve çürümeleri sonucu ortamda oksijen azalması ve  $H_2S$  oluşur. Göldeki bu oksijen azalması ve  $H_2S$  artması omurgalı ve omurgasız hayvanların ölümlerine sebep olur. Bakterilerin ayrıştırdığı organik maddelerden açığa çıkan mineral maddeler yeni canlı oluşmasında görev alırlar ve ötrofikasyona yardım ederler. Bu şekilde derinliği zamanla azalan göl, ötrofik bir göle dönüşür. Ötrofikasyon devam ettikçe bu defa derinliği daha da azalan ötrofik göl bataklığa dönüşür.



# MARMARA'DA 'DENİZ SALYASI' NEDEN OLUŞTU?

\*Müsilaj

Düşen çözülmüş  
oksijen miktarı

Fitoplankton denilen bitkisel  
canlıların aşırı çoğalması

Besin maddesi varlığında  
aşırı artış

Denizin durgun ve  
dalgasız olması

Bakteriyel  
aktivitelerin artması

Mevsimsel düzensizlikler  
yaşanması

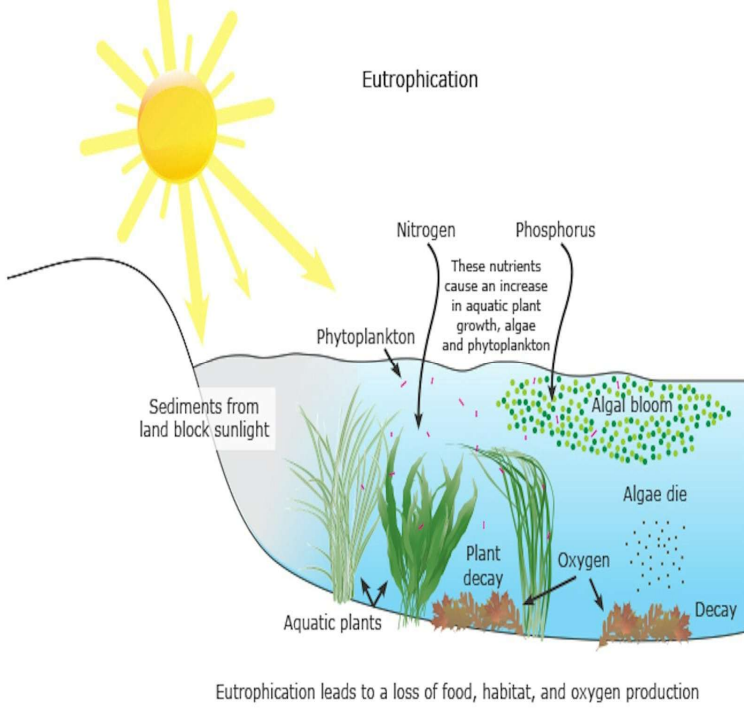
Deniz suyu sıcaklıklarının  
yüksek seyretmesi

Hava koşullarının normale  
dönmesi ile ortadan kalkabilir

Endüstriyel ve evsel atıkların  
arıtılmadan denize verilmesi

Canlılarda ve biyo çeşitlilikte  
azalmaya neden olur

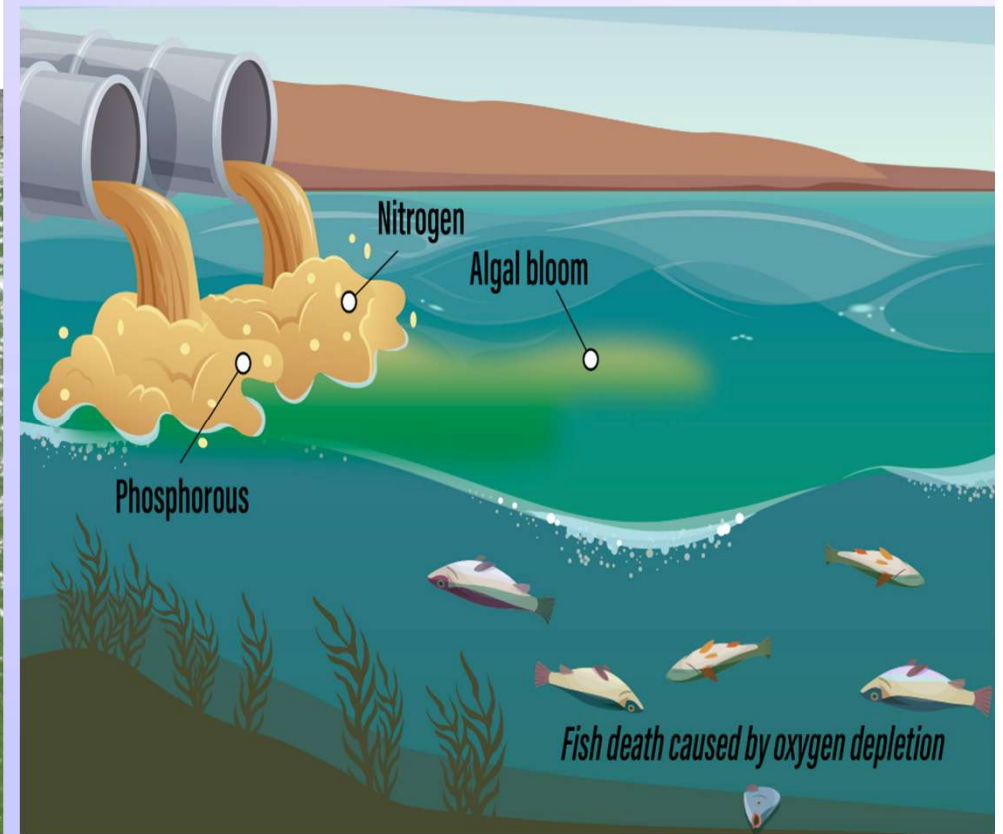
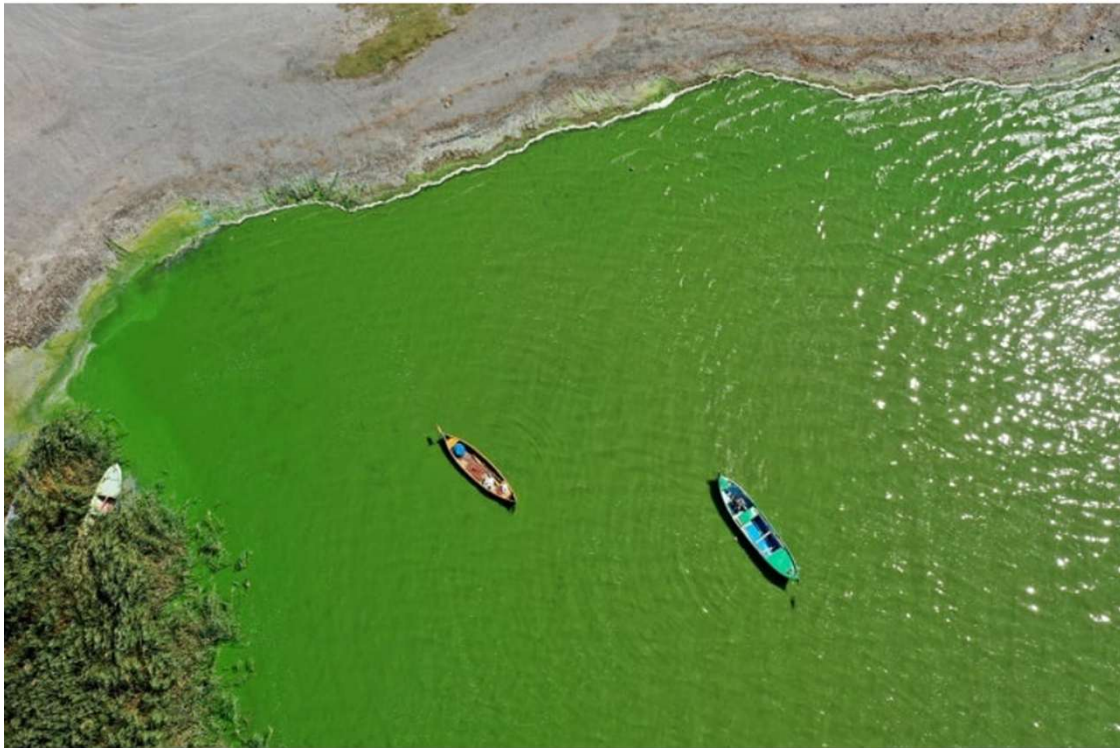




# DENİZLİ'DE "ALG PATLAMASI" BARAJ GÖLÜNÜN RENGİNİ DEĞİŞTİRDİ

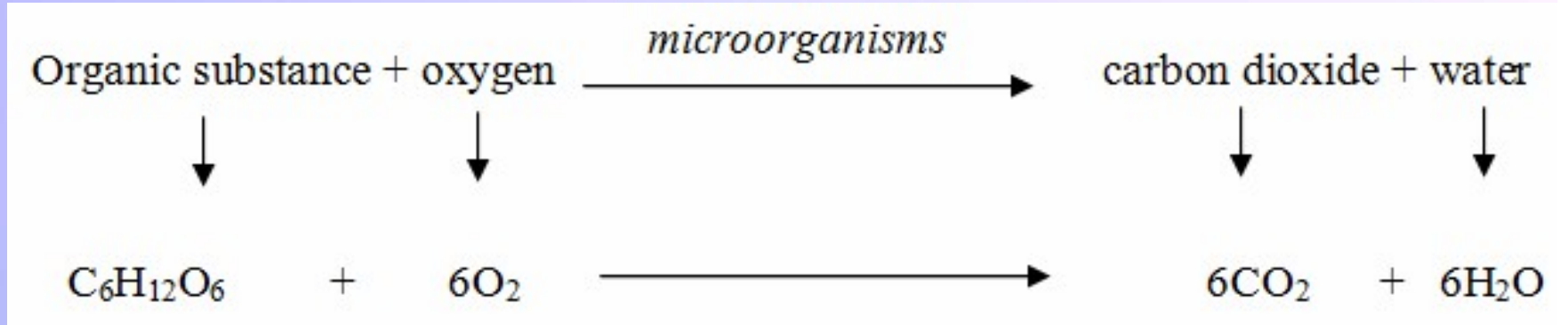


## Uluabat Gölü'nde alg patlaması

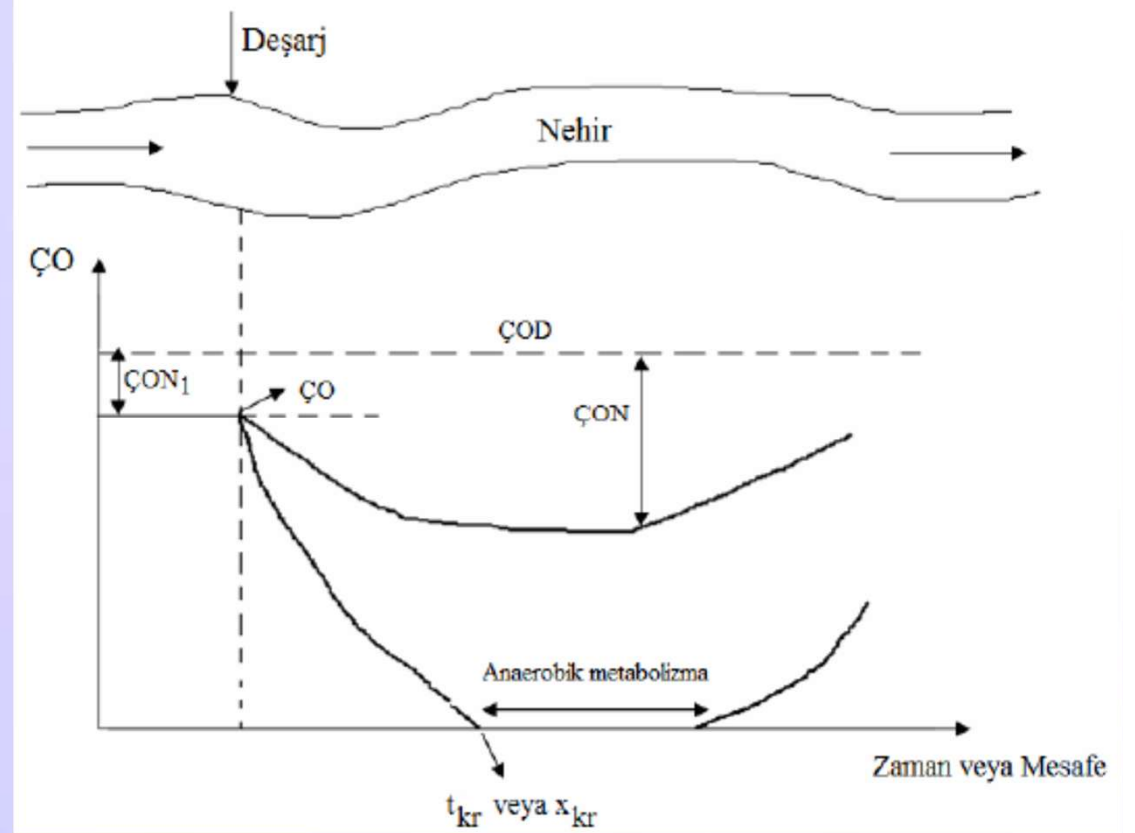
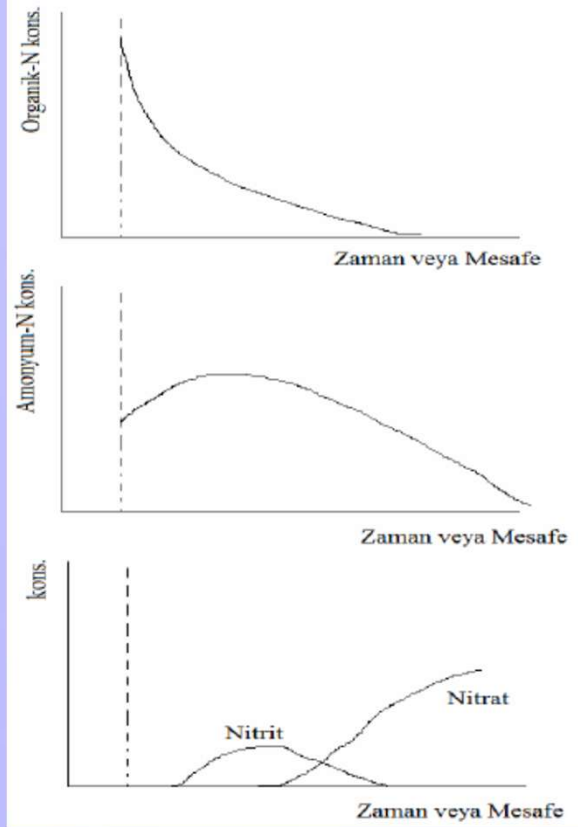


# NEHİRLER

Nehir, atık sular için alıcı bir ortamdır. Bir nehirde en fazla kirlilik, atıksu deşarj noktasında görülmektedir, çünkü nehir suyu sabit veya değişen hızla sürekli akmaktadır. Karbonlu, azotlu maddeler nehre deşarj edildikten sonra biyokimyasal reaksiyonlar devreye girer ve organik maddelerin oksidasyonu sonucu nehirdeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Aerobik solunum mekanizması,



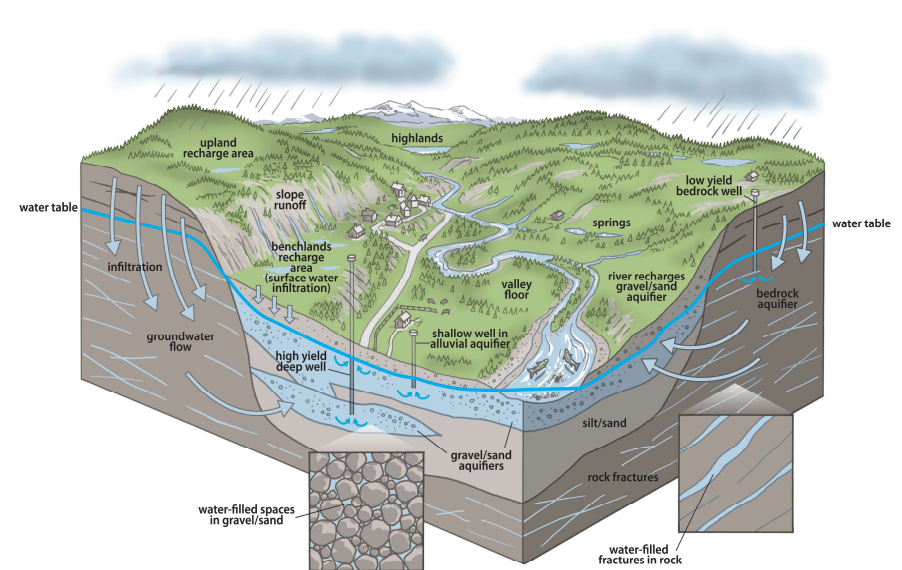
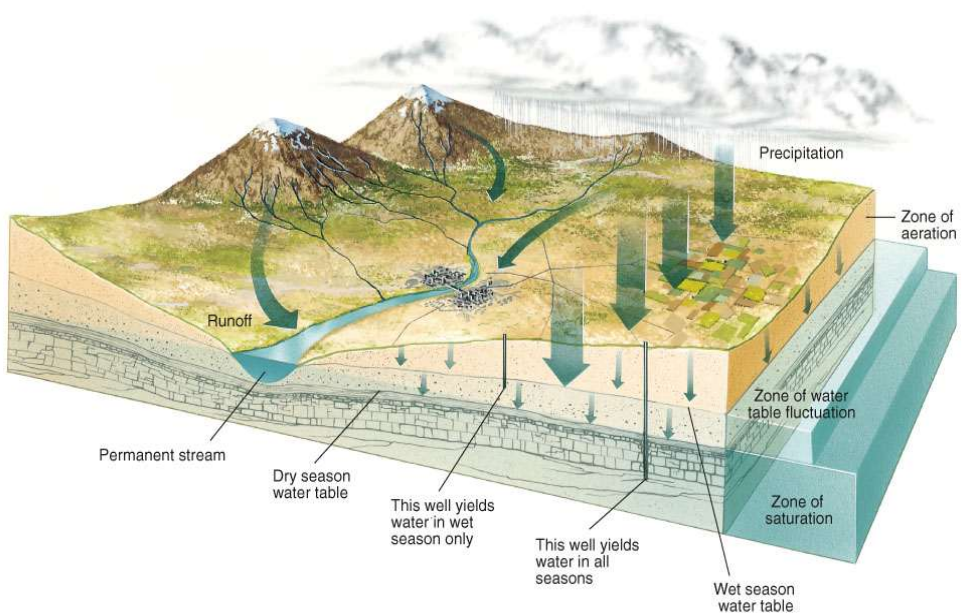
Azotlu maddeler, su kirliliğinin göstergesidir. Organik azot, aerobik ve anaerobik solunumda önce amonyuma ( $\text{NH}_3$ ) dönüşür. Aerobik solunumda  $\text{NH}_3$ , nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ve nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ) çevrilir. Azotlu bir kirletici nehre girdiğinde maruz kaldığı dönüşümler aşağıda gösterilmiştir.



Akmakta olan nehir aynı zamanda havadan oksijen de kazanır. Yani nehirlerde hem biyolojik oksidasyonla oksijen tüketimi, hem de havadan suya oksijen transferi ile oksijen kazanımı söz konusudur. Organik madde zamanla bozundukça, miktarı azalacağından mikroorganizmalar tarafından oksijen kullanım hızı düşer, ortam oksijeni yeterince azaldığından havadan suya oksijen geçiş hızı artar.

# YERALTI SULARI

Yağışlarla yeryüzüne inen suların bir kısmı akışa geçer, bir kısmı buharlaşır, bir kısmı bitkiler tarafından tutulur ve bir kısmı ise toprağa sızar. Yeraltı sularının oluşabilmesi için yüzeysel suların yeraltına sızması gerekir. Yeraltına sızan sular geçirimsiz bir tabaka üzerinde birikir ve yeraltı sularını oluşturur. Yeraltı suyu taşıyan tabakalara “**akifer**” adı verilmektedir. Yeraltı sularının kendiliğinden yeryüzüne çıktığı yerlere ise “**kaynak**” ismi verilir. Yağmur, kar, dolu olarak yeryüzüne düşen yağışlar, toprak, geçirimli taş delikleri, çatlak ve yarıklardan sızarak yeraltında toplanarak yeraltı sularını meydana getirirler. Sızma, geçirimli topraklarda daha fazladır. Sular killi topraklar gibi sızdırmıyan tabakalara rastlayınca toplanırlar.

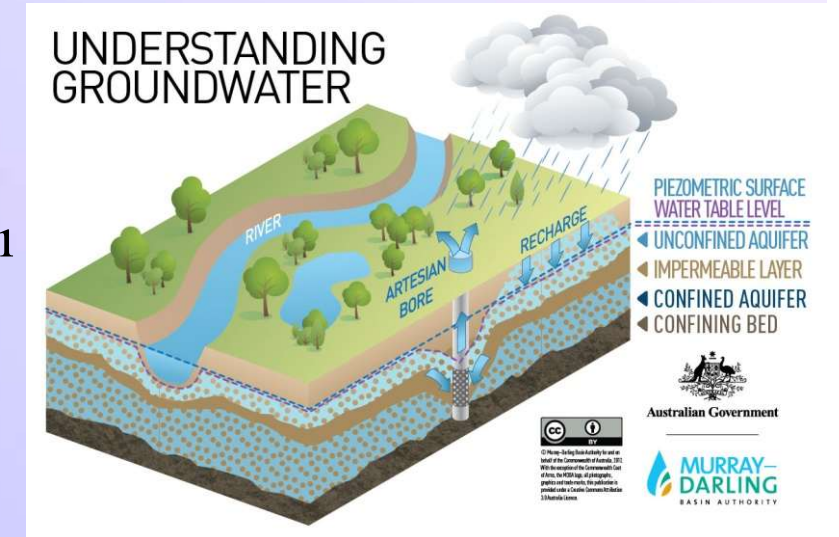


# Yeraltı Sularının Beslenmesinde Etkili Olan Faktörler

1. Yağış miktarı
2. Yağış türü: Kar yağışları ile beslenme fazla olur.
3. Zeminin geçirimsizliği: Alüvyal ve karstik alanlarda geçirimsizlik fazladır.
4. Arazinin eğimi: Eğimin az olduğu alanlarda beslenme daha fazladır.
5. Bitki örtüsü: Yüzeysel akımı engellediği için.

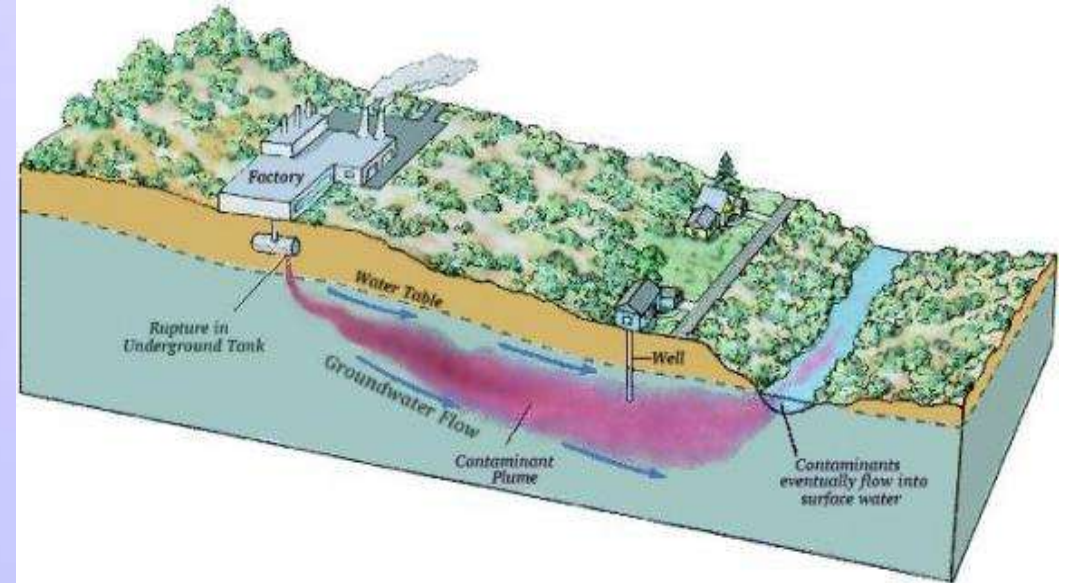
Yeryüzünden sızarak toplanan yeraltı suları akış şekilleri durumları, beslenmeleri ve hareketleriyle ilgili olarak üç ana bölümde toplanırlar:

1. Serbest yüzeyli yeraltı suları
2. Basıncılı su yüzeyli (artezyen) suları
3. Kaya çatlakları içindeki yeraltı suları



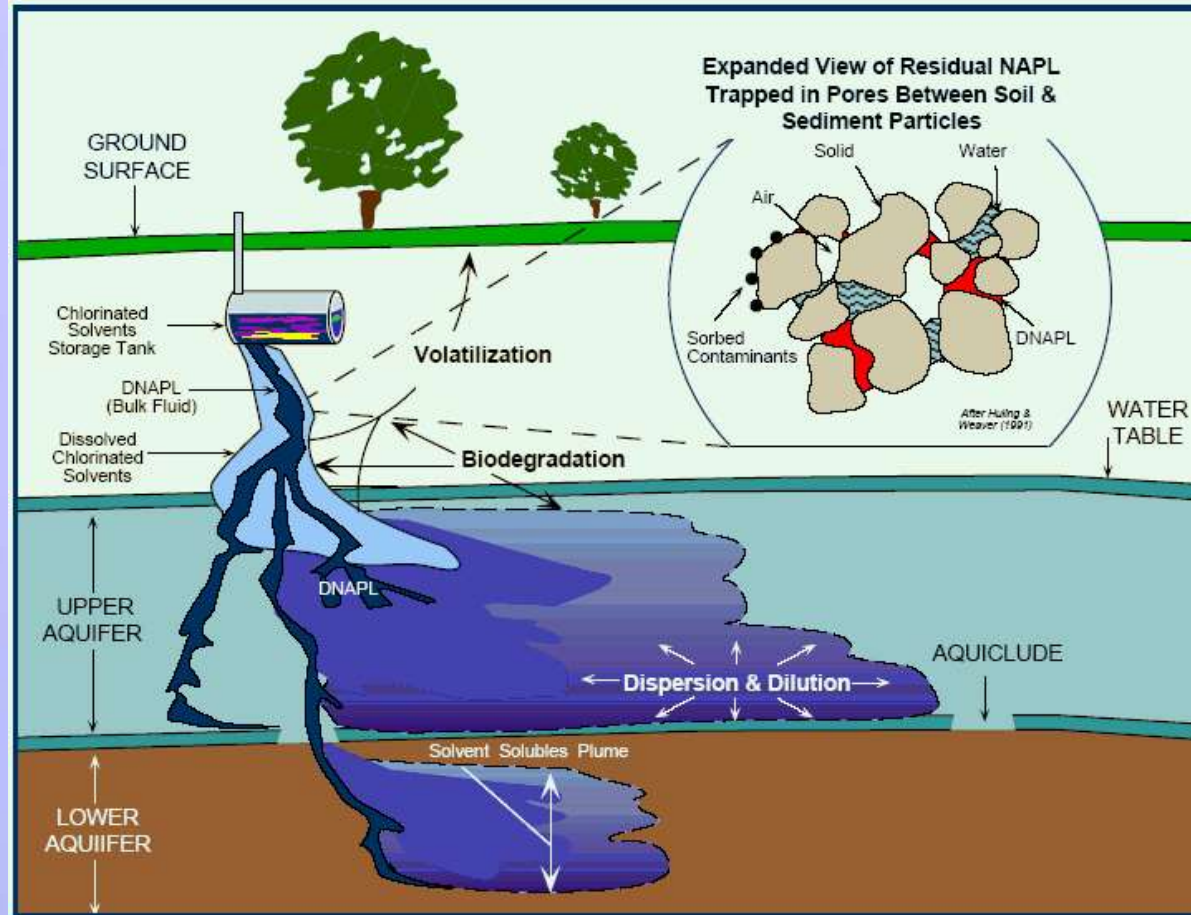
# Yeraltı Suyunun Kirlenmesi

Yeraltı suyunun kirlenmesinin en belirgin nedeni kentsel (nitrat ve patojenler) ve endüstriyel atıkların çevreye verildikten sonra iklim durumuna, toprağın yapısına ve zamana bağlı olarak yeraltı suyuna taşınmasıdır. Yeraltı sularının kirlenmesinin diğer önemli nedenlerinden birisi de tarım ilaçları (pestisitler) ve gübrelerin (nitrat, fosfor) bilinçsiz kullanımı ile evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesidir. Ülkemizde en önemli yeraltı suyu kirlenme nedenlerinden biri, evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesidir. Deterjan gibi parçalanmaya karşı dayanıklı bileşikler, yeraltı suyuna ulaşarak içme suyu açısından sorun olabilmektedir. Bir diğer önemli kirletici çöp depolama sahalarından gelen sızıntı suları ve petrol gibi bazı depolama tanklarından sızan sulardır.



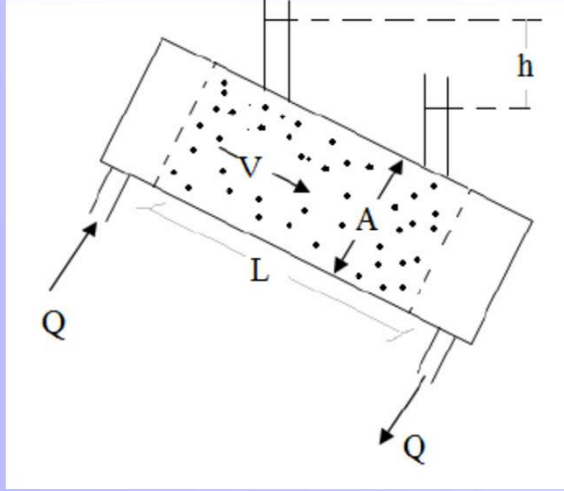
# Kirleticilerin Yeraltı Suyunda Taşınma Mekanizmaları:

1. Difüzyon: Kirleticilerin konsantrasyon farkına göre taşınımı
2. Adveksiyon: Su hızı ile taşınma
3. Mekaniksel dispersiyon: Kirleticilerin gözenekli ortamda taşınımı
4. Hidrodinamik dispesiyon: Kirleticilerin hem difüzyon hem de mekaniksel dispersiyon ile taşınımı



# Darcy Yasası

Gözenekli bir ortamda akış debisi, akış yolu boyunca oluşan yük kaybı ile doğru, akış yolunun uzunluğu ile ters orantılıdır.



$$Q = KA \frac{h}{L} \quad \text{her 2 taraf A'ya bölünürse}$$

$$V_{\text{Darcy hız}} = K \frac{h}{L} = K J$$

hidrolik egim      hidrolik iletkenlik

Darcy yasasının uygulanması için akım laminer, ortam homojen ve zemin küçük taneli malzemelerden oluşmalıdır. Darcy hızı aslında hayali bir hızdır. Su hızının akifer içinde bütün bir alanı kaplayarak aktığını kabul eder. Aslında akış, topraktaki boşluklarda gerçekleşmektedir. Bu nedenle toprakta, suyun sızma hızından bahsedilebilir.

$$V_{\text{Sızım}} = \frac{V_{\text{Darcy}}}{\eta}$$

$$\eta = \text{porozite}$$

# Yeraltı suları ile yüzeysel suların genel farkları

## Yeraltı suları

Sabit kimyasal içerik  
Yüksek mineral içerik  
Düşük türbidite  
Düşük renk  
Düşük oksijen/sıfır oksijen  
Yüksek Fe, Mn, Ca, Mg içerir

## Yüzeysel sular

Değişken kimyasal içerik  
Düşük mineral içerik  
Yüksek türbidite  
Renk olabilir  
Oksijen var  
Düşük sertlikte



# İklim Değişikliği

**İklim Nedir?** İklim, belirli bir bölgede uzun yıllar boyunca gözlenen sıcaklık, yağış, rüzgâr, nem ve diğer atmosfer olaylarının ortalama durumu olarak tanımlanır.

Hava durumu kısa süreli (saatlik, günlük) atmosfer koşullarını ifade ederken,

İklim onlarca yıl boyunca ölçülen uzun vadeli ortalama koşulları anlatır.

Örneğin;

Bugün yağmur yağması hava durumu,

Bir bölgenin yıllık ortalama yağış miktarı ve sıcaklığı ise iklim bilgisidir.

İklim, canlıların yaşam koşullarını, ekosistemleri, tarımı, su kaynaklarını ve toplumların ekonomik faaliyetlerini doğrudan etkileyen temel bir faktördür. Bu nedenle iklimin değişmesi, doğal çevrede ve insan yaşamında önemli sonuçlara yol açmaktadır.



## Sera Etkisi Nedir?

Sera etkisi, Dünya'nın yüzeyinin ve alt atmosferinin normalden daha sıcak olmasına yol açan doğal bir süreçtir.

### Nasıl Gerçekleşir?

Güneş'ten gelen ışınlar atmosferi geçerek Dünya yüzeyine ulaşır.

Yeryüzü bu enerjiyi emer ve tekrar **kızılötesi (infrared) radyasyon** olarak atmosfere geri yayar.

Atmosferde bulunan bazı gazlar (**sera gazları**) bu kızılötesi radyasyonun bir kısmını tutar ve geri yansıtarak Dünya'nın ısınmasına neden olur.

### Temel Sera Gazları:

Karbondiyoksit ( $\text{CO}_2$ )

Metan ( $\text{CH}_4$ )

Diazot monoksit ( $\text{N}_2\text{O}$ )

Su buharı ( $\text{H}_2\text{O}$ )

Florlu gazlar (CFC, HFC gibi yapay gazlar)

### Önemi

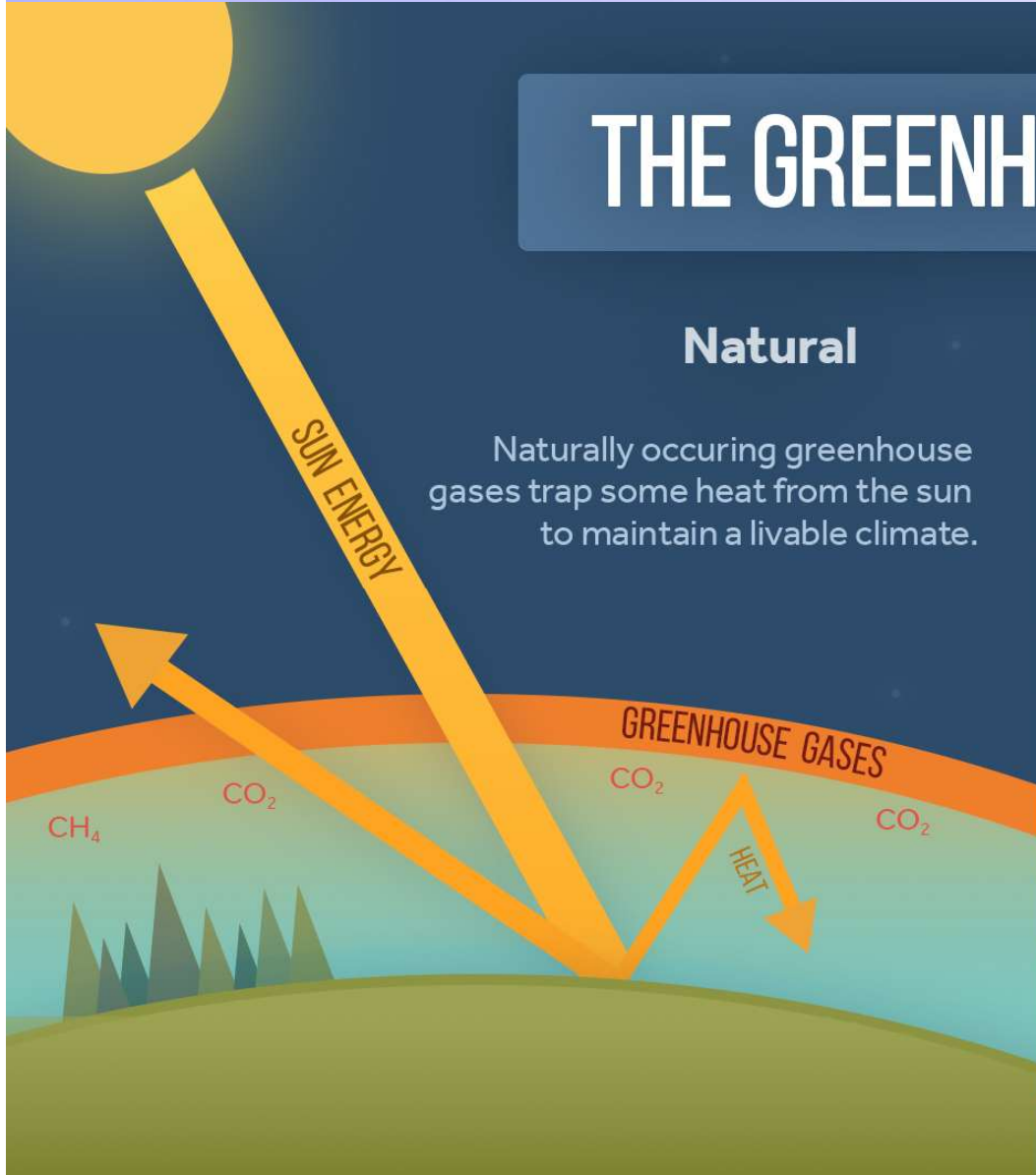
Doğal sera etkisi olmasaydı, Dünya'nın ortalama sıcaklığı **-18 °C** olurdu. Bu durumda yaşamın sürmesi mümkün olmazdı.

Ancak insan faaliyetleri sonucu sera gazlarının aşırı artması, "**küresel ısınma**" adı verilen tehlikeli boyutta bir sıcaklık artışına yol açmaktadır.

# THE GREENHOUSE EFFECT

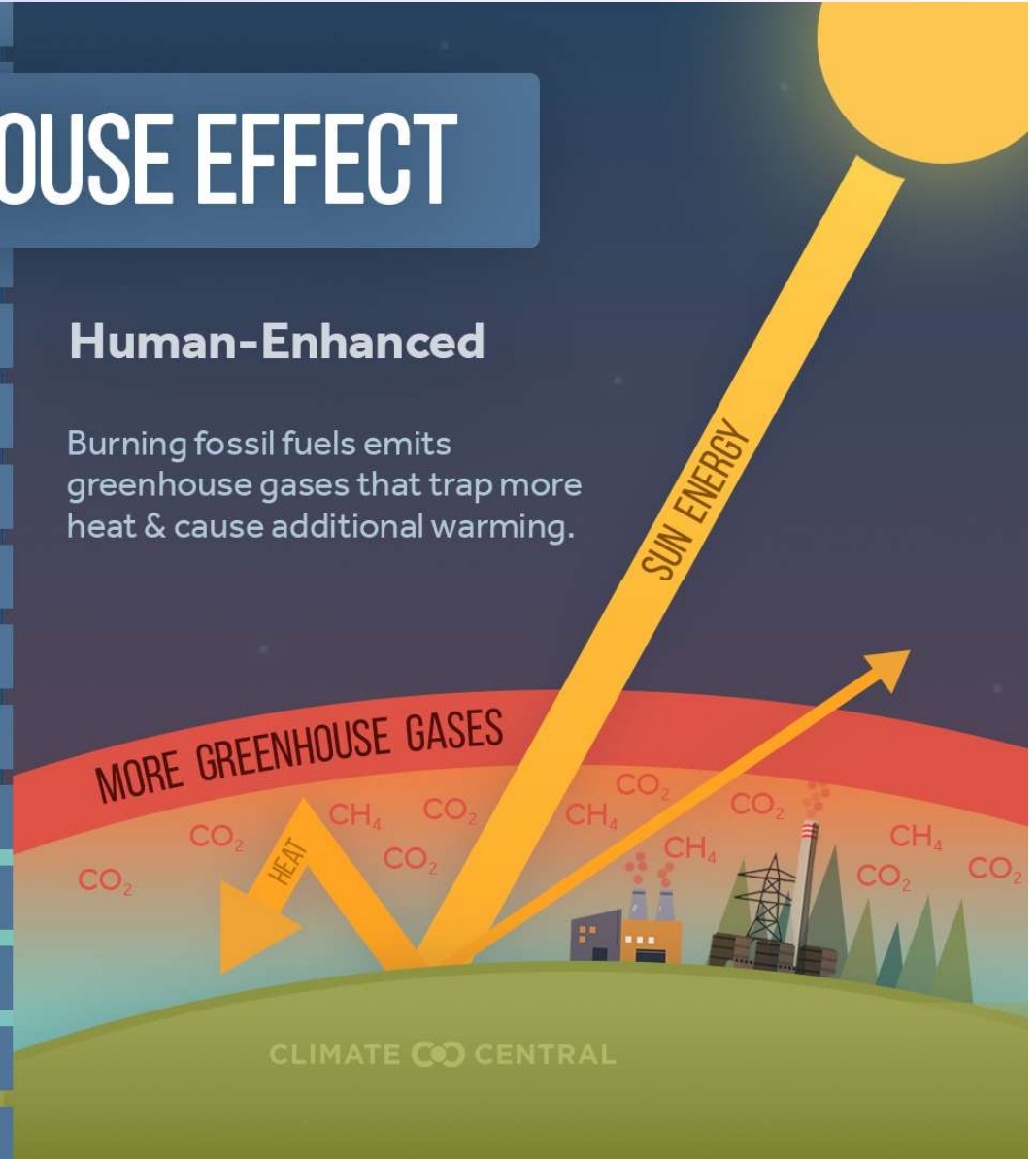
## Natural

Naturally occurring greenhouse gases trap some heat from the sun to maintain a livable climate.

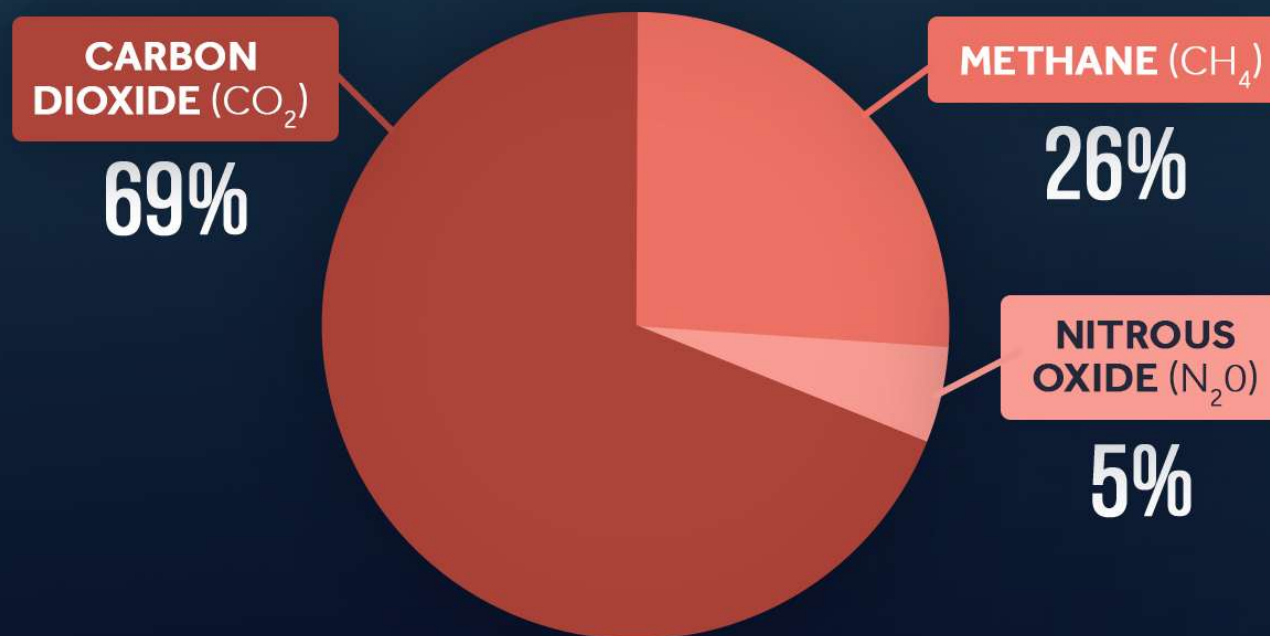


## Human-Enhanced

Burning fossil fuels emits greenhouse gases that trap more heat & cause additional warming.



# WARMING FROM MAIN GREENHOUSE GASES



CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O are key human-driven GHGs widely regulated by the UNFCCC.  
Source: Jones et al. (2023)

# CARBON DIOXIDE CLIMB



Source: Luthi et al (2008) ([cdiac.ornl.gov](http://cdiac.ornl.gov)) & NOAA ESRL ([esrl.noaa.gov](http://esrl.noaa.gov))

CLIMATE  CENTRAL

# GLOBAL TEMPERATURE & CO<sub>2</sub>



Global temperature anomalies averaged and adjusted to early industrial baseline (1881-1910)  
Global annual average carbon dioxide  
Source: NASA, GISS, NOAA NCEI, ESRL

CLIMATE  CENTRAL

# U.S. GREENHOUSE GAS SOURCES

Transportation  
**28%**

Industry  
**23%**

Electric power  
**25%**

Residential  
& commercial  
**13%**

Agriculture  
**10%**

U.S. greenhouse gas emissions by sector in 2022. Sums to 99% due to independent rounding.  
Source: EPA Greenhouse Gas Emissions Inventory

CLIMATE  CENTRAL

# İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri

**İklim Değişikliğinin Tanımı:** İklim değişikliği, insan faaliyetleri (fosil yakıtların yakılması, sanayi üretimi, tarım faaliyetleri, ormansızlaşma vb.) sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , CFC'ler) artışıyla meydana gelen uzun vadeli sıcaklık, yağış ve hava sistemi değişimleridir.

## Temel Nedenler:

Fosil yakıt kullanımı (kömür, petrol, doğalgaz)

Ormansızlaşma (karbon yutağı olan ormanların yok edilmesi)

Endüstriyel faaliyetler (çimento, çelik, kimya üretimi)

Tarım ve hayvancılık (metan salınımı, gübre kaynaklı  $\text{N}_2\text{O}$  salınımı)



# İklim Değişikliğinin Çevresel Etkileri

## a) Atmosfer ve Sıcaklık

Küresel ortalama sıcaklık son 100 yılda yaklaşık **1,1 °C artmıştır**.

Daha sık ve şiddetli sıcak hava dalgaları ortaya çıkmaktadır.

## b) Su Kaynakları

Buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi → kıyı bölgelerinde taşkın riski.

Kuraklık ve su kıtlığı → içme suyu kaynaklarının azalması.

Sellerin artışı → taşkın yönetiminde yeni önlemler ihtiyacı.

## c) Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik

Türlerin yaşam alanları değişiyor, bazı türler yok olma riskiyle karşı karşıya.

Okyanusların ısınması ve asitlenmesi → mercan resiflerinin yok oluşu.

Ekosistem hizmetlerinde bozulmalar (ör. toprak verimliliği, doğal döngüler).

## d) Tarım ve Gıda Güvenliği

Yağış rejimlerinin değişmesi → ürün verimliliğinde düşüş.

Zararlı organizmalar ve hastalıkların yayılımı.

Küresel gıda fiyatlarının dalgalanması.

## e) İnsan Sağlığı

Sıcak dalgaları → kalp-damar ve solunum yolu hastalıklarında artış.

Hava kirliliği ile birleşen iklim değişikliği → astım ve alerji sorunlarının artması.

Yeni bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkışı (sıtma, dang humması vb.).



# Çevre Mühendisliği Açısından Önemi

Çevre mühendisliği, iklim değişikliğine karşı hem azaltım (mitigation) hem de uyum (adaptation) stratejilerinde kritik role sahiptir:

## Azaltım:

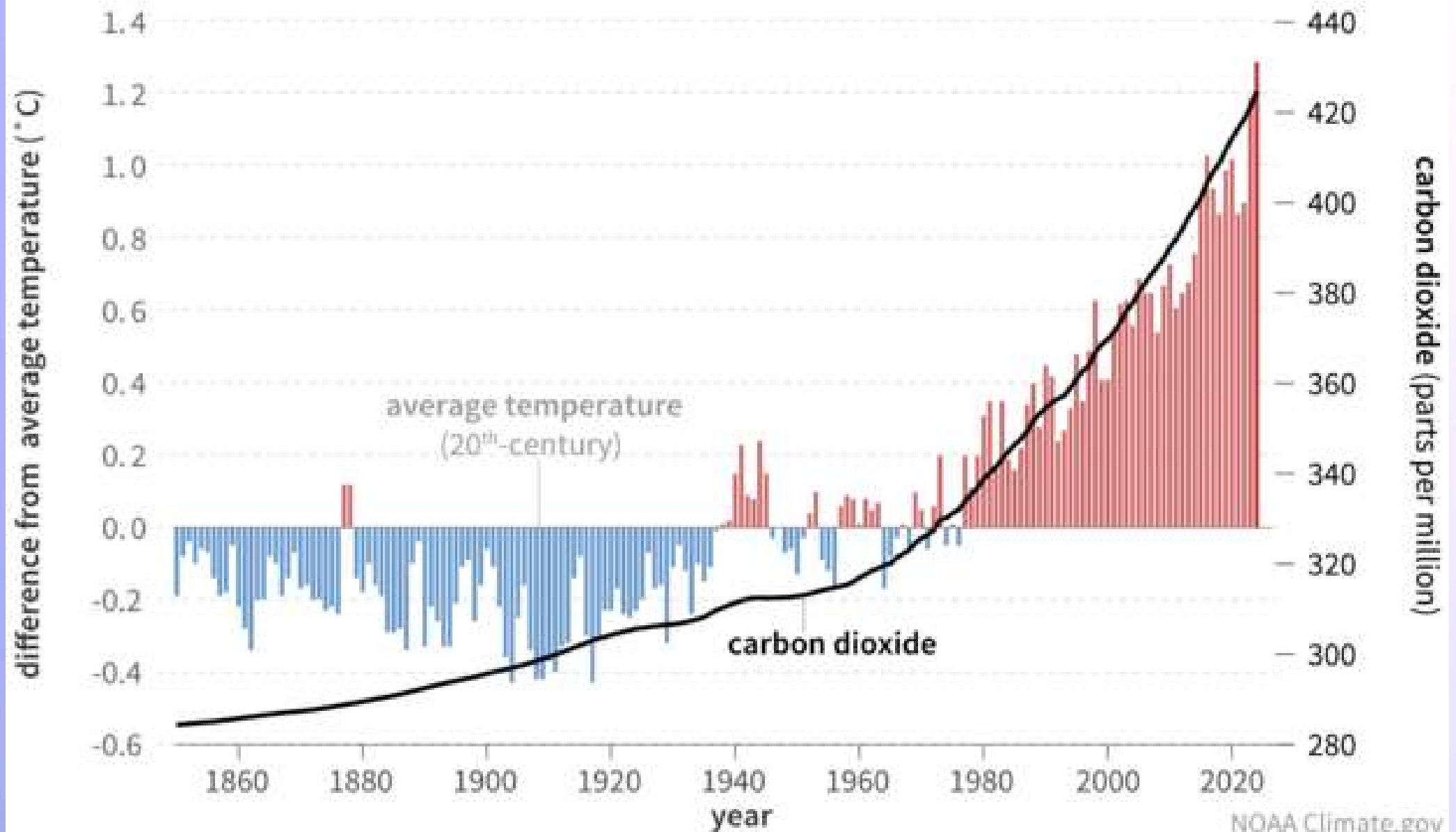
- Yenilenebilir enerji kullanımı (güneş, rüzgâr, biyogaz).
- Atıksu ve katı atık yönetiminde sera gazı salınımının azaltılması.
- Enerji verimliliği ve karbon ayak izinin küçültülmesi.

## Uyum:

- İklim dirençli altyapı (sel kontrol sistemleri, yeşil altyapı).
- Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi.
- Erken uyarı sistemleri ve afet risk yönetimi.



# Increases in atmospheric carbon dioxide and global temperature (1850-2024)

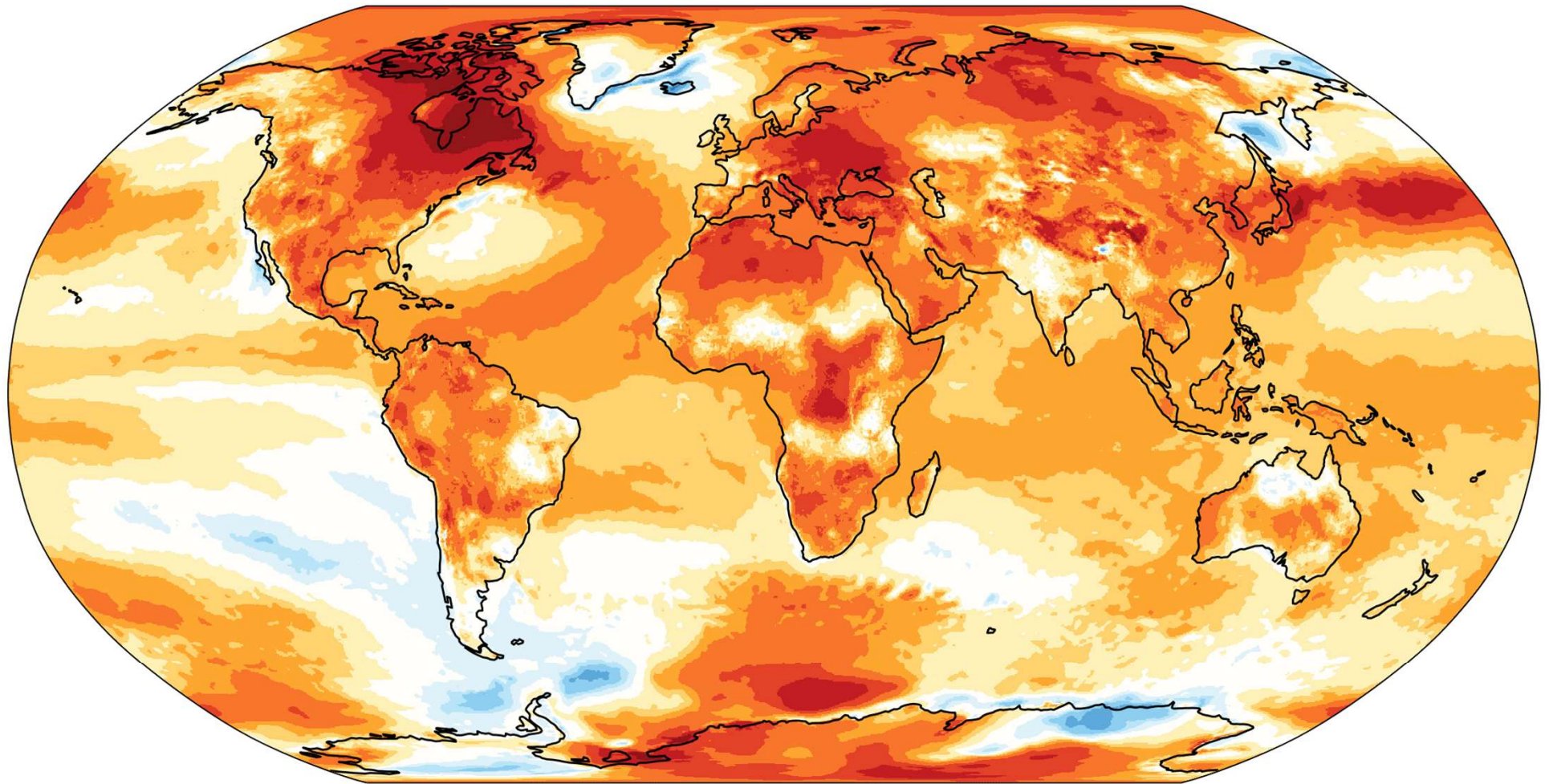


NOAA Climate.gov  
Data: NOAA, IAC



# Surface air temperature anomalies in 2024

Data: ERA5 • Reference period: 1991–2020 • Credit: C3S/ECMWF



Anomaly (°C)



## 1970'den 2020'ye ortalama deniz suyu sıcaklığı artışı:



Akdeniz: +1,2°C  
Ege: +0,9°C  
Marmara: +1,7°C  
Karadeniz: +1,2°C



## Karla örtülü ortalama gün sayısı:

1970: 18,5 gün  
2019: 17,6 gün



## Türkiye'de ortalama sıcaklık:

1970: 13,5°C  
2019: 14,4°C

## 10 cm toprak sıcaklığı:

1970: 16,1°C  
2019: 16,4°C



## Türkiye'nin sera gazı emisyonu:

1998: 280,2 milyon ton  
2008: 387,6 milyon ton  
2018: 520,9 milyon ton

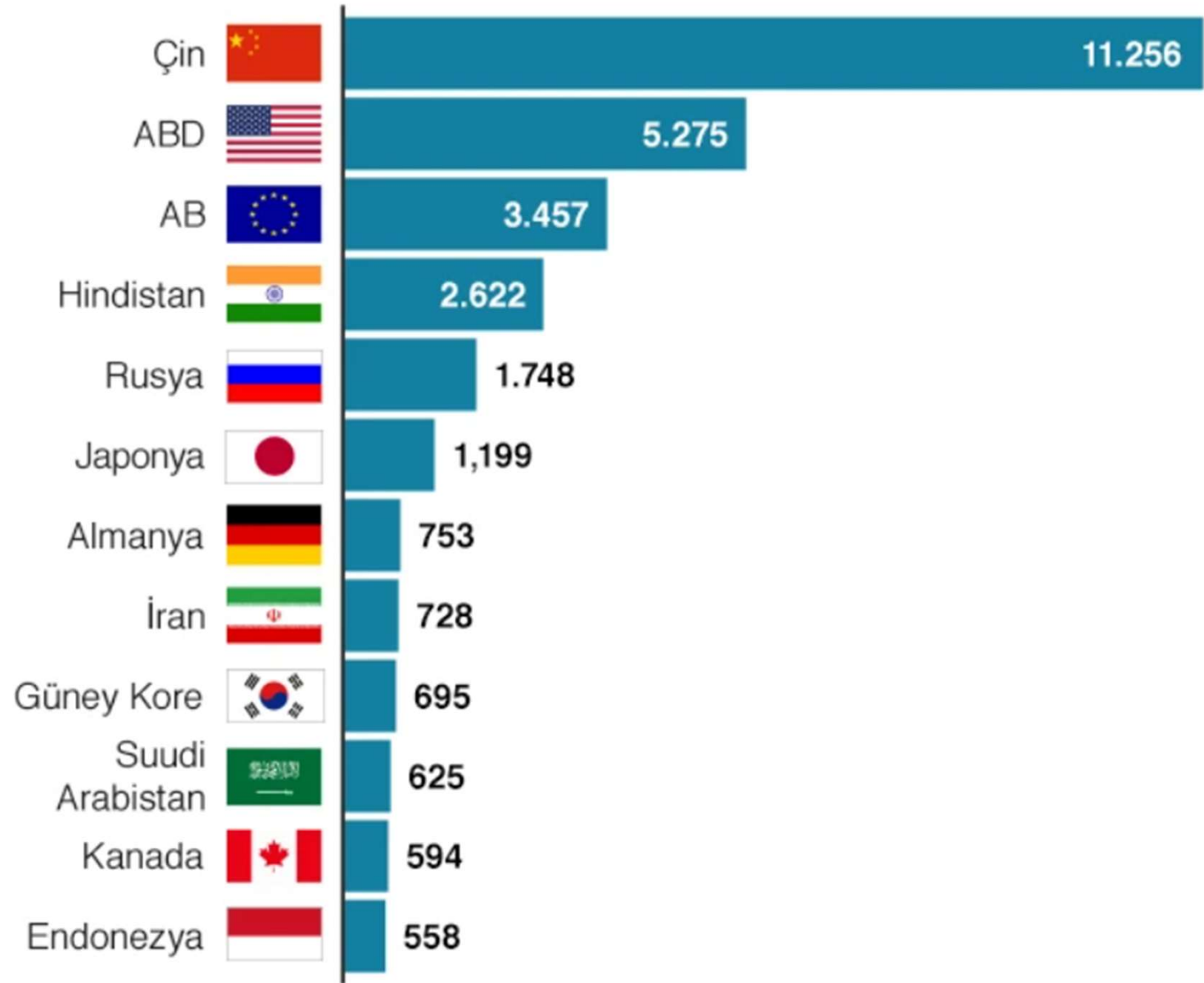
Kaynak: TÜİK / T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Meteoroloji Genel Müdürlüğü

# İklim değişikliğinin etkileri nelerdir?



# En fazla karbon salan ülkeler

Yıllık CO2 salımı (megaton)

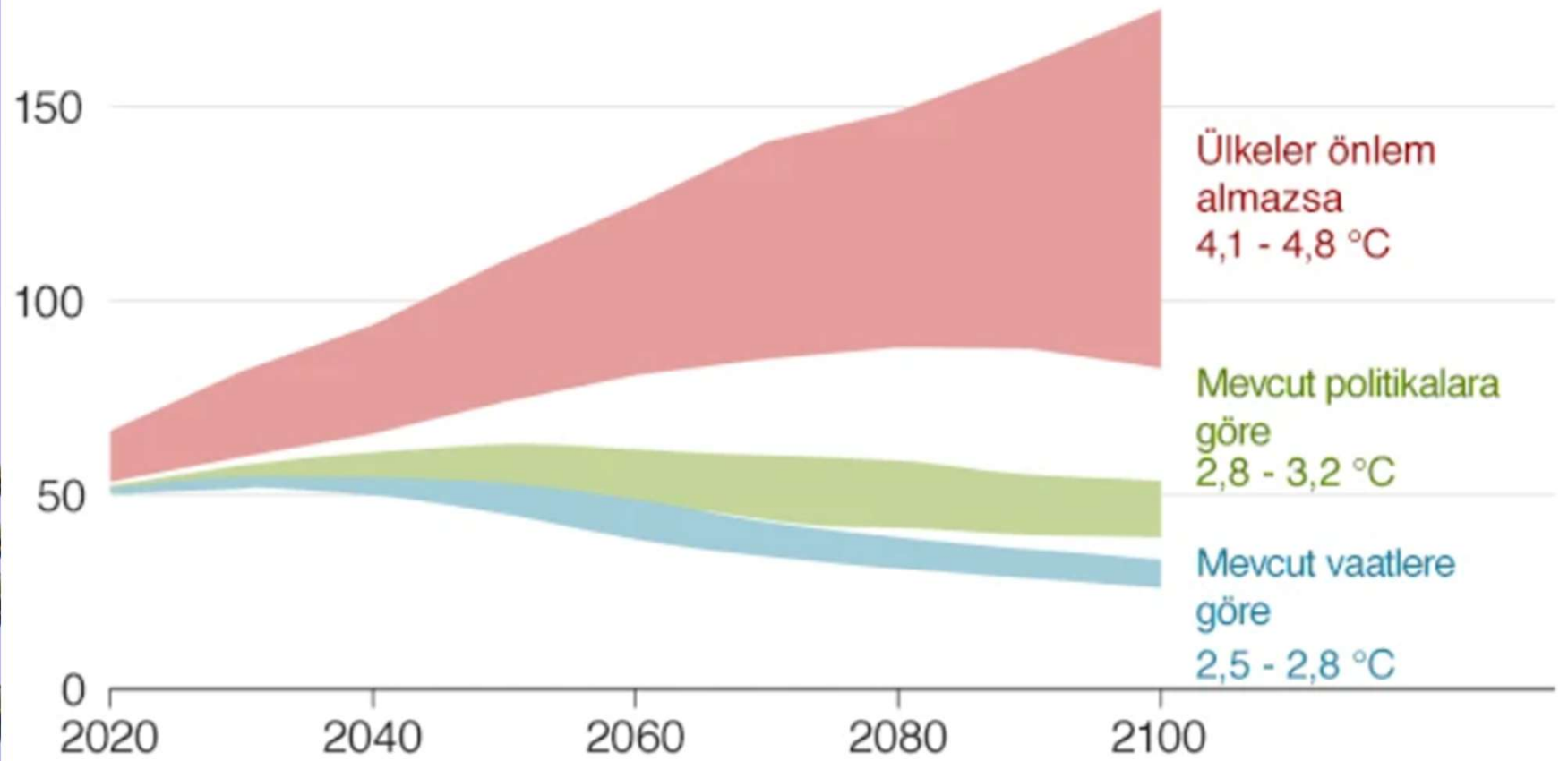


Not: Bir megaton 1 milyon tona eşittir

Kaynak: Avrupa Komisyonu, Küresel Atmosfer Araştırma için Salım Veritabanı, 2018 verisi

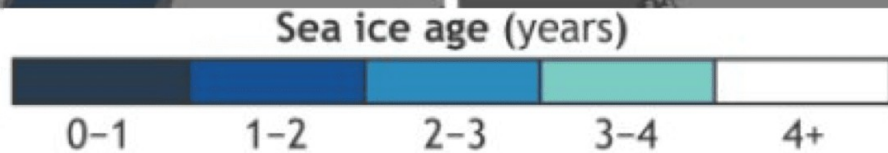
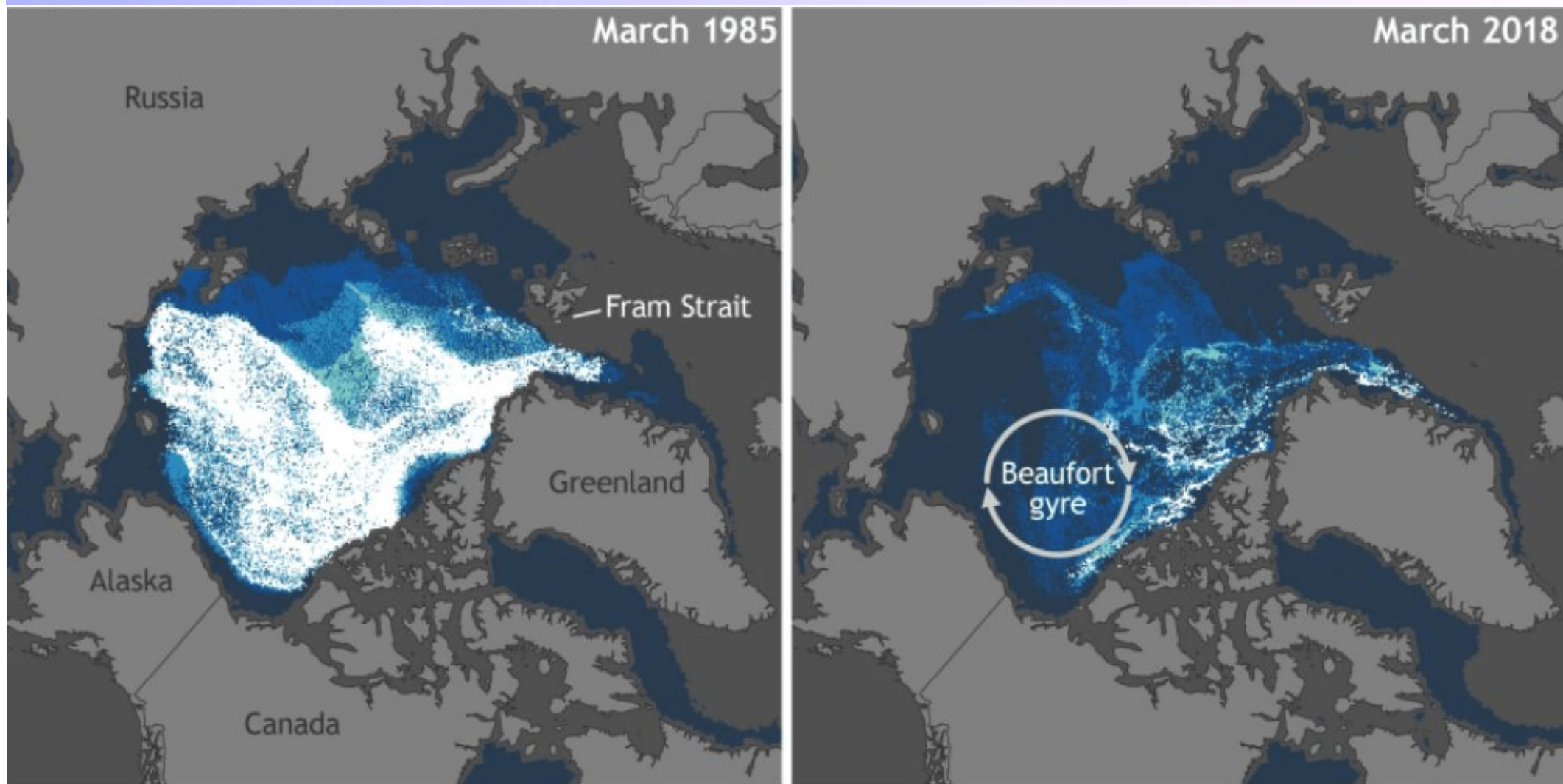
# Sorun ne kadar kötüleşecek?

2100'de beklenen salım\* ve ısınma



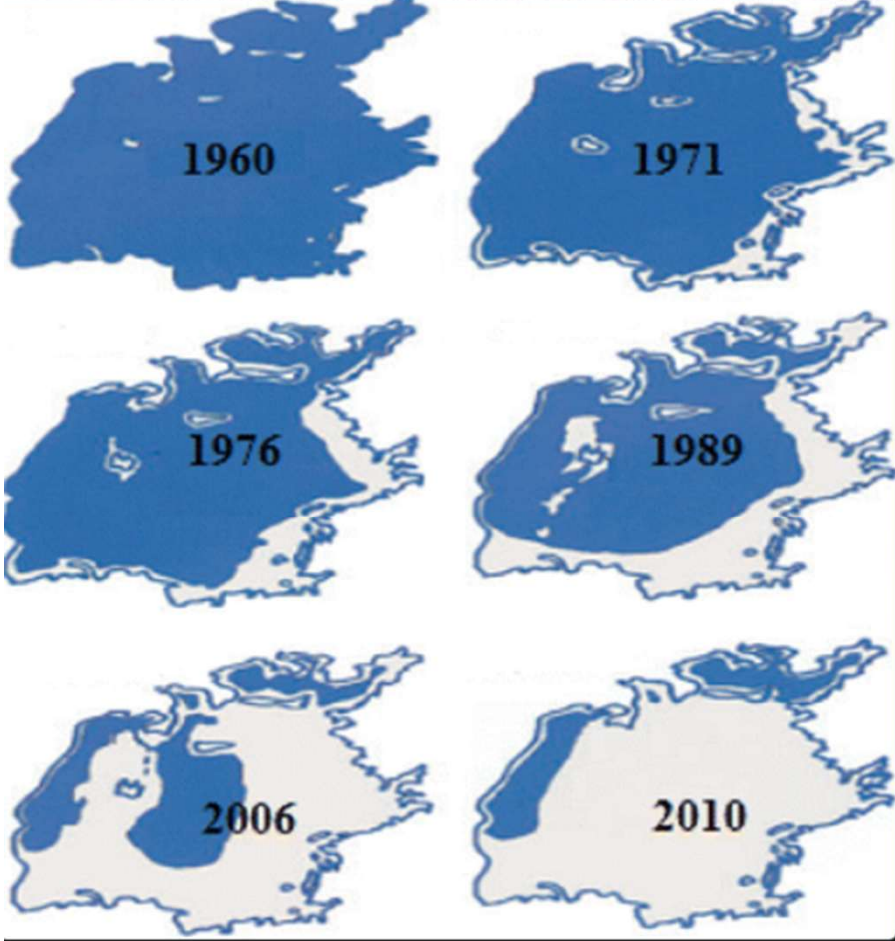
\*Salım gigaton CO2 cinsindedir

Kaynak: Climate Action Tracker



NOAA Climate.gov  
Data: ARC 2018





Birleşmiş milletler Kalkınma Programı'nın hazırladığı Aral Gölü su kaybı haritası

Türkiye son 60 yılda su kaynaklarının önemli bölümünü yitirdi

EĞİRDİR GÖLÜ



BURDUR GÖLÜ



# 240 GÖLÜN 186'SI TAMAMEN KURUDU

Varlığını sürdürebilen göllerin neredeyse tamamı 'ağır hasta' durumda Dr. Kesici durumu "Göl diye bir şey kalmadı memlekette" diye özetledi

SALDA GÖLÜ



YARIŞLI GÖLÜ



## GÖLLER BATAKLIĞA DÖNÜYOR

Kesici, "Burdur Gölü tehlikede. Yazır, Karaevli, Yarışlı kurudu. Salda kirlilik ve yoğun kullanım baskısı altında. Eğirdir tamamen bataklığa dönüşüyor" dedi.

TÜRKİYE Tabiatını Koruma Derneği Bilim Danışmanı Dr. Erol Kesici, son 60 yılda Türkiye'deki 240 gölden 186'sının tamamen kurduğuna, geriye kalanların da kuraklık ve kirlilik yaşadığına dikkat çekti. Kesici, "Sorunları oldukça ağır durumda, su seviyeleri, yüzey alanları, kirlilik, oksijensizlik, adeta tükenmiş durumdadır. Hakikaten göl diye bir şey kalmadı memlekette" dedi. Çözüm için öncelikle vahşi tarımsal sulamanın sona erdirilmesi gerektiğini belirten Kesici, "Türkiye'de şu an iyi denilebilecek, parmakla gösterebileceğimiz bir tane dahi gölümüz yok" diye konuştu.

# ÇEVRE NEDİR?

- İnsanların ve diğer canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamdır. Bir başka ifade ile çevre, bir organizmanın var olduğu ortam yada şartlardır.
- Hayatın sağlıklı sürdürülmesi, sağlıklı bir çevre ile mümkündür. Ancak sağlıklı bir çevre için, birbirine sıkı sıkıya bağlı ve etkileşim halinde olan doğal dengenin korunması gerekmektedir. Doğal sisteme, insan eliyle veya (volkanik patlamalar, seller, fırtınalar gibi) doğal müdahaleler içinde yaşadığımız çevrenin dengesini bozmaktadır.



# ÇEVRE KİRLENMESİ

Çevre kirlenmesine neden olan maddelere *ATIK MADDELER* denir.

Atık maddelerin bırakıldığı ortama *ALICI ORTAM* adı verilir.

Atık maddeleri aktiviteleri sonucu doğrudan veya dolaylı olarak çevre kirliliğine neden olan kuruluşa *KİRLETEN* adı verilir.

Ekolojistlere göre doğal hayatın dengesini bozan her türlü madde “*kirletici*” ve her türlü müdahale “*kirlenme*”dir.

Örneğin “bir su ortamında yaşayan canlı türlerinin toplu ölümüne ve bazı türlerin o bölgeyi terketmesine neden olan petrol kökenli maddeler” veya “bir su yatağındaki organizmalara kötü yönde tesir eden radyoaktif maddeler” kirleticidir.



# ÇEVRE KİRLENMESİ

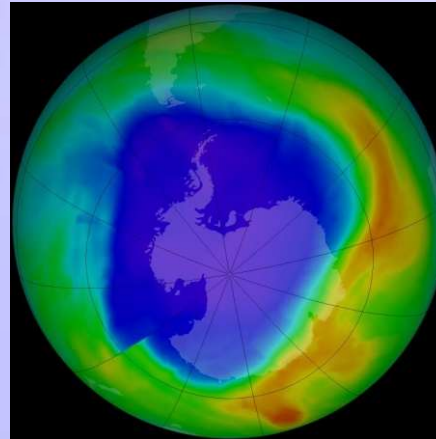
*Mühendisler için ise*, çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin; hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır. Veya “Çevre Kirliliği, ekosistemlerde doğal dengeyi bozan ve insanlardan kaynaklanan ekolojik zararlardır”.

İnsanların her türlü aktiviteleri sonucu havada, suda ve toprakta oluşan olumsuz gelişmeleriyle ekolojik dengenin bozulmasına neden olan ve aynı aktiviteler sonucu ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede oluşturduğu istenilmeyen sonuçlara “**ÇEVRE KİRLENMESİ**” adı verilir.



İnsanların çevre açısından karşı karşıya kaldığı başlıca problemler şöyle özetlenebilir:

- Hava, su ve topraklarımızın her geçen gün artan oranlarda kirlenmesi ve önemli bir kısmının kullanılamaz hale gelmesi,
- Özellikle Büyükşehir ve sanayi bölgelerinin çevre kirliliği sebebiyle yaşanamaz hale gelmesi,
- Ozon tabakasının delinmesi,
- Yerkürenin giderek ısınması,
- Kanser ve benzeri hastalıkların artması,
- Doğal kaynakların hızla tüketilmesi.



# ÇEVRE KİRLENMESİNİN KAYNAKLARI

İnsanlığın, çevresi ile olan ilişkisini üç evrede inceleyebiliriz.

**İlk evrede**, insan çevresini tanımaya çalışmış ve anlayamadığı doğal süreçlerden korkmuştur.

**İkinci evre**, ateşin icadı ile başlamış ve 19.YY'a kadar devam etmiştir. Bu evrede, insan doğal çevreyi istediği gibi değiştirmeye çalışmıştır. İnsanın çevreye yaptığı müdahale, çevre tarafından sönmülenebilecek seviyede kalmıştır.

**Üçüncü evre**, 20 YY.'ın başlarında sanayi devrimi ile başlayan ve günümüze kadar süregelen süreçtir. Bu dönemde meydana gelen hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme çevrenin çok hızlı kirlenmesine neden olmuştur. Bu kirlenme çevrenin kendini temizleme gücünü kat kat aşmıştır. Bu dönemde Çevre Mühendisleri, daha etkili önlemler alabilmek için çevre kirliliğini, su, hava, toprak, gürültü, ısı ve radyoaktif kirlilik gibi başlıklar altında incelemeye başlamışlardır.



# ÇEVRE KİRLENMESİNİN BAZI KAYNAKLARI

- 1- Göçler ve düzensiz şehirleşme,
- 2- Kişi başına kullanılan enerji, su, kağıt, kömür vb. artışı,
- 3- Ormanların tahribi, yangınlar ve erozyon,
- 4- Aşırı otlatma ve doğal bitki örtüsünün tahribi,
- 5- Konutlardaki ve işyerlerindeki ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği,
- 6- Motorlu araçlar ve deniz araçları,
- 7- Maden, kireç, taş ve kum ocakları,
- 8- Gübre ve zirai mücadele ilaçları,
- 9- Atmosferik olaylar ve doğal afetler,
- 10- Kanalizasyon sularının arıtılmaksızın alıcı ortamlara verilmesi ve sulamada kullanılması,
- 11- Katı atıklar ve çöp,
- 12- Sulak alanların ve göllerin kurutulması,
- 13- Arazilerin yanlış kullanımı ve plansız kentleşme,
- 14- Kaçak avlanma,
- 15- Televizyon, bilgisayar ve röntgen; tomografi vb; tıbbi cihazların yaygınlaşması ile meydana gelen radyasyon,
- 16- Endüstriyel ve kentsel kaynaklı gürültü.



# SU KALİTESİ

Dünyada sular alan (%70) ve kütle olarak fazla olmasına karşı insanın kullanabileceği tatlı su miktarı oldukça azdır. Yeryüzündeki su kaynaklarının % 97 denizlerin ve okyanusların tuzlu sularından oluşur. Su kaynaklarının % 3'ü kadarı tatlı sudur. Tatlı suların %68'inden fazlası buzullar ve buzul dağlarında bulunur. %31,4 ü yeraltı sularında % 0,3 ü ise yüzey sularıdır. Yüzey sularının da %87 si göllerde, % 11'i, % 2'si nehirlerde bulunmaktadır.

Su doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde (katı, sıvı ve gaz) halinde bulunmakta ve yer küremizde sürekli dönüp durmaktadır. Suyun doğada dönüp durduğu yolların tümüne birden “*Hidrolojik Çevrim*” denir.



Atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak Yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı (%60-75) zeminden ve su yüzeylerinden Buharlaştırma ve bitkilerden Terleme yolu ile denizlere erişmeden atmosfere geri döner. Bir kısmı ise bitkiler tarafından alı konulur (Tutma), bir kısmı zeminden süzülerek yeraltına geçer (Sızma). Geriye kalan su ise yerçekimi etkisiyle hareket ederek akarsulara ve onlar yoluyla denizlere ulaşır (Yüzeysel Akış). Yeraltına sızan su ise Yeraltı Akışı yoluyla sonunda yeryüzüne çıkarak yüzeysel akışa katılır. Denizlere ulaşan su da buharlaşarak atmosfere geri döner.



*Şekil. Hidrolojik çevrim*

# Su Kalitesi Ölçütleri

Bir çok su kalitesi parametresi olmasına rağmen, su kalitesinde kullanılan temel parametreler şunlardır;

- **Çözünmüş oksijen** akarsularda, göllerde ve diğer su ortamlarında su kalitesinin ana belirleyicisidir.
- **Oksijen ihtiyacı**, özellikle biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) testleriyle deşarj edilen atıksuyun kirlilik potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.
- Sular **askıda katı madde** (AKM) içerdiklerinde hoş gözükmezler. Çökelebilen katı maddeler, sucul ortamın dibine çökelerek çamur tabakası oluşumuna neden olur. Ayrıca çözünmüş katı maddeler sucun yaşama ve bu suyu içen insanlara zarar verebilirler.
- **Azot** ve **fosfor**, akarsu ve göllere su deşarjında kullanılan yararlı ve önemli parametrelerdir.
- Bulaşıcı hastalıklara neden olabilen **virüs** ve **bakterilerin** sularda bulunması, insan sağlığı açısından istenmez.



# Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen laboratuvarlarda titrimetrik olarak ölçülebileceği gibi, arazide oksijen metre kullanılarak da ölçülebilir.



Solubility of Oxygen in mg/l in Water Exposed to Water-Saturated Air at 760 mm Hg Pressure.

Salinity = Measure of quantity of dissolved salts in water.

Chlorinity = Measure of chloride content, by mass, of water.

$$S(^{\circ}/_{\infty}) = 1.80655 \times \text{Chlorinity } (^{\circ}/_{\infty})$$

Temp °C	Chlorinity:0 Salinity:0	5.0 ppt 9.0 ppt	10.0 ppt 18.1 ppt	15.0 ppt 27.1 ppt	20.0 ppt 36.1 ppt	25.0 ppt 45.2 ppt
0.0	14.62	13.73	12.89	12.10	11.36	10.66
1.0	14.22	13.36	12.55	11.78	11.07	10.39
2.0	13.83	13.00	12.22	11.48	10.79	10.14
3.0	13.46	12.66	11.91	11.20	10.53	9.90
4.0	13.11	12.34	11.61	10.92	10.27	9.66
5.0	12.77	12.02	11.32	10.66	10.03	9.44
6.0	12.45	11.73	11.05	10.40	9.80	9.23
7.0	12.14	11.44	10.78	10.16	9.58	9.02
8.0	11.84	11.17	10.53	9.93	9.36	8.83
9.0	11.56	10.91	10.29	9.71	9.16	8.64
10.0	11.29	10.66	10.06	9.49	8.96	8.45
11.0	11.03	10.42	9.84	9.29	8.77	8.28
12.0	10.78	10.18	9.62	9.09	8.59	8.11
13.0	10.54	9.96	9.42	8.90	8.41	7.95
14.0	10.31	9.75	9.22	8.72	8.24	7.79
15.0	10.08	9.54	9.03	8.54	8.08	7.64
16.0	9.87	9.34	8.84	8.37	7.92	7.50
17.0	9.67	9.15	8.67	8.21	7.77	7.36
18.0	9.47	8.97	8.50	8.05	7.62	7.22
19.0	9.28	8.79	8.33	7.90	7.48	7.09
20.0	9.09	8.62	8.17	7.75	7.35	6.96
21.0	8.92	8.46	8.02	7.61	7.21	6.84
22.0	8.74	8.30	7.87	7.47	7.09	6.72
23.0	8.58	8.14	7.73	7.34	6.96	6.61



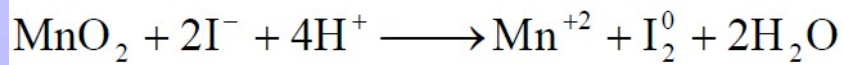
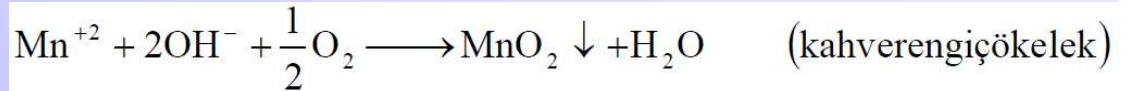
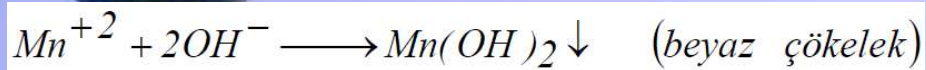
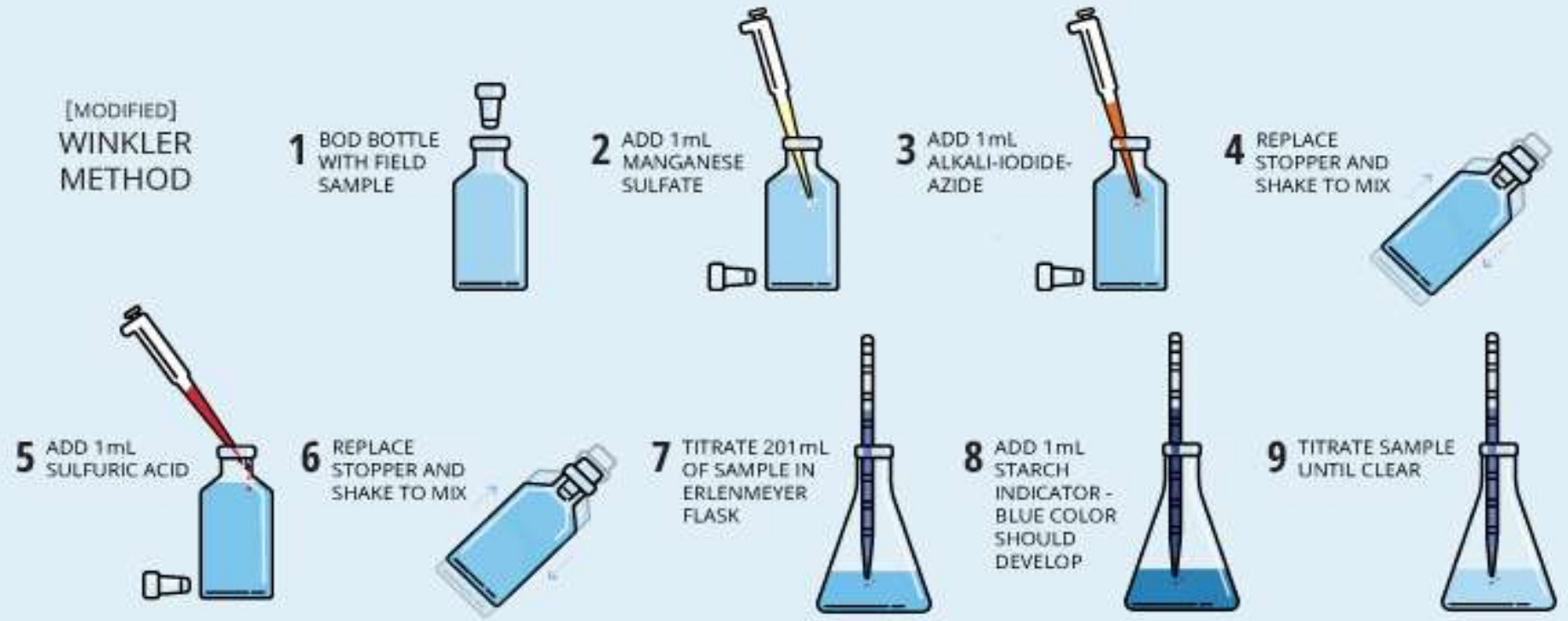
Doğal sular ve atıksulardaki çözünmüş oksijen (ÇO) seviyeleri su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal aktivitelere bağlıdır. Çözünmüş oksijen analizi, su kirlenmesi kontrol faaliyetlerinde ve atıksu arıtma tesislerinin kontrolünde uygulanmaktadır. Çözünmüş oksijen tayininde genelde iki metot yaygın olarak kullanılır:

- a) Winkler veya iyodometrik metot ve onun modifikasyonları,
- b) Membran elektrotları kullanan elektrometrik metot

Winkler (İyodometrik) metodu çözünmüş oksijenin oksitleme özelliğine dayanan titrimetrik bir işlemdir. Buna karşılık membran elektrot metodu moleküler oksijenin membrana karşı difüzyon hızına dayanan bir yöntemdir. Metot seçimi istenen hassasiyet derecesine, mevcut girişimlere ve laboratuvar imkanlarına göre yapılır.



[MODIFIED]  
WINKLER  
METHOD



$$\text{Çözünmüş Oksijen (mg/L)} = \frac{A.N.8.1000}{(ml)numune}$$



## *Teorik Oksijen İhtiyacı (TeOİ)*

Sudaki tüm organik maddelerin tamamen ayrıştığı kabul edilerek, ayrışan maddenin kimyasal formülü ile birlikte stokiyometrik reaksiyonunu bilmek önemlidir. Suda karbon ve hidrojen içeren hidrokarbonlar varsa, ayrışma ürünleri CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O olacaktır. Eğer karbon, hidrojen ve azot içeren aminler var ise, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve NH<sub>3</sub> olacaktır. Kimyasal reaksiyon biliniyorsa ve bu reaksiyon dengede ise, TeOİ aşağıdaki gibi hesaplanır

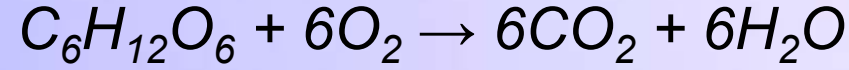
$$\text{TeOİ} = \text{C} - \text{TeOİ} + \text{N} - \text{TeOİ}$$

Burada C - TeOİ karbonlu organik maddelerin ayrışmasına ve N - TeOİ ise azotlu maddelerin kararlı ürünlere (NH<sub>3</sub>'ten NO<sub>3</sub>'e) dönüşmesine bağlıdır.

TeOİ, içeriğini tamamen bildiğimiz bir endüstriyel atıksu için fikir verebilir. Ancak genelde atıksu içeriğini tamamen bilemeyiz. Evsel atıksular ve endüstriyel atıksular için içeriğini tam olarak bilmek mümkün değildir. Bu nedenle bu parametreyi genellikle kullanılmaz.



**Örnek:**  $1,67 \cdot 10^{-3}$  molar glikoz ( $C_6H_{12}O_6$ ) çözeltisini tümüyle ayrıştırmak için gerekli olan teorik oksijen ihtiyacını mg/L cinsinden hesaplayınız?

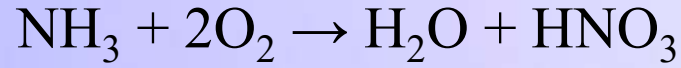
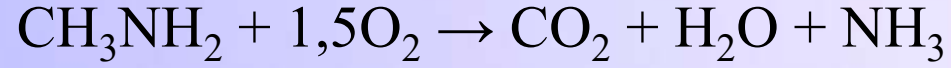


Molar birimi, 1 litre çözeltideki mol sayısını ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, her bir mol glikozun ayrışması için 6 mol oksijen gereklidir.

$$(1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol glikoz/L}) * (6 \text{ mol } O_2/\text{mol glikoz}) * (32 \text{ g } O_2/\text{mol } O_2) * (1000 \text{ mg/g}) = 321 \text{ mg } O_2/\text{L}$$



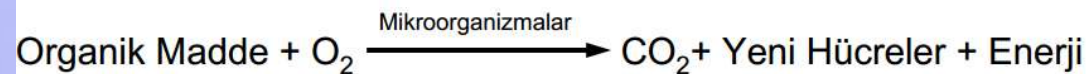
**Örnek:** 300 mg/L metilamin ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) çözeltisinin tamamen ayrışması için gerekli olan teorik oksijen ihtiyacını mg/L olarak hesaplayınız. (Sonuç = 364 mg/L)



# *Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)*

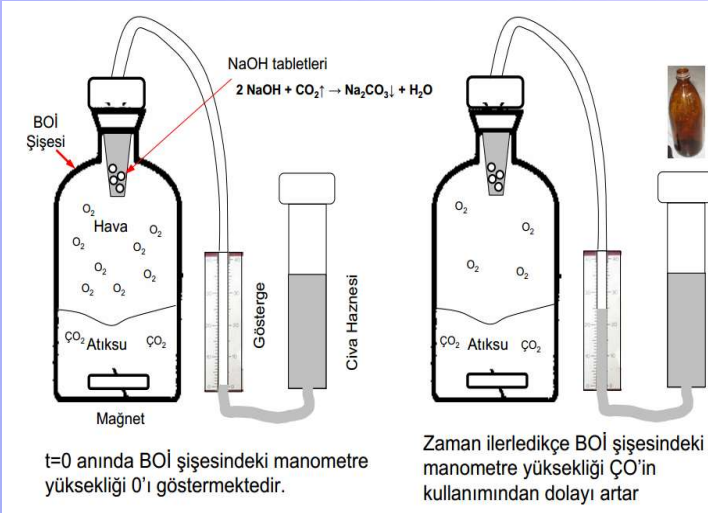
İçerisinde bakteri bulunan evsel veya endüstriyel atıksulara oksijen verildiği takdirde, bakteriler aracılığı ile, kararsız (çürüeyebilen) maddeler aerobik parçalanmaya uğrar. Bu ayrışma sırasında bir miktar oksijen sarf edilir. Çürüeyebilen maddeler kararlı hale dönüşürler. Organik maddelerin aerobik şartlarda kararsız halden kararlı hale gelmeleri için bakteriler tarafından kullanılan oksijen miktarına, “*biyokimyasal oksijen ihtiyacı*” denir ve kısaca BOİ şeklinde gösterilir. BOİ, atıksudaki organik maddelerin aerobik şartlar altında oksidasyonu ve minerilazasyonu stabilizasyonu için bakteriler tarafından sarf edilen oksijen miktarıdır.

Organik maddeler bakteriler için besin maddesidir. BOİ parametresi, kanalizasyon ve içinde toksik maddeler bulunmayan endüstri atıklarının kirletebilme derecesini, gerekli oksijen miktarı cinsinden tayinde kullanılır.



BOİ deneylerinde meydana gelen reaksiyonlar, biyolojik faaliyetlerin sonucudur. Reaksiyon hızı, sıcaklık ve suyun kirliliğine bağlıdır. Deneyde yaşayan organizmalar, organik maddelerin su ve karbon dioksite oksidasyonu için görev yaparlar. Deney sırasında oksijen miktarının tükenmemesi gereklidir. 20 °C'de oksijen sudaki çözünebilir miktarı 9,0 mg/L'dir. Bu nedenle, kirli suların istenen düzeye kadar seyreltilmesi gereklidir. Ortamın bu süre esnasında bakterilerin faaliyetini engellemeyecek şekilde uygun olması gereklidir. Ortamda zehirli maddeler bulunmamalıdır. Ayrıca gerekli yiyecek maddesi ve bakterilerin büyümesi için azot, fosfor gibi belirli elementlerin bulunması gereklidir. Teorik olarak tam bir biyolojik oksidasyon için çok uzun zaman gerekir. Pratikte reaksiyonun 20 günde tamamlandığı kabul edilir. Ancak tecrübeler, biyolojik oksijen ihtiyacının büyük bir kısmının ilk 5 günde sarf edildiğini göstermiştir. Kullanma suları ve birçok endüstri artık sularında 5 günlük BOİ'nin, toplam BOİ'nin %70'i veya %80'i oranında olduğu bulunmuştur. Bu durum ortamdaki organik madde miktarı ve asının (ayrışmayı sağlayacak mikroorganizmalar) kalitesi ile ilgilidir.





standart BOİ deneyinde aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

1. Zehirli maddeler bulunmamalıdır.
2. Uygun pH ve ozmotik koşullar sağlanmalıdır. Bunun için ortama, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum tuzları eklenmektedir. Gerekteğinde nötralizasyon yapılmalıdır.
3. Tamamlayıcı besleyici elementler bulunmalıdır. Bunun için ortama ayrıca, azot, fosfor, demir ve kükürt bileşikleri eklenmektedir. Böylece biyodeneş süresince mikroorganizmaların gelişmesinde tek kısıtlayıcının organik karbon olması sağlanır.
4. Karanlık ve 20°C sabit sıcaklık koşulları sağlanmalıdır.
5. Değişik türlerden yeterli miktarda mikroorganizma bulunmalıdır. Evsel atıksularda veya dezenfeksiyon yapılmamış biyolojik arıtma çıkış sularında mikroorganizmalar yeterli miktar ve çeşitlilikte bulunmaktadır. Ancak bazı numuneler, örneğin bazı arıtılmamış endüstriyel atıksular, dezenfeksiyon yapılmış, yüksek sıcaklıkta veya ekstrem pH değerlerine sahip atıksular gibi, yeterli miktar ve çeşitlilikte mikroorganizma içermeyebilmektedir. Bu durumda, numunenin alındığı atıksu arıtma tesisinin biyolojik arıtma sistemi çıkış atıksuyu veya bir miktar taze lağım suyu kullanılabilir. Bu işleme aşılama denir.
6. Seyreltme gereklidir. Seyreltme, örnekteki oksijen miktarının organik maddelere yetmesi sağlanacak şekilde yapılır. Deney sonunda örnekteki organik maddeler oksijenin tamamını tüketmemelidir. **Sonuçtaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu en az 1 mg/l olmalıdır.**
7. Deney sonuçlarının nitrifikasyondan etkilenmesi engellenmelidir. Uygun koşullarda, karbonlu organik maddelerin yanı sıra azotlu maddeler ve besin olarak eklenen amonyak azotu biyolojik süreçlerle yükseltgenerek çözünmüş oksijen tüketir. Bunun önlenmesi için inhibitör kullanılır.



**Aşılama yapmaya gerek yoksa uygulanacak işlem**

Gerekli besi elementleri (N, P, K, Fe, vb) ve diğer maddeler

Cam kap (20 L)

Distile su

Hava taşı

Aşılanmamış seyreltme suyu

Hava

Seyreltme suyu (300-V<sub>s</sub>)

Yeterince bakteri içeren ve organik madde barındıran V<sub>s</sub> hacminde atıksu numunesi (Numune hacmi tahmini BOİ değerine göre seçilir.)

Cam kapaklı BOİ şişesi (300 mL hacminde)

Aşılanmamış seyreltme suyu ve test numunesi ile tamamen dolu BOİ şişesi

**Aşılama yapmaya gerek duyulursa uygulanacak işlem**

Gerekli besi elementleri ve diğer maddeler

Bakteri (Aşı)

Hava

Distile su

Aşılanmış seyreltme suyu

Seyreltme suyu (300 mL)

Seyreltme suyu (300-V<sub>s</sub>)

Hiç bakteri içermeyen veya çok az sayıda bakterisi olan, V<sub>s</sub> hacminde atıksu numunesi

Sadece aşılanmamış seyreltme suyu ile tamamen dolu BOİ şişesi (Aşılanmış kör)

Aşılanmış seyreltme suyu ve test numunesi ile tamamen dolu BOİ şişesi



## *BOİ değerinin hesaplanması,*

*Aşılama yapılmadıysa,*

$$BOİ = \frac{\frac{\text{ÇO}_1 - \text{ÇO}_2}{\text{Numune Hacmi (mL)}}}{\text{BOİ Şisesi Hacmi (300 mL)}}$$

*Aşılama yapıldıysa,*

$$BOİ = \frac{\frac{(\text{ÇO}_1 - \text{ÇO}_2) - (B_1 - B_2) \cdot f}{\text{Numune Hacmi (mL)}}}{\text{BOİ Şisesi Hacmi (300 mL)}}$$

*Aşı miktarı, numunenin tahmini BOİ değerine göre belirlenir:*

Beklenen BOİ Değeri Aralığı (mg/L)	300 mL'lik BOİ Şişesine konulacak numune Miktarı, V <sub>s</sub> (mL)
3000-10500	0,2
1200-4200	0,5
600-2100	1,0
300-1050	2,0
120-420	5,0
60-210	10,0
30-105	20,0
12-42	50,0
6-21	100,0
0-7	300,0

**Örnek:** 15 mL'lik bir örnek 300 ml'lik BOİ şişesine konulduğunda ilk ÇO değeri 10 mg/L olmaktadır. 5. gün sonra 2 mg/L ÇO ölçüldüğüne göre atıksuyun BOİ<sub>5</sub>'i nedir?

$$\text{BOİ}_5 = \frac{10 - 2}{15} = 160 \text{ mg/L}$$

300mL

**Örnek:** 15 mL'lik bir örnek 300 ml'lik BOİ şişesine konulduğunda ilk ÇO değeri 8.8 mg/L olmaktadır. 5. gün sonra 1.9 mg/L ÇO ölçülmüştür. Aşılınmış seyreltme suyunun ilk ve son ÇO değerleri ise sırasıyla B1=9.1 ve B2=7.9 mg/L olduğuna göre atıksuyun BOİ<sub>5</sub>'i nedir?

$$f = [(300 - 15) / 300] = 0.95$$

$$\text{BOİ}_5 = \frac{(8.8 - 1.9) - (9.1 - 7.9) \cdot 0.95}{15} = 115.2 \text{ mg/L}$$

300mL

**Örnek:** 15'er mL'lik üç farklı örnek 300 ml'lik BOİ şişelerine konulduğunda ilk ve 5. günkü ÇO değerleri aşağıda verilmiştir. Bu göre BOİ<sub>5</sub> değerlerini hesaplayınız?

I. 8 mg/l

5 mg/l

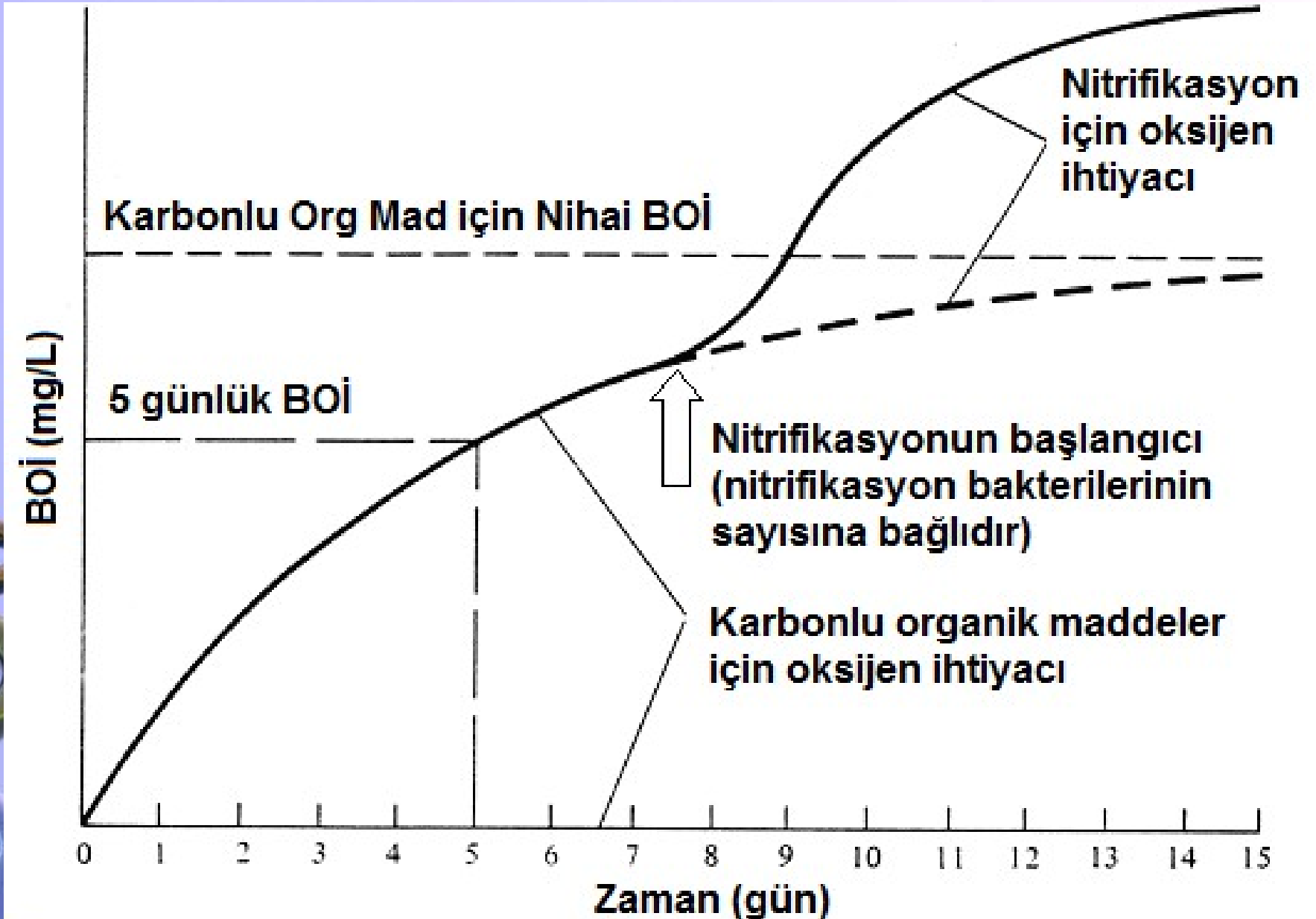
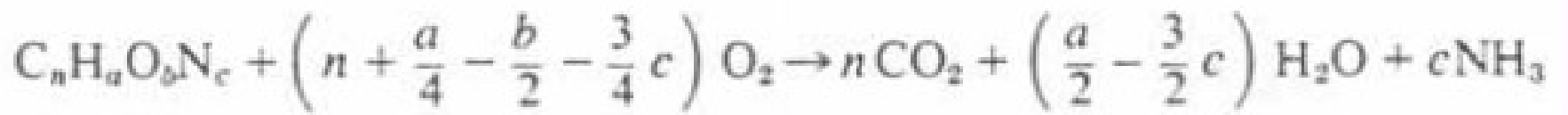
II. 7,5 mg/l

7 mg/l

III. 7,7 mg/l

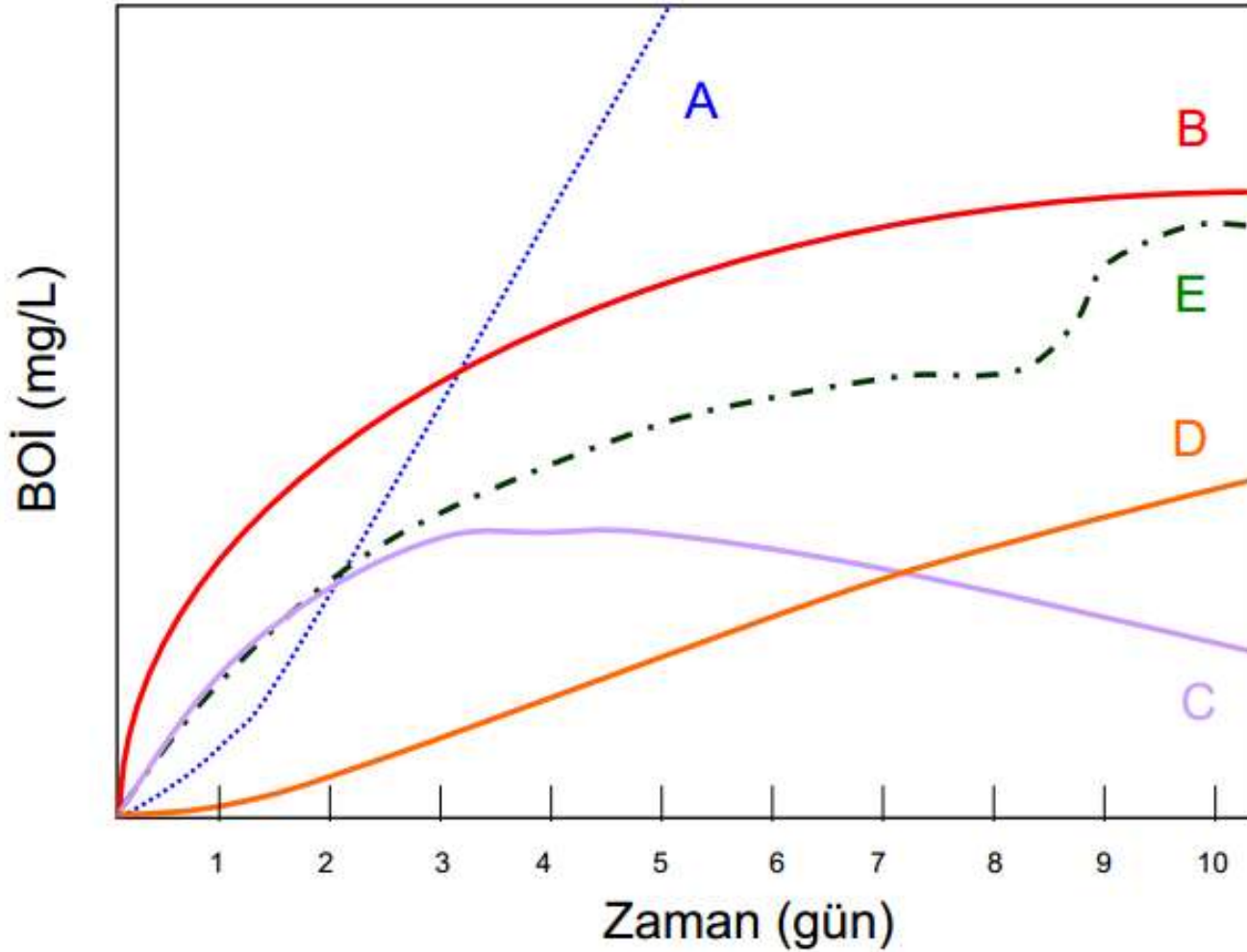
0,5 mg/l





**Şekil.** Zamana bağlı BOİ eğrisi.

# BOİ grafiklerine ait bazı örnekler



**A** BOİ'nin değeri çok yüksek. Şişedeki oksijen miktarı yetersiz. Numune seyreltilmeli veya başka bir aralık seçilmeli

**B** Normal bir BOİ'nin eğrisi

**C** Sistem BOİ'nin hesaplanması için herhangi bir uygun sonuç vermemektedir. Muhtemel nedenler; yetersiz aşılama, kapakta sızıntı, yetersiz NaOH tableti.

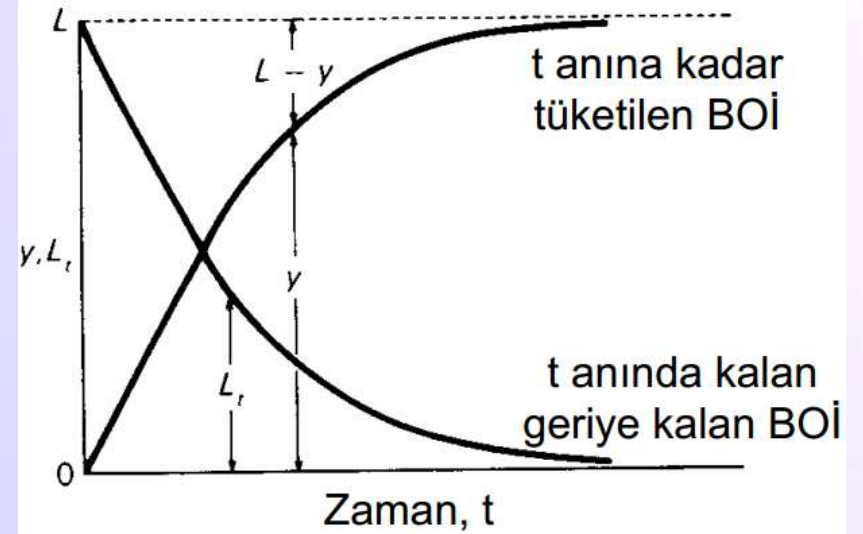
**D** Bakteriler ortama uyum gösterememiş veya yeterince aşılama yapılmamıştır.

**E** İstenmeyen prosesler gelişmiş. Nitrifikasyon meydana gelmiş.

# BOİ'nin Kinetiği

BOİ deneyi 1. derece kinetik ile tarif edilmektedir.

$$\frac{dL}{L} = -k_1 dt$$
$$\int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = -k_1 \int_0^t dt$$
$$L = L_0 e^{-k_1 \cdot t}$$



Herhangi bir t anına kadar mikroorganizmaların tükettiği oksijen miktarı veya oksijen cinsinden organik madde konsantrasyonu, y ise;

$$y = L_0 - L = L_0 - L_0 e^{-k_1 \cdot t}$$

$$y = L_0 \cdot (1 - e^{-k_1 \cdot t})$$

Genellikle  $k = 0,23 \text{ gün}^{-1}$  kabul edilir.



**Örnek:** 20 °C'de yapılan bir deneyde 5 günlük BOİ değeri  $BOİ_5=y=200$  mg/l olarak bulunan bir atıksuyun 1 günlük ( $BOİ_1$ ) ve nihai BOİ ( $L_o$ ) değerini hesaplayınız. ( $k_1=0.23$  gün<sup>-1</sup>)

$$BOİ_1 = BOİ_n (1 - e^{-k_1 \cdot 1})$$

$$BOİ_1 = 293 \cdot (1 - e^{-0.23 \cdot 1})$$

$$BOİ_1 = 60.1 \text{ mg / L}$$

$$y = L_o \cdot (1 - e^{-k_1 \cdot t})$$

$$y = BOİ_5 = BOİ_n (1 - e^{-k_1 \cdot t})$$

$$200 = BOİ_n (1 - e^{-0.23 \cdot 5})$$

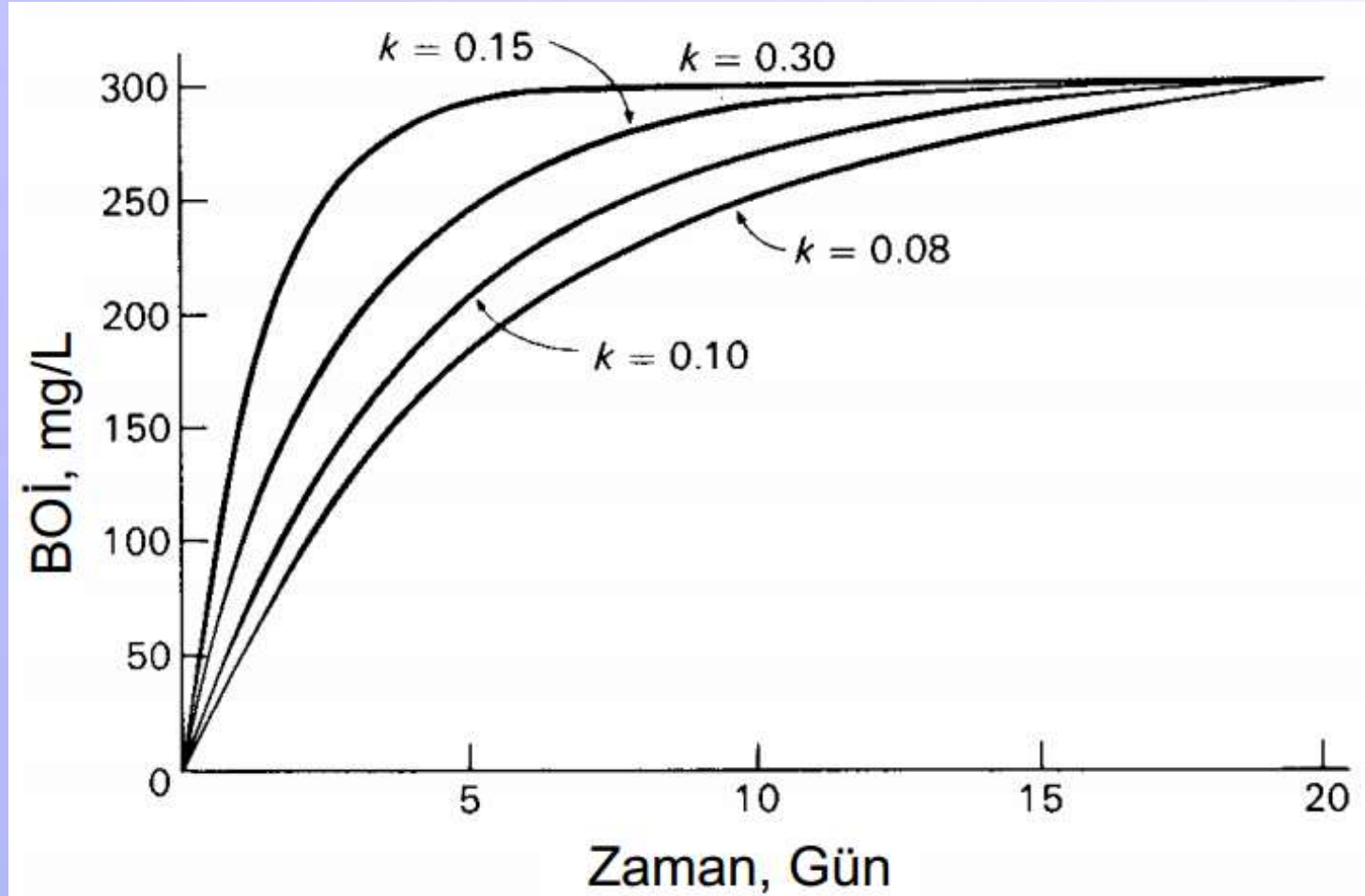
$$BOİ_n = 293 \text{ mg / L}$$



## **k (hız sabiti)'ne etki eden faktörler:**

Sıcaklık, ışık, m/o miktarı, atıksuyun bileşimi, toksik maddelerin varlığı.

## **k (hız sabiti)'nin etkisi:**



## *Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)*

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) sudaki yükseltgenebilir maddelerin kimyasal yolla oksitlenmeleri için gerekli oksijen miktarıdır. Evsel ve endüstriyel atıksuların (özellikle endüstriyel) kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri kimyasal oksijen ihtiyacıdır. BOİ'den farklı olarak organik maddenin biyokimyasal reaksiyonlarla değil redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır. Oksidasyon ortamında karbonlu organik maddeler karbondioksit ve su; azotlu organik maddeler ise amonyak haline dönüşür. Elektron transferinin olmadığı reaksiyonlara giren maddelerin KOİ' sinden söz edilemez. KOİ' nin BOİ'ye en önemli üstünlüğü kısa sürede yürütülüp, sonuçlandırılmasıdır. BOİ'nin en az 5 gün sürmesine karşın KOİ'yi 2 saatte belirleyip değerlendirmek mümkündür.

Bir suya ait KOİ tayini sonucu, BOİ'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerdiğinden, KOİ her zaman BOİ'den büyük elde edilir. KOİ, nehir ve endüstriyel atıkların incelenmesi çalışmalarında önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Atıkların toksik madde içermemesi ve sadece kolaylıkla ayrışabilecek organik maddeleri içermesi halinde bulunan KOİ değeri, yaklaşık olarak nihai BOİ (karbonlu) değerine eşit çıkar.



BOİ'den farklı olarak deneyde harcanan oksijen kimyasal reaksiyonlar tarafından ortaya çıkarılır. Reaksiyon kuvvetli, yükseltgen bileşiklerin, asit ortamda, organikleri karbondioksit ve su gibi son ürünlere kadar oksitleyebilme özelliklerine dayandırılır. Genellikle kullanılan yükseltgen madde, potasyum di kromattır. Potasyum di kromattaki ( $K_2Cr_2O_7$ ) +6 değerli krom, +3 değerli krom haline indirgenirken organik maddedeki karbon, karbondioksit haline oksitlenir.



$$c = 2/3 n + a/6 - b/3$$

$$\text{Glikoz örneğinde } c: 4 + 2 - 2 = 4$$

Bu deney, biyolojik hayat için zehirli maddeleri içeren ev ve endüstri orjinli artık suların organik madde konsantrasyonunun ölçülmesi için uygundur. Kimyasal olarak oksitlenebilecek bileşikler, biyolojik olarak oksitlenebileceklerden daha fazla olduğundan bir atık maddenin KOİ'si, BOİ' sinden genel olarak daha büyüktür. Birçok kullanılmış su numunelerinde BOİ ve KOİ arasında korelasyon kurmak mümkündür.



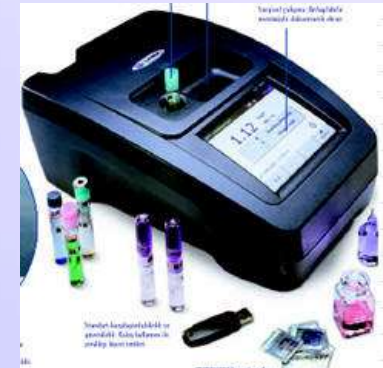
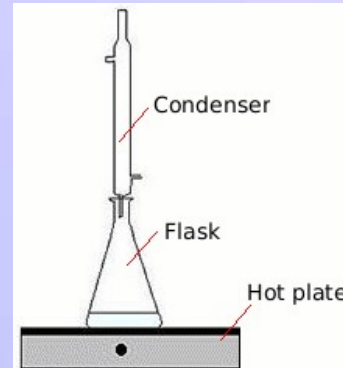
- 2,5 ml numune kültür tüpüne dökülür ve üzerine 1,5 ml parçalama çözeltisi eklenir.( tüplerin boyutu ve numune miktarına göre eklenecek parçalama çözeltisi miktarı tablo1 'de verilmiştir.

Tablo1 tüplerin boyutu ve numune miktarına göre eklenecek parçalama çözeltisi miktarı

Tüp boyutu	Örnek hacmi(ml)	Parçalama çözeltisi hacmi(ml)	Sülfirik çözeltisi(ml)	asit	Toplam hacim
16x100mm	2,5	1,5	3,5		7,5
20x150mm	5	3	7		15
25x150mm	10	6	14		30
standart 10ml'lik ampüller	2,5	1,5	3,5		7,5

- Sülfirik asit reaktifi dikkatlice tüp içerisine dökülür.
- Tüpler sıkıca kapatılır ve karışması için birkaç defa tersyüz edilir.
- Tüpler parçalayıcıya yerleştirilerek 2saat boyunca beklenir.
- Tüpler oda sıcaklığına kadar soğutulur .
- 1-2 damla fenolfitalein belirteci eklenir ve 0,1 M standart demir amonyum sülfat (DAS) çözeltisi ile mavi-yeşil renkten kırmızı renge kadar titre edilir.
- Örnekler dışında bir erlene de 20 ml damıtık su ve çözeltiler konularak şahit hazırlanır ve yukarıdaki bütün işlemlerden geçirilir.
- DAS ayarı, bir erlene 10 ml standart bikromat çözeltisi konur, distile su ile 100 ml'ye seyreltilir. Erlen çalkalanarak azar azar 30 ml derişik sülfirik(gümüşlü sülfirik asit değil) asit eklenir, soğutulur.

Ferroun belirtecine karşı standart DAS çözeltisi titre edilir.



$$\text{Molarite}(M) = \frac{\text{ml}0,0167\text{MK}2\text{Cr}2\text{O}7\text{miktarı}}{\text{demiramonyumsülfat sarfiyatı(ml)}} \times 0,1$$

$$\text{KOİ}(mg/l) = \frac{(A - B) \cdot M \cdot 8000}{\text{Vörnek}}$$

Burada,

A: Şahidin demir amonyum sülfat sarfiyatı, ml

B: Numunenin demir amonyum sülfat sarfiyatı, ml

N: DAS normalitesi

**Örnek:** Bir evsel atıksu numunesi için,  $A = 7,8$  ml,  $B = 6$  ml ve örnek hacmi de  $2,5$  ml ise KOİ değerini hesaplayınız ? DAS çözeltisinin normalitesi  $0,1$ 'dir.

$$\text{KOİ} = \frac{(7,8 - 6) \cdot 0,1 \cdot 8000}{2,5} = 576 \text{ mg/L}$$



# Katı Maddeler

Toplam Katı Madde (TKM), su veya pis su numunesinin buharlaştırılarak suyunun uçurulması ve daha sonra belirli sıcaklıkta (103-105 °C) etüvde kurutulması neticesinde kalan bakiyeye denir. TKM sularda askıda veya çözülmüş halde bulunan bütün maddeleri içerir.

Katı maddeler su kalitesini olumsuz yönde etkiler ve içme sularında istenmeyen tat ve koku meydana getirebilirler. Bu sebeplerden dolayı, TKM tayini su kalitesini belirleyen önemli parametrelerden biridir. Aynı zamanda pis su tasfiyesinde biyolojik ve fiziksel tasfiye proseslerinin verimliliğini ve atıksu çıkış sularının standartlara uygunluğunu belirlemek açısından da önemlidir.

Toplam, askıda ve çözülmüş madde tayinleri gravimetrik yöntem esasına dayanmakta olup, bu yöntemler aşağıdaki şemada gösterilmiştir.



Numune → Buharlaştırma → Kurutma (103-105 °C) → TKM



Ölçüm prensibine göre su numunelerinin standart cam elyafli filtre kağıdından süzülmesi ve filtre kağıdının kurutulması sonucu elde edilen kalıntılar, askıda katı maddeler (AKM) olarak adlandırılır. Askı maddeleri suların estetik, içme, endüstride kullanma gibi çeşitli amaçlar ile yararlanmasını doğrudan etkiler. Doğal sularda, ışık geçirgenliğini azaltıp dip birikintilerine yol açarak ya da doğrudan zarar vererek su canlılarını etkiler. Kanallarda ve arıtma sistemlerinde önlem alınması ihtiyacını ortaya koyar. Bu özellikleri ile AKM yüzey suları ve atık sularda önemli bir parametredir.

### *Toplam Askıda Katı Madde*

$$TAKM = \frac{(A - B) \times 1000}{mL_{numune}}$$

A: filtre+filtre edilemeyen katıların ağırlığı(mg)  
B: Filtre ağırlığı(mg)



### *Uçucu Askıda Katı Madde*

$$UAKM = \frac{(A - B) \times 1000}{mL_{numune}}$$

A: 550°C'de uçurulmadan önceki askıda katı madde ağırlığı(mg)  
B: 550°C'de uçurulduktan sonraki askıda katı madde ağırlığı(mg)

### *Toplam Çözülmüş Madde*

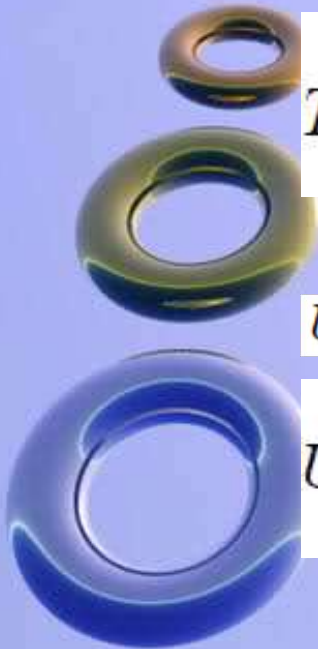
$$TÇM = \frac{(A - B) \times 1000}{mL_{numune}}$$

A: 103-105°C'de kurumuş kroze+ katıların ağırlığı(mg)  
B: Krozenin kendi ağırlığı(mg)

### *Uçucu Çözülmüş Madde*

$$UÇM = \frac{(A - B) \times 1000}{mL_{numune}}$$

A: 550°C'de uçurulmadan önceki katı madde ağırlığı(mg)  
B: 550°C'de uçurulduktan sonraki katı madde ağırlığı(mg)



**Örnek:** Bir atıksu numunesi ile yapılan TKM ve TUKM deneylerinde, porselen krozenin darası 10 g, 100 ml'lik atıksu 105 °C'de kurutulmasından sonra krozenin darası 10,3 g ve filtre kağıdının darası 0,1 g, 100 ml atıksu numunesinin süzülmesinden ve 105 C'de kurutulmasından sonra filtre kağıdının ağırlığı 0,21 g olarak belirlenmiştir. TKM, TAKM ve TÇM konsantrasyonlarını hesaplayınız.



**Örnek:** Bir atıksu numunesi ile yapılan TAKM ve TUKM deneylerinde, filtre kağıdının darası 0,1 g, 100 ml atıksu numunesinin süzülmesinden, 105 C'de kurutulmasından sonra filtre kağıdının ağırlığı 0,21 g ve 550 C'de yakıldıktan sonraki ağırlığı 0.07 g olarak belirlenmiştir. TAKM, UAKM ve inert askıda katı madde konsantrasyonlarını hesaplayınız.



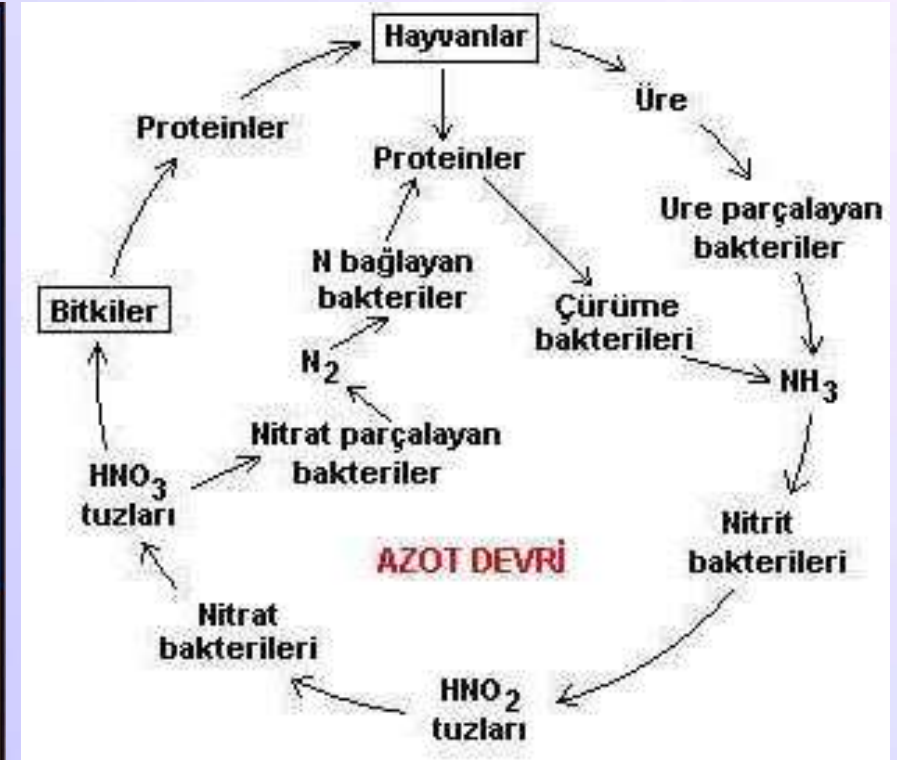
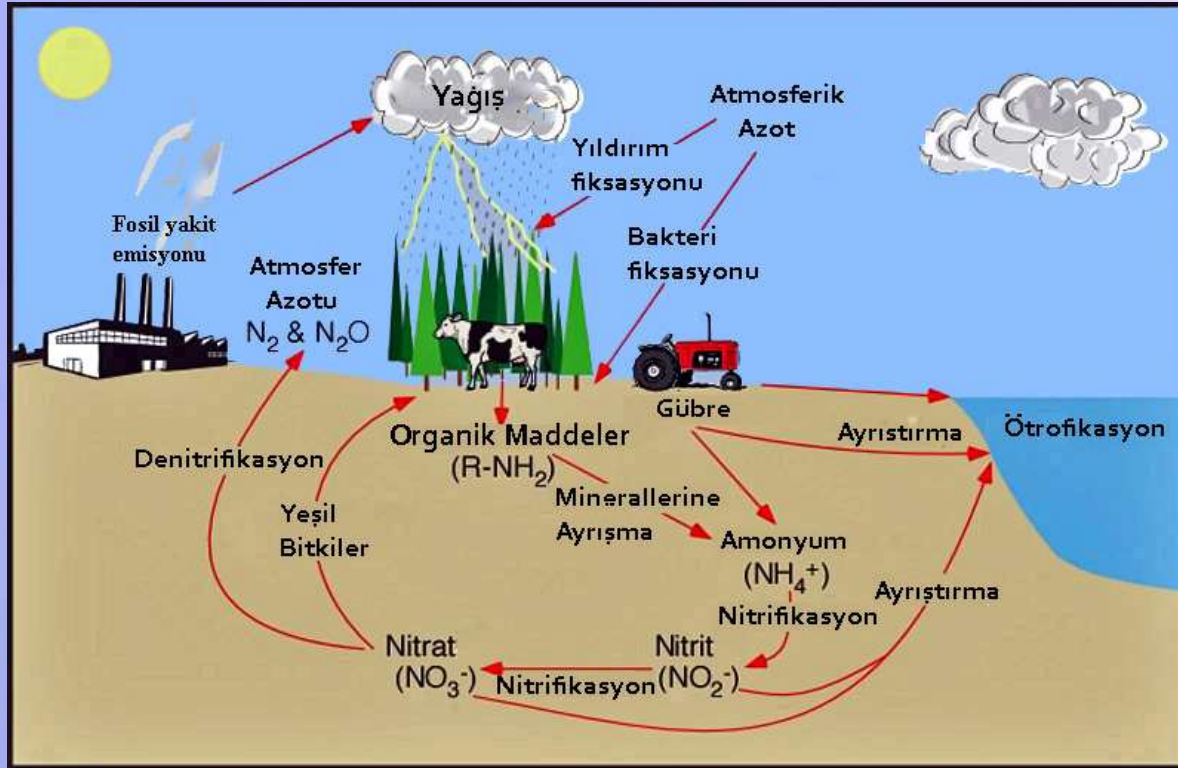
## Azot (N)

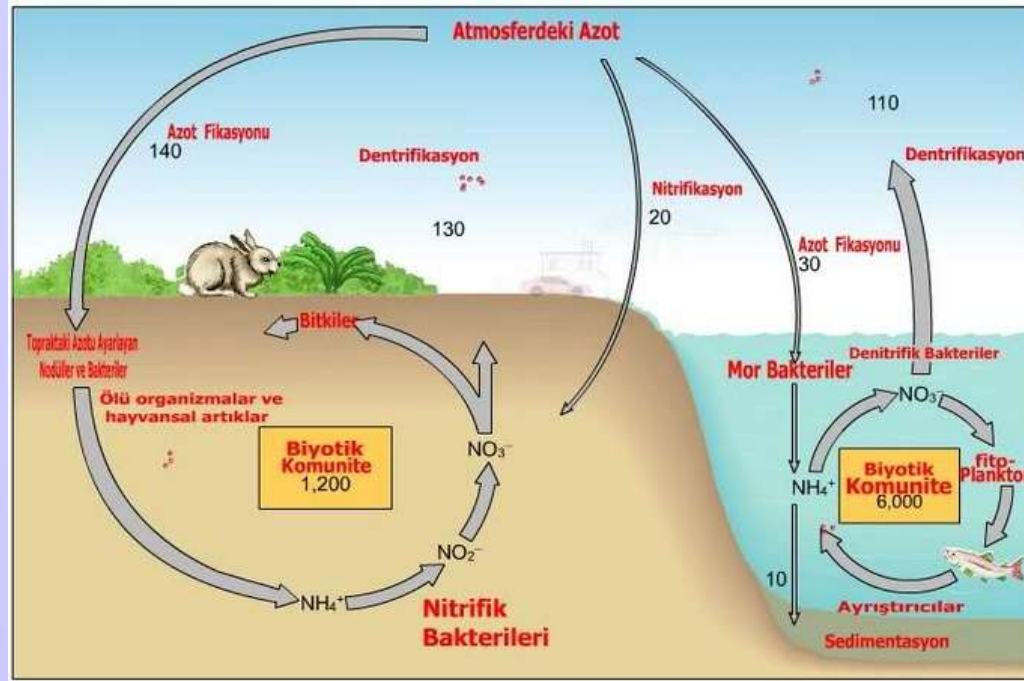
Azot ve azotlu maddeler çevre kirlenmesi kimyasının en önemli konularından birini oluşturur. Su kirlenmesi, hava kirlenmesi ve katı atıkların yönetimi konularının tümünde azotlu maddeler ilk aranması gereken kirlilik unsurları olmaktadır. Azot elementi, doğal döngüsü olan, bakteriler tarafından tüketilmek suretiyle veya kimyasal yollardan değişik oksidasyon / redüksiyon kademelerinde farklı bileşikler oluşturabilen bir maddedir. Hemen tüm canlı hücrelerin yaşama ve üremeleri için gerekli bir besin maddesidir. Bu nedenle üreme ve yaşamın sürmesi için, nutrient (besleyici, gıda) adıyla tanımladığımız bu ve benzeri bazı elementlerin gerekli minimum miktarların üstünde olması gereklidir. Bu kural biyolojide “*Liebig'in minimumlar yasası*” olarak bilinir.

Yukarıdaki kural uyarınca, aktif çamur ve benzeri arıtma tekniklerinin gerçekleşmesi için, suda ayrıştırılacak karbonlu maddelerin %5'inden daha fazla miktarda azotlu maddenin suda bulunması gerekmektedir. Atıksuda oluşacak BOİ<sub>5</sub>:N oranı 100:5 olan minimum gereksinimi sağlar durumda olur.



İçme ve kullanma suları ile yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve inorganik azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında karar verilebilmektedir. Sularda ve atıksularda bulunan başlıca azot bileşikleri oksidasyon kademesine göre organik azot (Org-N), amonyak azotu ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), nitrat azotu ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ve nitrit azotu ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ) şeklinde sıralanmaktadır. Bu azot türlerinin yanı sıra azot gazı ( $\text{N}_2\text{-N}$ ) da azot çevriminde yer almaktadır. Azot çevriminde bulunan türler, biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda birbirlerine dönüşebilmektedir.





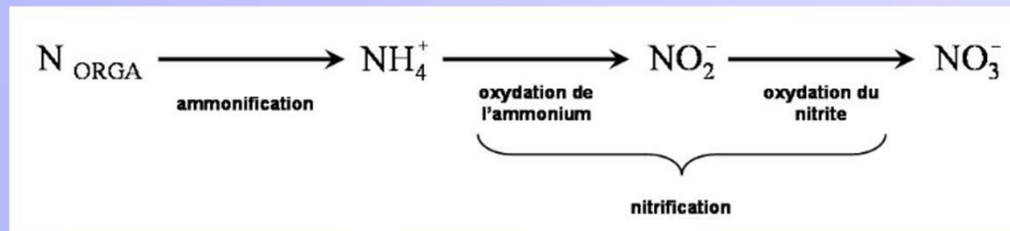
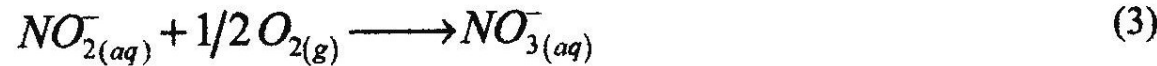
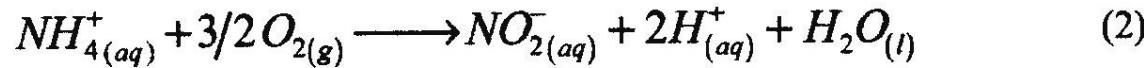
Yüzeysel sularda nitratın belirgin biçimde görülmesi, o suyun daha önceden amonyum ve organik azot içeren evsel ve endüstriyel atıksularla kirlendiğini veya o suya henüz yeni biçimde doğrudan nitrat deşarjının yapıldığını ifade eder.

Doğrudan nitrat deşarjları, ya nitratlı bileşiklerin kullanıldığı yada üretildiği endüstrilere ait atıksular veya tarım alanlarında kullanılan nitratlı gübrelerin yağmur suları ile taşınmasından kaynaklanmaktadır. Yeraltı sularında nitratın görülmesinin en büyük nedeni bu sulara yağmur ve sulama suları ile nitrat gübrelerinin taşınmasıdır. Nitrit bileşiği son derece kararsız bir azot formu olup, ortamda nitrifikasyon veya denitrifikasyon reaksiyonlarının gerçekleşmekte olduğunu gösterir. Ayrıca nitratın içme sularında bulunması, bebeklerde mavi hastalığa neden olur.

**Toplam oksitlenmiş azot, nitrat ve nitritin toplamıdır.** Nitrat, azot bileşikleri ile daha önceden kirlenmemiş yüzey ve yer altı sularında eser miktarlarda bulunmaktadır.

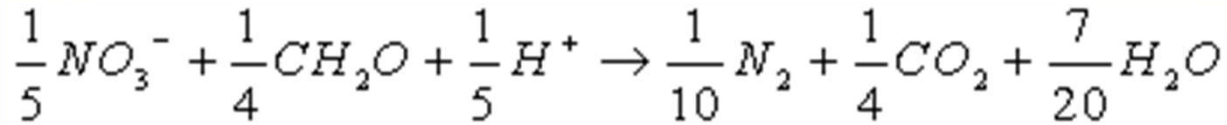
**Kjeldahl azotu ise, organik azot ile amonyak azotunun toplamıdır.**

Atıksulardan azot giderimi ve dönüşümünde de en yaygın kullanılan yöntemlerden biri “nitrifikasyon-denitrifikasyon” işlemleridir. **Nitrifikasyon**, atıksuda mevcut amonyum iyonlarının bakterilerle nitrat iyonlarına dönüştürülmesi olayıdır. Nitrifikasyon iki aşamada gerçekleşmektedir. Öncelikle amonyum “*Nitrosomonas*” ile nitrite, ikinci aşamada ise nitrit, “*Nitrobacter*” yardımı ile nitrate dönüştürülür.



Nitrifikasyonda oluşan nitrat, **denitrifikasyon** ile azot (N<sub>2</sub>) gazına dönüştürülür. Denitrifikasyon anoksik şartlarda nitratın azot gazına indirgenmesini sağlar. Denitrifikasyonda rol alan mikroorganizmaların başlıcaları *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Arthrobacter*'dir. Bu mikroorganizmalar, oksijen yerine nitratı elektron alıcısı olarak kullanır ve gerekli enerjiyi organik karbon bileşiklerinden sağlarlar.

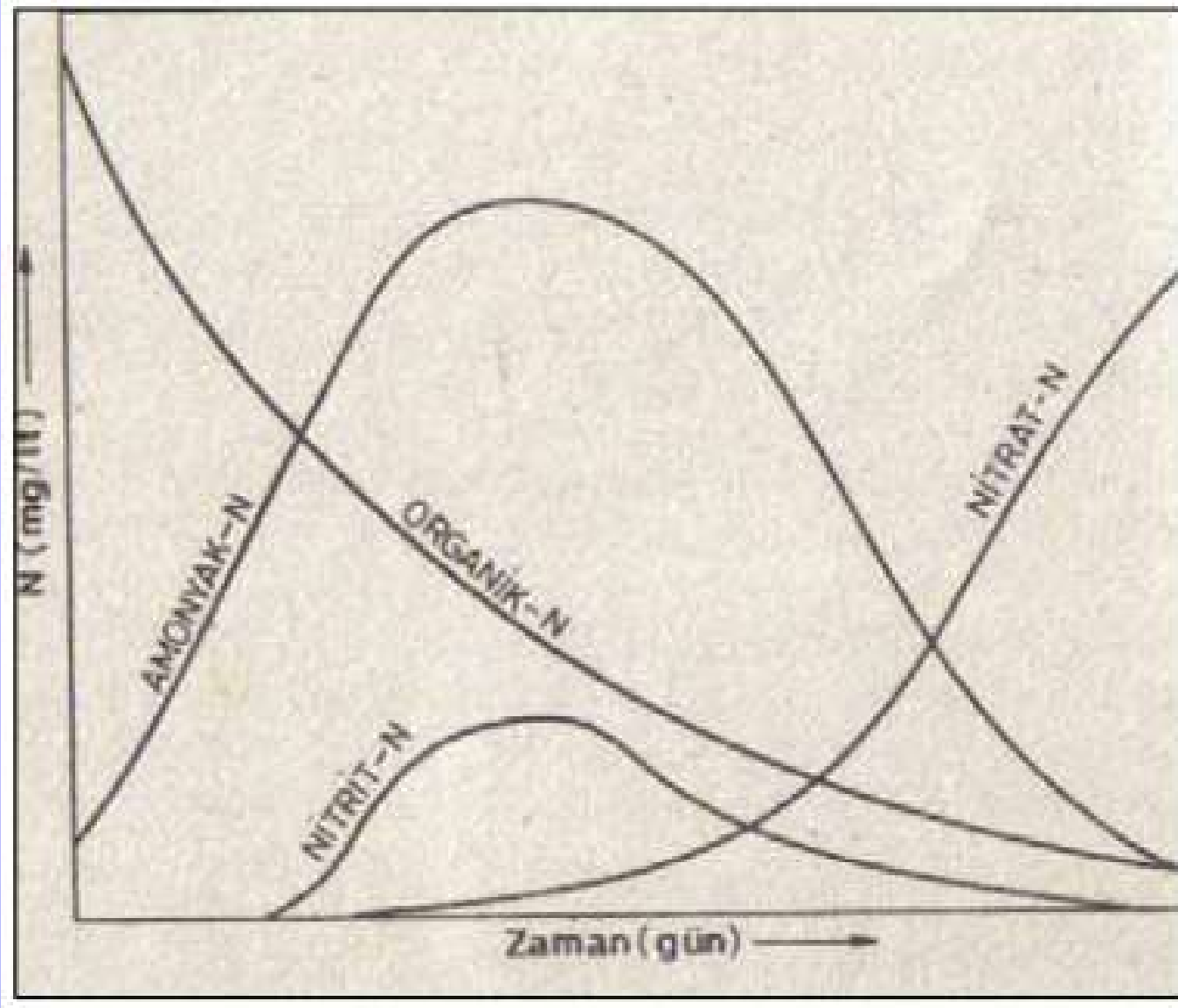
#### ANOKSİK REAKSİYON



#### Denitrification Reaction Sequence



Nitrate      Nitrite      Nitric Oxide      Nitrous Oxide      Nitrogen Gas



**Şekil.** Aerobik şartlardaki sular azot formlarındaki değişim.

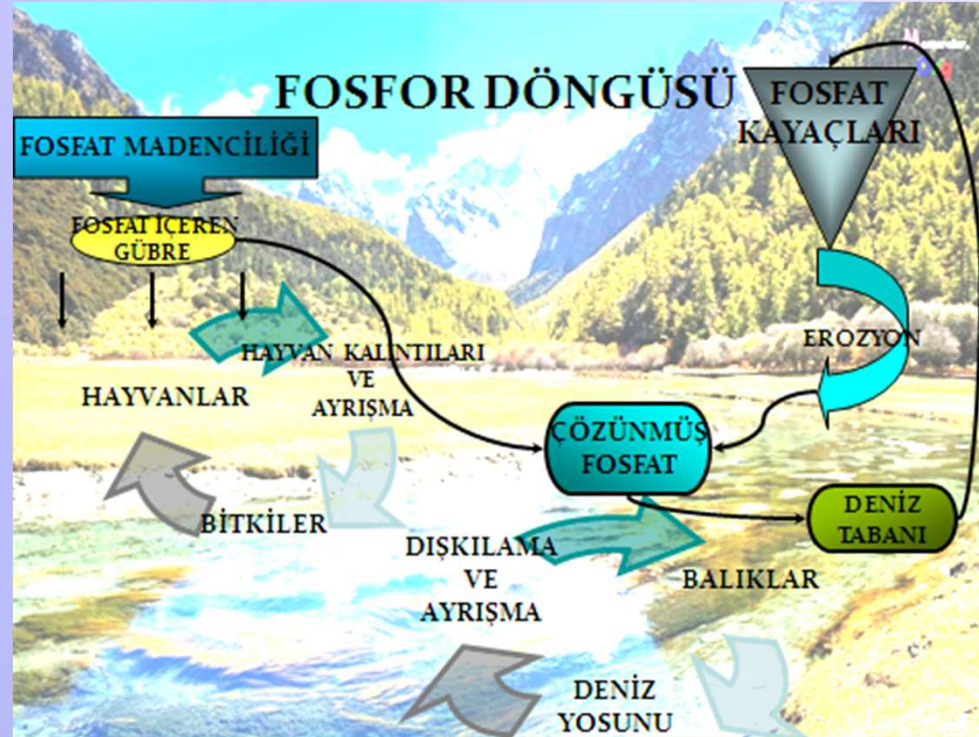
## Fosfor (P)

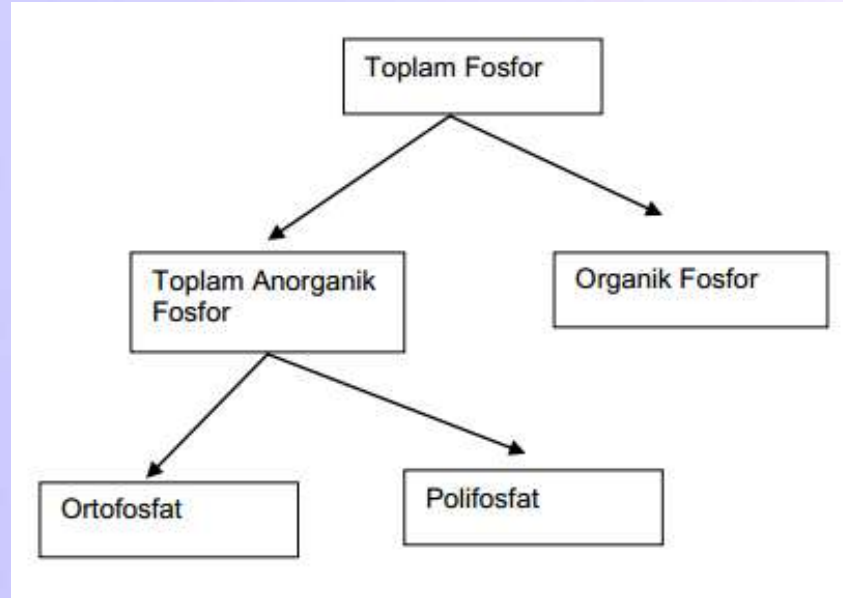
Evsel atıksu, fosfor bileşikleri bakımından zengindir. Sentetik deterjanların banyolara/mutfaklara girmesinden önce, evsel atıksudaki inorganik fosfor konsantrasyonu genellikle 2 ile 3 mg/L ve organik fosfor konsantrasyonu ise 0,5 ile 1,0 mg/L arasında bulunmaktaydı. Atıksudaki insan kaynaklı inorganik fosforun çoğu, insan atığındaki proteinlerin metabolik olarak parçalanmasından kaynaklanmaktadır. İnsanlar tarafından atılan fosfor miktarı, proteinli gıda alınmasına bağlı olarak değişmekle beraber, kişi başına ortalama 1,5 g/gün'dür.

Atıksu arıtımının biyolojik proseslerinde rol oynayan bütün organizmalar, üreme ve yeni hücrelerin sentezi için fosfora gereksinim duyarlar. Bu bakımdan, evsel atıksular içerdikleri organik maddenin stabilizasyonu için gerekli fosfor miktarından çok fazla miktarda fosfor içermektedirler. Bu durum, biyolojik atıksu arıtma tesislerinin çıkış sularındaki fosfor miktarına bakılarak anlaşılabilir. Ne var ki birçok endüstriyel atıksu, arıtımda kullanılan mikroorganizmaların optimum büyüme şartlarını sağlayacak kadar fosfor içermemektedir yada hiç içermemektedir. Bu tarz durumlarda fosfor eksikliği, atıksuya inorganik fosfor eklenmesi yoluyla giderilir.



Bütün yüzey suları azda olsa sucul organizmaların büyümesine olanak sağlar. Yüzeyde yaşayan ve serbest yüzebilen organizmalar plankton olarak adlandırılır. Bunlar, Çevre Mühendisleri için büyük önem arz ederler. Planktonlar hayvan olarak sınıflandırılabilen zooplanktonlar ve bitki olarak sınıflandırılabilen fitoplanktonlardan oluşur. Fitoplanktonlar ağırlıklı olarak alg ve siyanobakterilerden ibaret olup, bu organizmalar klorofil taşıdıklarından büyüme hızları sudaki temel besin elementlerinin (N ve P) varlığına büyük oranda bağlıdır. Araştırmalar azot ve fosforun her ikisinin de alg ve siyanobakterilerin büyüme hızları için gerekli olduğunu ve bu elementlerin miktarındaki azalmayla birlikte bu organizmaların büyüme hızlarının kontrol edilebildiğini ortaya koymuştur. Azot ve fosforun çok olduğu yerlerde rahatsız edici ortam şartlarına yol açacak alg patlamaları vuku bulur. Azot ya da fosforun, yada her ikisinin birden çok kısıtlı miktarlarda bulunması durumunda, alg patlamalarının görülmediği tecrübeyle sabittir. Sucul ortamlarda inorganik fosfor için belirlenen kritik konsantrasyon yaz aylarında 5  $\mu\text{g/L}$ ' dir.





Şekil. Sularda bulunan fosfat türleri

Tablo. Sularda bulunan bazı fosfat bileşikleri

İSMİ	FORMÜLÜ
<u>Ortofosfatlar</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tri sodyum fosfat</li> <li>• Di sodyum fosfat</li> <li>• Mono sodyum fosfat</li> <li>• Diamonyum fosfat</li> </ul>	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$
<u>Polifosfatlar</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sodyam hekzametafosfat</li> <li>• Sodyum tripolifosfat</li> <li>• Tetrasodyum pirofosfat</li> </ul>	$\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$ $\text{Na}_5 \text{P}_3\text{O}_{10}$ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$



## Bakteriyolojik Ölçümler

Halk sağlığı bakış açısına göre, suyun bakteriyolojik kalitesi kimyasal kalitesi kadar önemlidir. Birçok hastalık su ile bulaşır ki bunlar arasında tifo ve kolera da bulunmaktadır. Bununla beraber, suyun patojenler (hastalık yapıcı organizmalar) ile kirletilmemesi gerektiğini ve öte yandan bu organizmaların mevcut olacağını anlamak önemlidir.

Patojen varlıkların araştırılması çeşit problemler yaratır. Birincisi, pek çok patojen vardır. Her bir patojenin için ayrı ayrı spesifik belirleme prosedürleri bulunmaktadır. İkincisi, bu organizmaların konsantrasyonları çok küçük olabilir, bu da belirlenmelerini imkansız kılmaktadır.

Önemli patojenler arasında *Salmonella*, *Shigella*, *hepatit virüsü*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Escherichia coli* ve *Cryptosporidium* sayılabilir.

Her bir patojen mikroorganizmayı ayrı ayrı suda analiz etmek ciddi zaman kaybına neden olacağı için, **indikatör organizma** kavram geliştirilmiştir.



İndikatör organizmaların beş önemli öz niteliği vardır. Bunlar;

- 1 Sıcak kanlı hayvanların sindirim sistemlerinde bulunmaktadırlar.
- 2 Bol oldukları için bulunmaları zor değildir.
- 3 Basit bir deneyle belirlenebilirler.
- 4 Olağan dışı durumlar hariç genelde zararsızdırlar.
- 5 Diğer bilinen patojenlerden daha uzun ömürlüdürler ve dayanıklıdırlar.

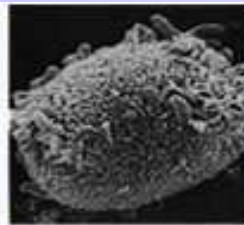
Bu beş özelliğinden dolayı, koliformlar dünyada indikatör m/o lar olarak kullanılırlar. Ancak koliformların varlığı, patojenlerin varlığını kanıtlamaz. Eğer fazla miktarda koliform bulunuyorsa, bu ortamın sıcak kanlı hayvanların taze atıkları ile kirlenmiş olması ihtimalinin yüksek olduğu anlaşılır. Böylece su patojen organizma içerebilir, ancak bu, tehlikeli patojenleri içerdiğinin kesin kanıtı olmaz. Tersisi de doğrudur. Hiç koliform olmaması durumu da suda patojen olmadığını kanıtlamaz.



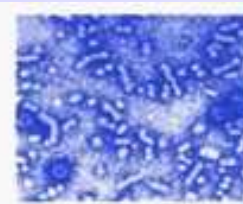
Bacillus 55



Kolera



E.Coli



Hepatitis B



Gram Positive

## Habitat of coliform bacteria

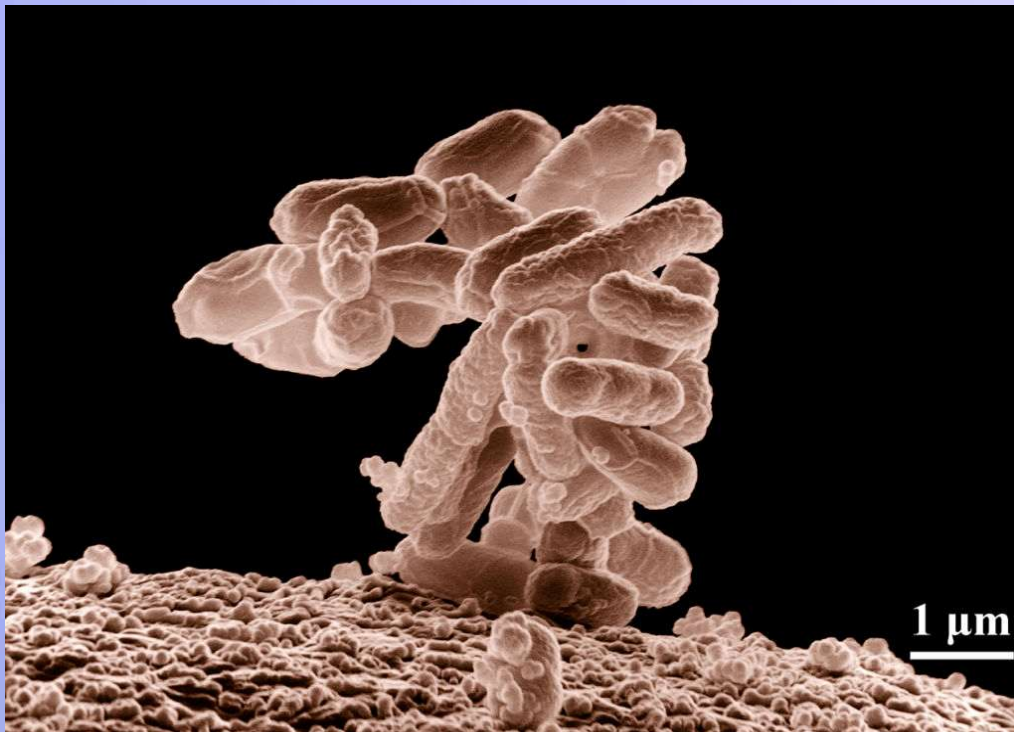
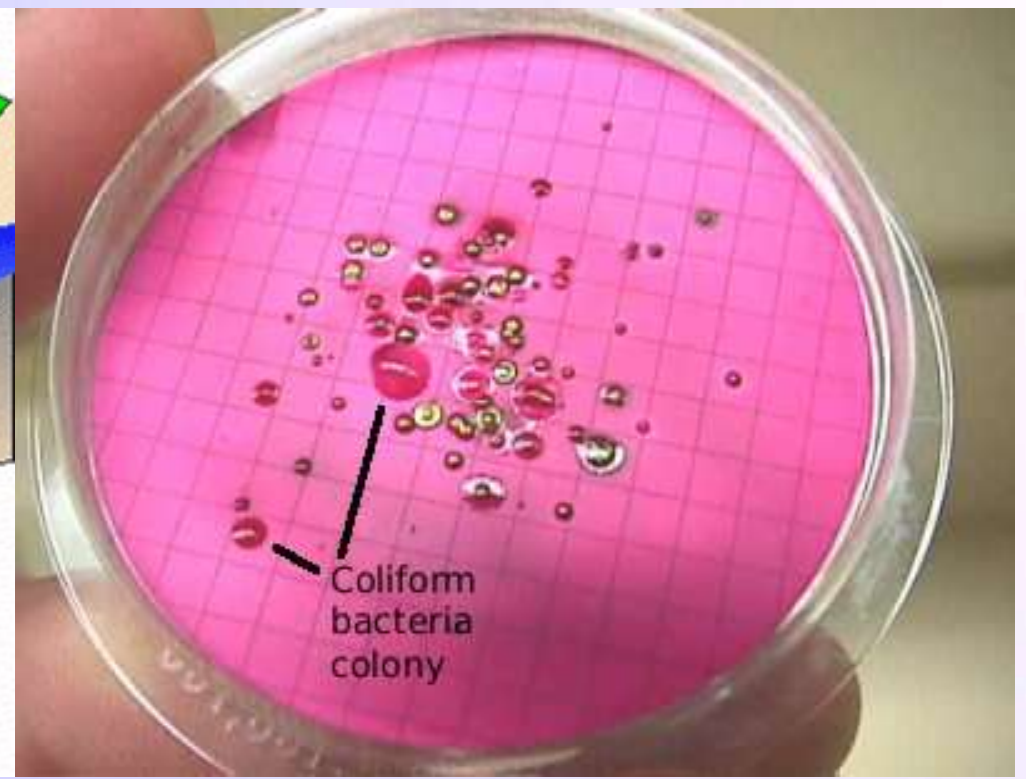
A. Non-fecal coliforms: soil and vegetation

B. Fecal coliforms: animal wastes and human sewage

**Total coliform** bacteria are 16 species that are found in soil, vegetation, animal wastes and human sewage.

**Fecal coliform** bacteria are 6 species that are found in animal wastes and human sewage.

***E. coli*** is one of the 6 fecal coliform bacteria species, it is found in animal wastes and human sewage.



Koliform grup bakteriler, gram negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyan, çubuk şeklinde ve laktozdan 48 saat içinde gaz üreten bakterilerdir. Fekal koliformların en bilinen üyesi, E. Kolidir. Koliform grubu bakteriler, zirai atıklarda, kanalizasyon atıksularında ve yüzeysel sularda bulunabilir.

# SULARIN KİRLLENMESİ

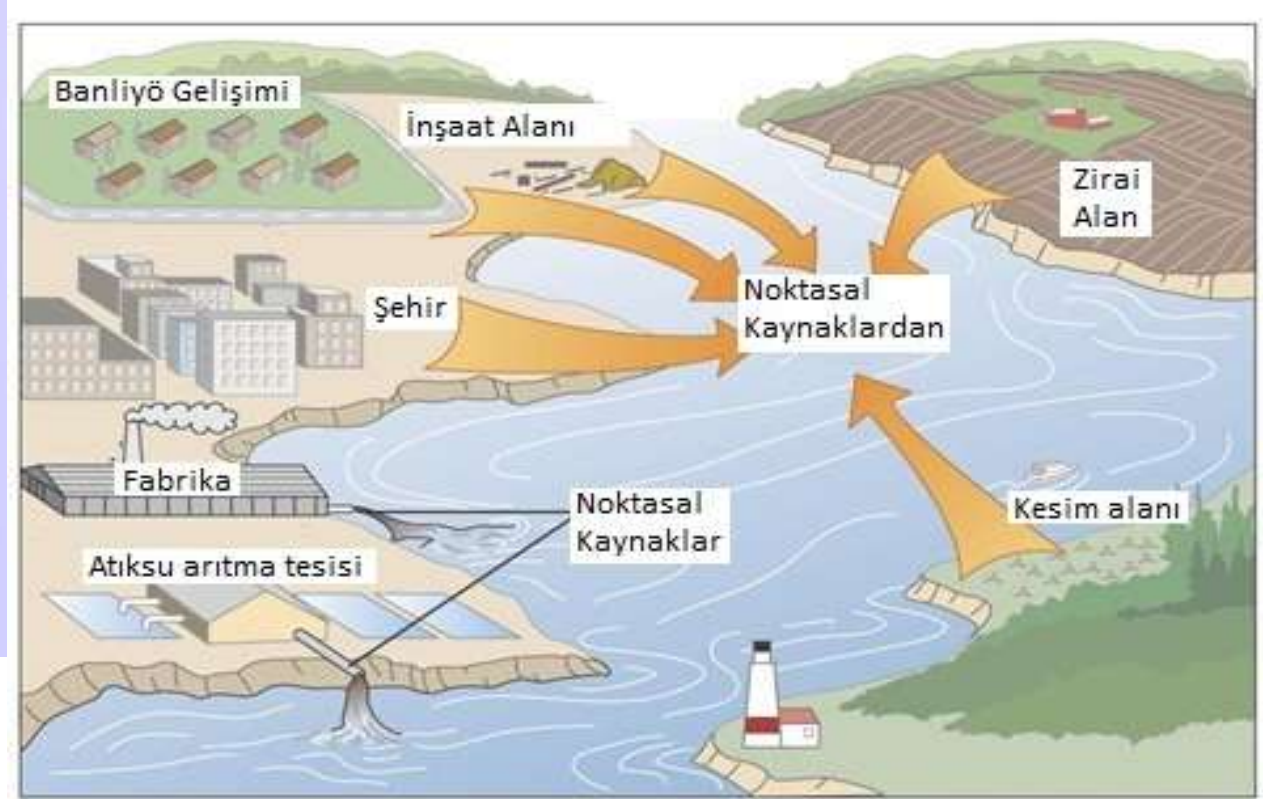
Bu süreçler sırasında suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri değiştirerek su kirliliğine neden olur.

SU KİRLİLİĞİ “*sularda insan etkisi sonucu ortaya çıkan ve kullanımlarını kısıtlayan veya tamamen engelleyen ve ekolojik dengeleri bozan kalite değişimleri*” şeklinde tanımlanır.

Yerleşim bölgelerinde ve endüstri bölgelerinde su kullanımı sonucunda önemli miktarlarda atık yük taşıyan kirli sular ortaya çıkar. Bu suların belirli düzeylerde arıtılmaması, diğer bir deyimle atık yük miktarları azaltılmadığı takdirde doğal sulara bırakılması durumunda, bu sistemlerin kendilerini yenileme kapasitesinin üzerinde atık maddeler ile bulaştırılması sonucu su kalitesi şiddetle bu değişimden etkilendiği gibi su yaşamı da zarar görür.



# SU KİRLİLİĞİNİN KAYNAKLARI



Şekil. Su kirliliğinin kaynakları

# Safe Drinking Water Act - Protecting America's Public Health



Şekil. Su kirliliğinin kaynakları

## Suların Kirlilik Dereceleri

Saprobien basamağı	Kirlilik derecesi	Su kalite sınıfı
Oligosaprob	Temiz	I
B-mesosaprob	Orta derecede kirli	II
$\alpha$ - mesosaprob	Fazla kirlenmiş	III
Polisaprob	Çok fazla kirlenmiş	IV

### *Oligosaprob sular*

Bu gruba giren sularda artık mineralizasyon ve oksidasyon olayları sona ermiştir. Su, duru ve oksijence zengindir. Organik materyal tamamen parçalanmış bakteri sayısı çok azalmıştır (1 cm<sup>3</sup> suda 100 den az), bu nedenle bakteriler ile beslenen organizma sayılarında da azalma görülür. Az miktarda mavi, yeşil ve kırmızı alglere rastlanır. Karakteristik olarak alabalık gibi oksijen gereksinimleri yüksek balıklara rastlanır. Böcekler ve larvaları da bu sularda bulunurlar. Bu ortamların organizmaları H<sub>2</sub>S gibi çürüme maddelerine ve düşük oksijen içeriğine karşı çok hassastırlar. Oligosaprob sulara örnek olarak dağların yukarı kısımlarında bulunan dereler ve göller verilebilir.



### ***$\beta$ - Mesosaprob sular***

Bu tür sulara oksidasyon daha ilerlemiştir. Oksijen tüketimi % 50, nin altındadır. Bakteri yoğunluğu oldukça azalmıştır. Çok çeşitli türde su bitkileri ve hayvanları bulunur. **Su çiçekleri ne rastlanmaz. Karakteristik olarak yeşil algler, midyeler, küçük yengeçler ve yüksek su bitkilerine rastlanır.** Fazla kirlenmemiş nehirlerin belirli kısımları ile göllerin büyük kısımları bu su grubuna girmektedir.

### ***$\alpha$ - Mesosaprob sular***

Bu tür ortamlarda oksidasyon olayları yoğun bir şekilde başlar ve protein parçalanması sonucu suda aminoasitlerin birikmesi gözlenir. Klorofil içeren küçük organizma sayılarında yoğun bir artış gözlenir. Oksijen tüketimi fazla olup % 50'nin üzerindedir. Koku farkedilmez. Yüksek su bitkilerinin bulunmayışı bu ortamlar için karakteristiktir. Bakteri sayısı polisaprob sulara oranla daha azdır (1 cm<sup>3</sup> suda 10<sup>3</sup> den az). Algler fazlaca çoğalmıştır. Hayvanlardan, birçok tek hücreliler, salyangozlar, midyeler, yengeçler, yılan balıkları ve sazan balıkları bu sulara yaşayabilirler. Bu sulara örnek olarak nehir koyuları, küçük göller ve su birikintileri, fazlaca gübrelenmiş balık (sazan) havuzları gösterilebilir.



## *Polisaprob sular*

Bu sularda kolay parçalananan organik madde bol miktarda bulunmaktadır. Bu organik materyal içinde proteinler, polipeptidler ve karbonhidratlar belirtilebilir. Bu yüzden oksijen tüketimi çok yüksektir. Amonyak ve kükürtlü hidrojen oluşumu çok yoğun olabilir ve bu durum koku ile farkedilebilir. Siyah renkli demirsülfürün oluşumu bu sular için karakteristiktir. Bakteri popülasyon yoğunluğu 1 cm<sup>3</sup> suda milyonlarcayı bulabilir. Bu tür ortamlarda, alglerden sadece mavi algler ve yüksek hayvanlar dan bazı solucan türleri yaşar. Özetle bu sular, yeni kirlenmiş sulardır.



**Şekil.** Kirlenmiş yüzeysel sular.

# SU KİRLETİCİLERİ VE KAYNAKLARI

*Su kirliliğinde kirleticiler*, etkileri ve kimyasal yapıları yönünden çok değişkendir. Bu nedenle su kirleticilerin sınıflandırması yapmak oldukça güçtür. Bununla beraber genelde evsel atıklardan, endüstriden, tarımsal aktivitelerden, taşımacılıktan ve nükleer santrallerden kaynaklanan bu kirleticiler yapılarına göre 11 grupta toplanabilir. Bunlar;

*1 Organik Maddeler*

*2 Besleyici tuzlar*

*3 Mikroorganizmalar*

*4 Anorganik Maddeler*

*5 Askıdaki Katı Maddeler*

*6 Deterjanlar*

*7 Ağır Metaller*

*8 Radyoaktivite*

*9 Yağlar - Petrol Türevleri*

*10 Atık Isı*

*11 Pestisitler*



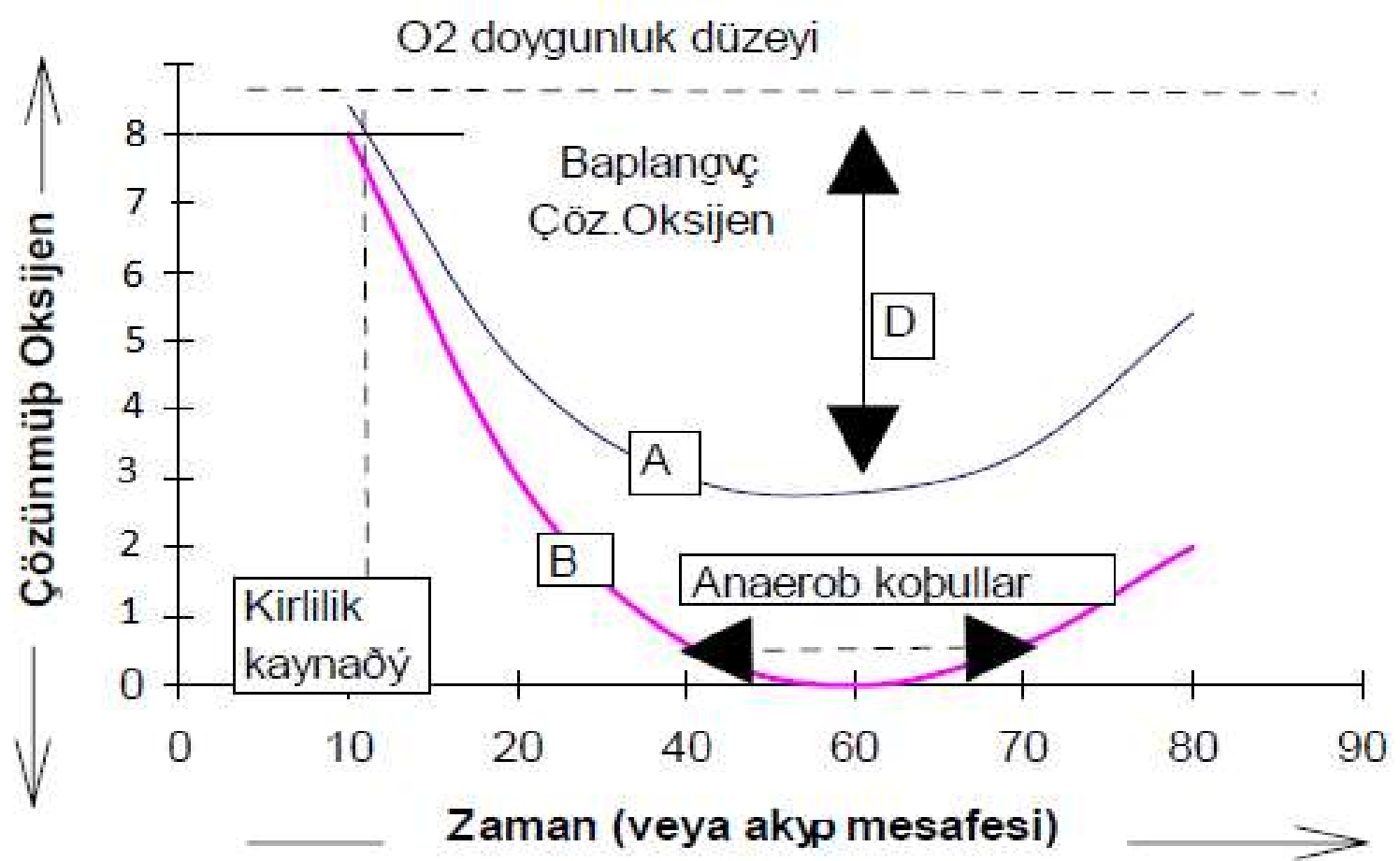
# 1. Organik Maddeler

Evlerden ve şeker fabrikası, süt ürünleri tesisleri gibi bazı endüstrilerden kaynaklanan atıksular içerdikleri organik maddeler alıcı ortamlarda bulunan bakteriler tarafından ayrıştırılır. Bu organik maddeler üç grup mikroorganizma (m/o) tarafından parçalanabilmekte yani besin olarak kullanılabilir:

- aerobik m/o;
- fakültatif m/o ve
- anaerobik m/o.



Organik maddelerin parçalanması öncelikle oksijenli (aerobik) koşullarda gerçekleşir. Oksijenli koşullardaki ayrışma devam ettiği sürece, organik maddeler çevresel açıdan bir sorun oluşturmaz. Ancak sudaki organik maddeler aerobik m/o tarafından parçalandıkça, sudaki serbest oksijen miktarı azalmaktadır.



**Şekil. Kaşık Eğrisi**

(D: oksijen tüketimi, A: Organik maddece az kirli ve B: Daha kirli atıksu)

**Şekildeki bu değişim öncelikle**

- Organik madde miktarına,
- Sudaki m/o popülasyonu,
- Suyun  $O_2$  kazanma kapasitesine,
- Suyun fiziksel ve kimyasal diğer özelliklerine bağlıdır.



Kullanılmış suların alıcı ortamları oluşturan göl, nehir ve denizlere verilmesi sonucunda biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) yükü artar, buna karşın çözünmüş oksijen azalır. Bir bölgenin BOİ birimleri bu bölgenin organik madde miktarını verir ve dolayısı ile çeşitli bölgelerin karşılaştırılmasına olanak sağlar. Ülkemizde organik kirlenmenin en iyi örnekleri Haliç ve İzmir Körfezidir.

Sudaki serbest oksijen, organik maddeler tüketildikçe azalır. Sonuçta, sudaki organik madde miktarı çok fazla ise, serbest oksijen tükenir ve anaerobik şartlar oluşur. Bu durumda, sudaki bağlı oksijeni kullanan mikroorganizmalar tarafından organik maddeler tüketilmeye devam eder. Ancak metan ve sülfür gazları gibi istenmeyen son ürünler oluşur.



## 2. Besleyici Tuzlar ve İnorganik Maddeler

Evsel atıklardan, mezbahalardan, bazı kimyasal sanayi kuruluşlarından, tarımsal gübrelemelerden alıcı ortamlara bol olarak **azot (N)** ve **fosfor (P)** bileşiklerinden oluşmuş besleyici tuzlar gelebilir. Alıcı ortamı oluşturan deniz, akarsu ve göllere bitkisel organizmaların normal gereksinimlerinden daha fazla besin maddesi gelmesi durumunda bu fazlalık sudaki bitkisel yaşam için gübreleme etkisi yapar. Bu durumda alg türlerinin üremesi hızlanır. Su ortamında besleyici tuzların neden olduğu kirlenmeden doğan bitkilerin aşırı üremesi olayına **ÖTROFİKASYON** adı verilir.

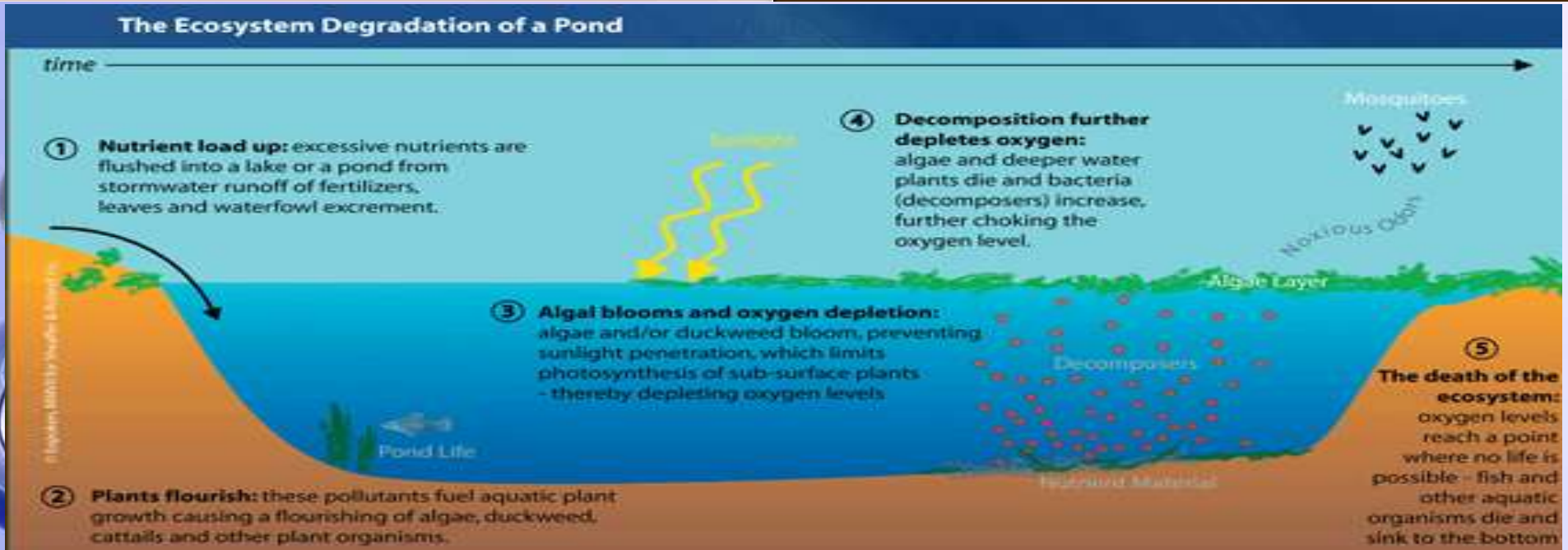
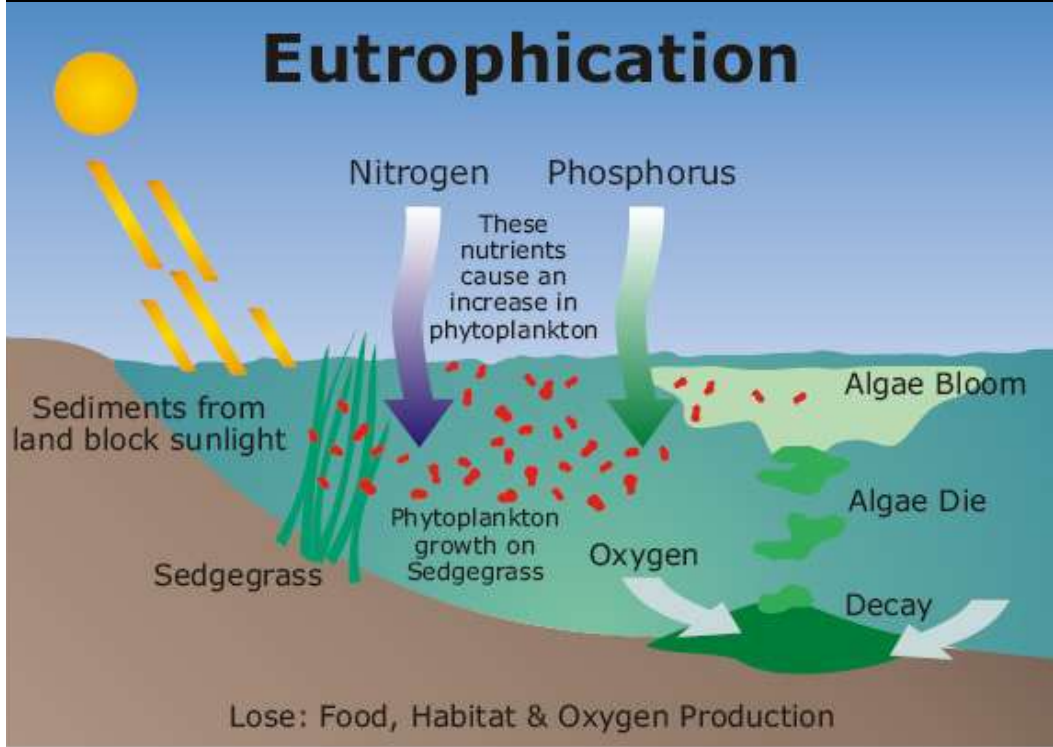


Deniz, akarsu ve göllerde en yaygın kirlenme çeşitlerinden birini oluşturan ötrofikasyona, **İKİNCİL KİRLENME** de denilir. Ötrofikasyon sonucu, **aşırı alg üremesi (alg patlaması)** ile sular yeşil ve bulanık bir renk alır. Aşırı ötrofikasyon sonucu dip sularında çözülmüş oksijen tüketilir ve oksijensiz (anaerobik) şartlar oluşur.

Ötrofikasyon olayı daha çok, akıntının olmadığı sakin sularda görülür. Bu nedenle sakin sulara sahip koy, körfez ve göllerde çok rastlanır. Ülkemizde İzmir Körfezi ve Köyceğiz Gölünde sık sık rastlanan bir olaydır.



# Ötrofikasyonun Gelişimi



Özellik	Ötrofik	Oligotrofik
Görünüş	Yeşil renk, düşük ışık girişi, berrak değil,	Çok temiz su, yüksek ışık girişi
Sertlik	Çoğunluk sert	Genellikle yumuşak
Koku ve tat	Her zaman olmamakla birlikte çoğunluk çürük kokusu	Koku yok veya turbamsı
Balık	Yok veya dayanıklı bazı türlerden az sayıda	Som ve alabalık
Oksijen kapsamı	Düşük, mevsim ve derinliğe bağlı olarak değişir	Doygunluk civarı
Su temini için arıtma	Zor ve yavaş filtrasyon	Kolay ve hızlı filtrasyon

Sularda ötrofikasyona neden olacak **P için kritik seviye 0.01 mg/L** ve **azot için ise 0.3 mg/L**'dir.

**\* Genellikle bir su kütleinde ötrofikasyon aşağıdaki olaylarla gözlenir:**

- Çözünmüş N ve P derişiminde artış,
- Bitki kütleindeki artış,
- Organizma tipinde değişim, örneğın yeşil alglere ilaveten mavi-yeşil alg üremesi ve salmon balığı yerine daha kaba balık türlerinin çoğalması,
- Göl derinliği boyunca günlük oksijen derişimi ölçümlerinde maksimum, minimum değerler gözlenmesi,
- Suyun ışık geçirgenliğinin azalması ve renk artışı,
- Tabakalaşmanın olduğu dönemlerde derin bölgelerde oksijen derişiminin azalması.

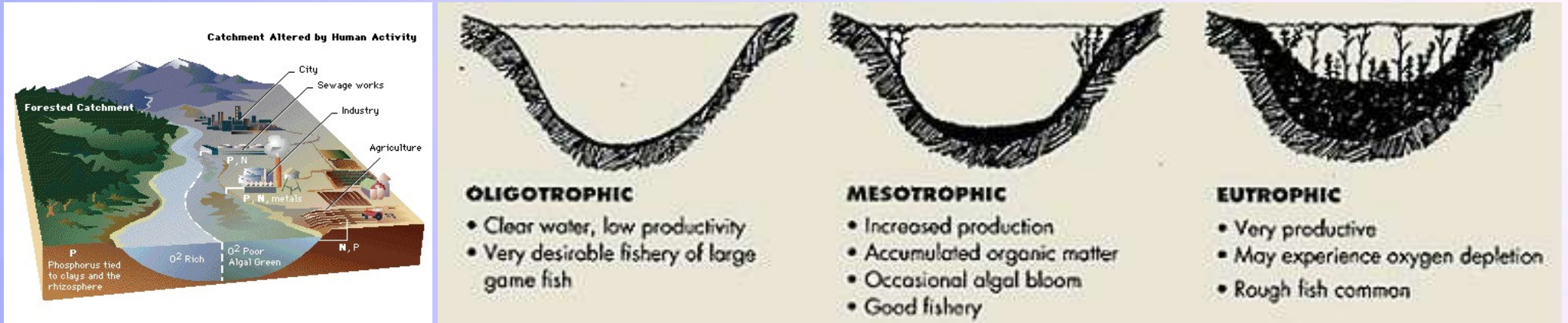
Göller, hem nehirlerin getirdiği hem de doğrudan göle boşaltılan atık/atıksulardan kaynaklanan çok miktarda azot, fosfor ve karbon kaynağı içermektedir. Göllerde, özellikle organizmaların büyümesinde sınırlayıcı etken olan azot ve fosforun bol miktarda sucul ortama girişi sonucunda, ötrifikasyon olarak adlandırılan olay meydana gelmektedir. **Ötrifikasyonun gelişimine neden olan maddeler**, gıda atıkları, sentetik deterjanlar ve zirai gübre olarak kullanılan azot ve fosfat içerikli maddelerdir. **Ötrifikasyonun gelişimi sonucunda** sucul ortamdaki alg miktarı aşırı miktarda artmakta, böylece göldeki çözülmüş  $O_2$  konsantrasyonunu azaltarak balık vb organizmaların ölmesine neden olmaktadır. Bu durum gölün biyolojik dengesini bozarak, suyun kullanılmaz hale gelmesine neden olmaktadır.

**Ötrifikasyon oluşumuna uygun ortamlar**, suyun hareketsiz ve/veya dalgalanmanın az olduğu göller, havuzlarda veya çok yavaş akan nehirler.

**Ötrifikasyonun en önemli işaretleri**, organizma çeşitliliği, sayısı ve bitki yoğunluğundaki artış, suyun renk değiştirmesi, oksijenin derinlikle değişim göstermesi, çözülmüş azot ve fosfor konsantrasyonundaki değişimdir.

Göller, kirlenme durumuna göre üçe ayrılmaktadır.

**Oligotrofik göller:** Derin, berrak, oksijenin konsantrasyonunun derinlikle ciddi değişim göstermediği ve besin (N ve P) açısından zengin olmayan göllerdir. Bu göllerde yıl boyunca alg patlaması fazla değildir.



- **Ötrofik göller:** Askıda ve çökelmiş halde çok miktarda organik madde içerdikleri için alg patlaması olabilir. Oksijence fakirdir ve dibinde çözünmüş oksijen konsantrasyonu ciddi oranda azalabilir.

- **Mezotrofik göller:** Yukarıdaki iki sınıfın arasında olan göllerdir. Başlangıçta oligotrofik olan bu göller zamanla insan müdahalesi sonucunda ötrofik olabilirler.

# 3. Mikroorganizmalar

Mikroorganizmalar boyutları 1-100 µm arasında değişen küçük canlı organizmalar olarak tanımlanır. **İnsan hayvan ve bitkilerde hastalık yapan mikroorganizmalara PATOJEN adı verilir.** Patojen olmayan mikroorganizmalara genellikle **SAPROFİT** adı verilir.

Patojenler, hastalık yapan mikroorganizma tarafından enfekte edilmiş insan ve hayvanlardan idrar ve dışkı yoluyla atılmaktadır. Su kaynaklarının hijyenik açıdan emniyetli olabilmesi için suyun fekal (dışkı veya idrar) kirlenmeye maruz kalıp kalmadığının belirlenmesi gerekir. **Fekal kirlilik indikatörü olarak, E.Coli kullanılmaktadır.**

## **Kirlenmiş atıksulardaki bazı önemli bakteriler;**

Salmonella sp.: S. typhi, S. paratyphi (tifo ve paratifo hastalığı yapan mikroplar), S.enteridis. Bunlar kirlenmiş sularda uzun süre (3-4 hafta) yaşayabilirler.

- Mycobacterium sp.: M. tuberculosis (verem mikrobu);
- Shigella (dizanteri mikrobu);
- Vibrio comma (kolera mikrobu);
- Şap hastalığına sebep olan mikroplar;
- Cilt hastalığına neden olan mantarlar.

**Ayrıca kirlenmiş sularda 100 değişik tipte virüs saptanmıştır. En önemlileri şunlardır;**

- Polio virusları (çocuk felcine neden olan virüsler),
- Menenjite neden olan virusler,
- Yaz gribine neden olan virusler,
- Hepatitise (sarılık) neden olan virusler,
- Göz hastalıklarına neden olan virusler.



Dünyanın bir çok ülkesinde içme suları dağıtılmadan önce patojenlerin uzaklaştırabilmesi için dezenfekte edilmektedir. Dezenfeksiyon işleminin yapılmaması yada yetersiz kalması durumuna çeşitli salgın hastalıklar ortaya çıkabilir. Suların dezenfekte edilebilmesi için pek çok dezenfektan kullanılmaktadır.

Sularda kullanılan başlıca dezenfeksiyon yöntemleri şunlardır:

- a. Suyun bekletilmesi yada ısıtılması
- b.  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$  kullanılması
- c. Cu ve Ag gibi metal iyonların uygulanması
- d. Kuvvetli asidik veya bazik yapma
- e. **Ultraviyole (UV)** ışınlarına maruz bırakma

Yukarıda sayılan yöntemler içerisinde en yaygın kullanılan metot, klorlamadır. Ayrıca paket arıtma sistemlerinde UV ışınımı da kullanılmaktadır.



# 4. Deterjanlar

Deterjan formülasyonunda ana madde olarak sentetik yüzey aktif madde yanında temizleme işlemine yardımcı kimyasal maddeler içeren temizlik mamulleridir. Deterjanın ana maddesi petrolden elde edilen çeşitli türevler oluşturur. Bunların başında dedobenzensülfanatlar (DDB), alkilbenzensülfonatlar (ABS), alkilarilsülfonatlar gelir. Anyonik deterjanlar düz zincirli veya dallanmış halkalı sülfatlar veya sülfonatlar şeklinde üretilir. Düz zincirli olanlara Yumuşak Deterjan, dallanmış zincirli olanlara Sert Deterjan olarak tanımlanır. Yumuşak deterjanlar alıcı ortama daha az zararlıdır.



# 5. Pestisit ve Herbisidler

- Zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak, ya da zararlarını azaltmak için kullanılan madde ya da maddelerden oluşan karışımlardır.



**İnsektisit** : Böcek, haşerelere karşı kullanılan ilaçlardır.

**Fungisitler** : Funguslara (Mantar) karşı kullanılan ilaçlardır.

**Herbisit**: Yabancı otlara karşı kullanılan ilaçlardır.

Çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan yapay organik kimyasal maddeler ile tarım alanlarında kullanılan pestisit ve herbisitler, suda doğal olarak güç parçalanan bileşiklerdir. Bu tür bileşiklerin bir kısmı canlı bünyelerinde birikim yapar ve toksik etkilere neden olurlar. Bir kısmı ise canlı bünyesinde kanserojen etki yapar. Tarım alanlarında kullanılan bu ilaçlar çok dayanıklı olduklarından, ayrışmaları yıllarca sürebilir. Bunlar hem toprak için hem de su kaynaklarının önemli ölçüde kirlenmelerine sebep olurlar.



# 6. Yağlar, Petrol ve Türevleri

Yağlar ve petrol ürünleri evsel ve endüstriyel atıklardan liman trafiği, tanker kazaları alıcı ortamı oluşturan denizlere karışırlar. Ayrıca kara yollarıyla yapılan petrol ve akaryakıt taşımaları sırasında oluşabilecek kazalar sonucunda çevreye yayılabilir. *Yağlar ve benzeri maddeler su yüzeyine kaplayarak estetik açıdan olumsuz bir görüntü yarattıkları gibi bunların yüzeyde oluşturdukları tabaka atmosfer ile su arasında oksijen alış-verişini olumsuz yönde engeller.*

Ülkemizde petrol kirliliği özellikle İstanbul, İzmir, Mersin gibi büyük limanlarda önemli boyutlara ulaşmıştır.

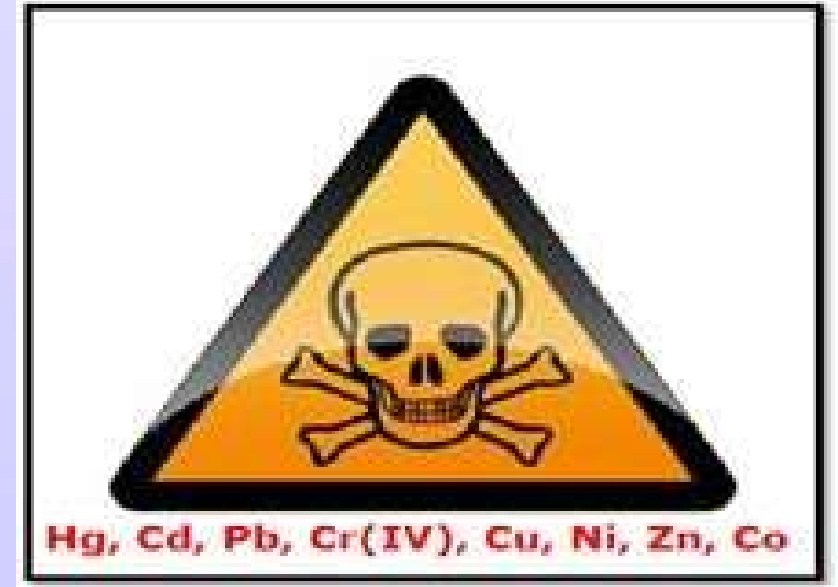


Petrol su yüzeyinde ince bir film oluşturarak gaz alışverişini engeller. Sulardaki normal bakteri florası petrol ve türevlerince engellenir. Bu arada naften asitleri, fenoller ve merkaptan özellikle toksiktir. Merkaptanın balıklar için toksik dozu 0.6 - 1.5 mg/l; naften asitlerinin 1-5 mg/l'dir. Benzinin toksisite sınırı 50 mg/l , benzenin 5-20 mg/l dir. Bazı literatüre göre toksisite sınırı normal benzinde 10-260 mg/l, süper benzinde 40-100 mg/l dir.



# 7. Ağır Metaller

Zehir etkisi gösteren maddeler, suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları durumunda bile insan sağlığına zarar veren hastalıklara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Eser miktarda bile toksik (ölümcül) etkisi yapabilen bu maddeler arasında en önemli grubu; Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, V, Zn gibi elementler oluşturmaktadır. Söz konusu elementlerin çoğunluğu ağır metal grubuna girmektedir. Ağır metallerin önemli bir kirletici grubu oluşturdukları bilinmektedir.



Bu elementler besin zincirine girdikleri canlı bünyelerinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılmadıkları için birikime uğrar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar. Bu birikim sonucunda sulara yaşayan balıklar ve diğer canlılar ölebilir. Hatta su ürünleriyle beslenen insanların yaşamı da tehlikeye girebilir. Bazıları;

**Mangan:** Mangan ve demir, ağır metaller arasında en zehirsiz metaller sayılırlar. Katyon olarak manganın zararlılık sınırı alabalık için 75 mg/l, sazanlar için 600 mg/l dir. Litrede 0.5 demir veya mangan içeren içme suları mürekkep tadında olur (veya mürekkep kokusu hissedilir).

**Demir:** Demiroksit, demirhidroksit ve iki değerlikli demir bileşikleri fazla zararlı değildirler. Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sulara pH'yı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yaparlar. Demirhidroksit balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine sebep olur. 1 mg Fe/l (sert sulara 30 mg Fe/l) balıklar için zararlıdır. İçme sularında 0.5 mg Fe/l renk ve tatla anlaşılabilir.

**Krom:** Bu metal kirlenmiş sulara hem katyon, hemde anyon (kromat, bikromat veya kromik asit) olarak bulunabilir. Anyon şekli katyon şeklinden daha etkilidir. Balıklar için toksisite sınırı 28-80 mg Cr/l veya 15 mg/l kromat veya bikromat, içme suyunda sınır değeri olarak 0.05 mg Cr /l verilmektedir.

**Civa:** Bu metal ve bileşikleri hem endüstriyel kaynaklardan hem de tohumlarda kullanılan ilaçlardan sulara karışırlar. Civa mikrofloraya kuvvetli zehir etkisi yapar. 100 mg Hg/l mikrobiyal aktivitenin durmasına neden olur. Balıklar için letalite (ölüm) sınırları 0.25 mg Hg/l (alabalık) ile 0.80 mg Hg/l (sazan) arasında bulunur. Civanın organizmada birikmesi mümkündür. Turna balıklarının içinde, yaşadıkları suya nazaran 3000 misli fazla Hg içerdikleri saptanmıştır. Federal Almanya'da müsaade edilen sınır değerler: İçme sularında maksimum 40 µg/l, taze balık etinde 0.5 -1.0 ppm'in altında. Ren Nehrin'de 0.01 - 0.05 µg /l düzeyinde bulunmaktadır.



# 8. Radyoaktivite

Maddeler atomlardan, atomlar ise, proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek ile, bunun çevresinde dönmekte olan elektronlardan oluşmaktadır. Herhangi maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı proton sayısına göre oldukça fazla ise, bu tür maddeler kararsız bir yapı göstermekte, çekirdeğindeki alfa, beta, gama gibi çeşitli ışınlar yaymak suretiyle parçalanmaktadır. Çevresine bu şekilde ışın saçarak parçalanan maddelere “**Radyoaktif Madde**”, çevreye yayılan alfa, beta, gama gibi ışınlara ise “**Radyasyon**” adı verilmektedir.

Radyasyonun yaşayan organizmalar üzerindeki etkisi, radyasyonu oluşturan izotoplara bağlı olarak değişir. Yüzeysel suların radyoaktivite değerleri saptanırken, izotop içeriği dikkate alınarak, standartlara çok küçük sınır değerlerin konulması gereklidir. Doğal sularda bulunan en önemli radyoaktif maddeler uranyum, toryum, radyum, stronsiyum, potasyum, karbon ve hidrojenidir.



# 9. Katı Maddeler

Evsel ve endüstriyel kökenli atıksular içerisinde bulunan katı maddeler bu suların boşaltıldığı *alıcı ortamlara birikinti ve dip çamurunun oluşmasına* sebep olurlar. Ayrıca alıcı ortamlara evsel ve endüstriyel kökenli askı yükünün yanında erozyonla, sahil doldurmalarıyla, yol yapımıyla ve sahillerdeki yapılaşmalardan katı madde yükü getirir.

*Göl ve denizlerde yoğun katı madde yükü sonucu* oluşan ve dibe çöken çamur, dip canlıların gelişimi engeller, askıdaki katılar ışık girişini azaltarak bulanıklığına neden olur ve fotosentez şiddetini azalarak ortamın biyolojik verimi düşer.



# 10. Atık Isı

Su kirliliği sadece atıksularla alıcı ortama verilen çeşitli maddelerden kaynaklanmaz. Atıksuların içerdiği atık enerji de su kirliliğine sebep olabilir. Özellikle termik ve nükleer santrallerin soğutma suları alıcı ortamlarda olumsuz etki yaratır;

- Su ortamlarının sıcaklığının artması,
- Mevcut ekolojik dengelerin bozulması,
- Sulardaki biyokimyasal reaksiyonların hızlanması;
- Böylece sudaki mikroorganizmaların solunum gereksinimi ve oksijen tüketimi hızlarının artması.



Artan sıcaklıklar sebebiyle suda tabakalaşma oluşması veya var olan tabakalaşmanın daha da belirginleşmesi ve stabil olması, alt tabakanın oksijenlenmesine engel olur. Alıcı su ortamlarına organik kirlilik yükü vermekle atık ısı vermek, sonuçta aynı etkileri doğurur.



# NE YAPABİLİRİZ?

## ÖNLEM

### 1. Kanunlar

Su Kalite Standartları

- Noktasal Sebeplerin tespiti
- Lağım suları arıtımı için fon ayırmak
- Benzinden kurşunu ayırmak

## KONTROL

### 2. Nedenlerin Azaltılması

Yol tuzlamalarını azaltmak

- Erozyonu azaltmak
- Deterjanlarda fosfat kullanımını yasaklamak
- Gübre kullanımını azaltmak, vb. gibi.

## AKSİYON

### 3. İyileştirilmiş toprak kullanım uygulamaları

Fırtına sularının arıtımı

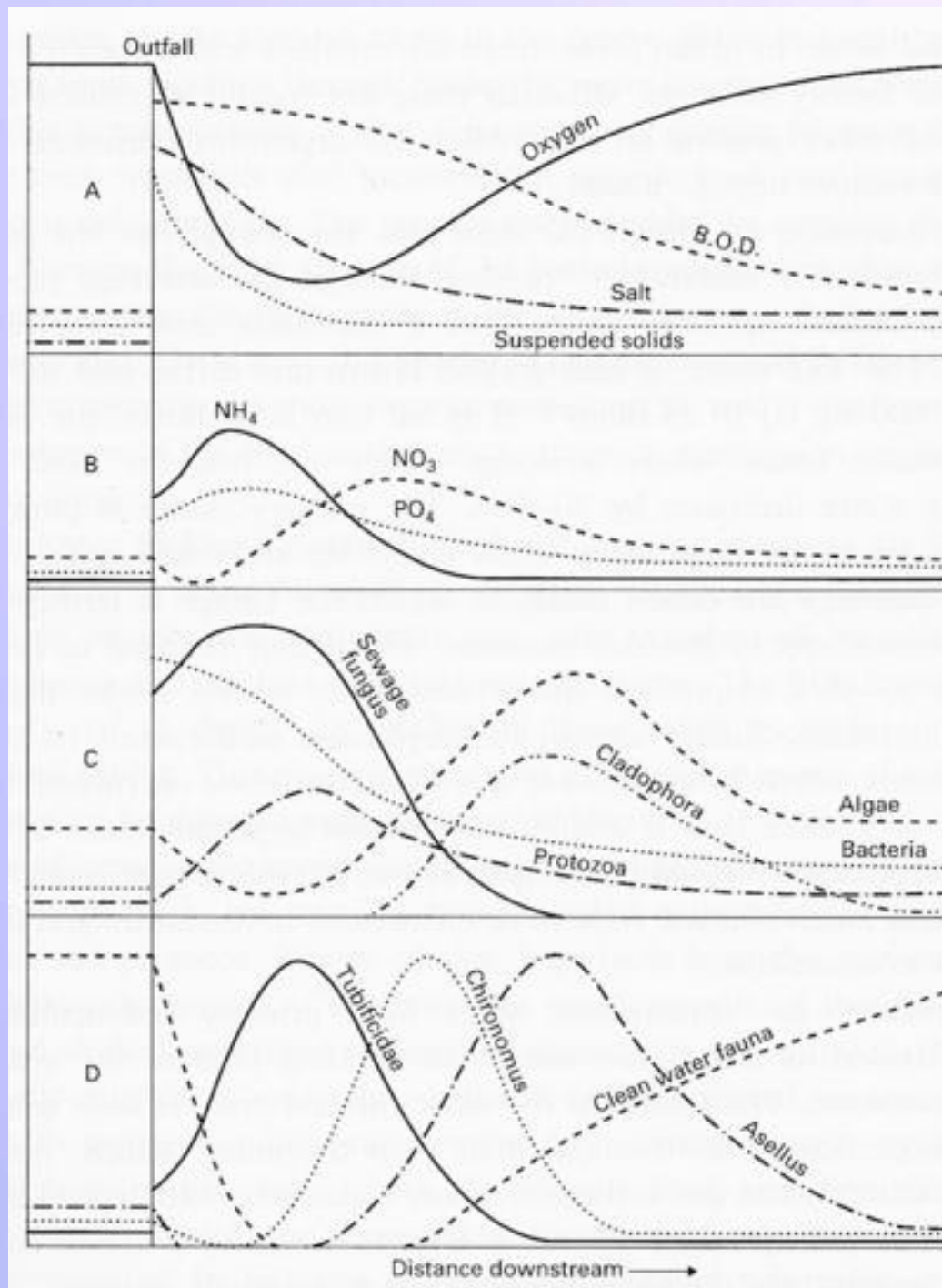
- Clearcutting'in azaltılması
- Sulak alanların korunması
- Daha iyi yapılanma

### 4. Tedavi/Geri Kazandırma

Varolan su kaynaklarındaki kirleticilerin arıtılması, azaltılması ya da nötralize edilmesi

### 5. Arıtmalar

Kanalizasyon suları arıtmaları



**Şekil.** Deşarj sonrası, nehir boyunca kirliliğin neden olduğu değişim.



# İÇME SUYU ARITIMI

## İçme Sularının Özellikleri

İçme ve kullanma sularında istenilen ve istenmeyen özellikleri beş grupta toplamak mümkündür.

a) Su, kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.

b) Su hastalık yapan mikroorganizma içermemelidir.

c) Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.

d) Su kullanma maksatlarına uygun olmalıdır.

e) Sular agresif olmamalıdır.



- **Su, kokusuz, renksiz, içimi lezzetli olmalıdır.**

Sularda fenoller, yağlar gibi suya kötü koku ve tat veren maddeler olmamalı, sular, renksiz, berrak ve içilebilecek sıcaklıkta olmalıdır. İçme suyu için en uygun sıcaklık 8 ila 12 °C'dir. Ayrıca sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu 5 mg/L'den daha yüksek olmalıdır.

- **Suda hastalık yapan organizmalar olmamalıdır.**

Suda bulunabilen bazı mikroorganizmalar çeşitli hastalıklara sebep olurlar. Bu çeşit hastalıklara “suyun sebep olduğu hastalıklar” denir. Bunlar, aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Hastalık Adı	Organizma
Basilli dizanteri	Shigella dysenterial
Tifo	Salmonella typhi
Kolera	Vibrio cholera
Ampi dizanteri	Entameoba histolytica
Çocuk felci	Çocuk felci virüsü
Sarılık	Hepatitis virüsü

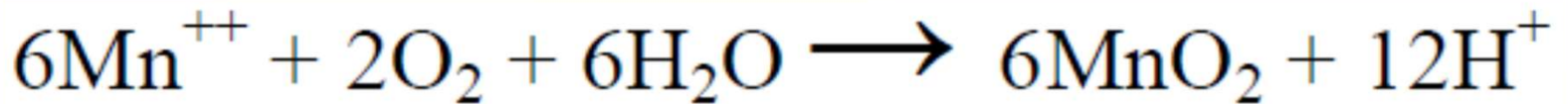
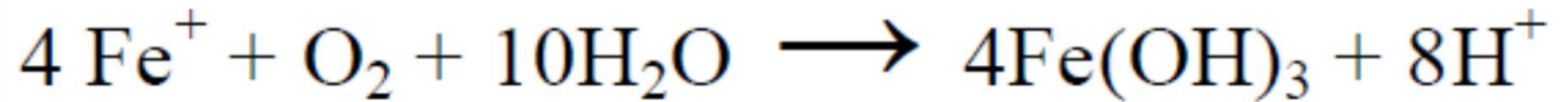
- Sudaki zararlı mikroorganizmaları yok etmek için en etkili yol dezenfeksiyondur. Suyun bakiye 0.1-0.2 mg/L klor kalacak şekilde ve uygun temas süresi ile klorla dezenfekte edilmesi halinde bağırsak patojen bakterileri, 0.3-0.4 mg/L bakiye klorla dezenfeksiyon halinde ise virüsler yok edilebilir.

- **Suda Sağlığa Zararlı Kimyasal Maddeler Olmamalıdır.**

Bazı kimyasal maddeler zehirli tesir gösterir. Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, civa, selenyum zehirli maddelerdir. Ayrıca nitrat, radyoaktif maddelerin de bulunmaması gerekir.

- **Sular Kullanım Maksatlarına Elverişli Olmalıdır**

Sular içme suyu ve sanayide kullanma suyu olarak kullanılabilir. İçme suyu olarak kullanılması halinde sudaki demir ve manganez muhtevaları düşük olmalıdır. Demir, bilhassa yeraltı sularında (2) değerlikli  $Fe^{+2}$  olarak, umumiyetle demir bikarbonat  $Fe(HCO_3)_2$  şeklinde bulunur.  $Fe^{+2}$ , oksijenle temas ederse sarı-kırmızı bir bileşik olan demir hidroksit halinde çöker. Bu sebeple suyun tadı ve rengi değişir.



- **İçme Suları Agresif Olmamalıdır.**

Suların agresifliği, serbest karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ile bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) iyonunun dengede olmamasından ileri gelir. Suların agresifliği boruların korozyonuna (aşınmasına) sebep olur, onların kısa zamanda harap olmalarına, dolayısıyla ilave masraflara yol açar. Ayrıca boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler suyun evsafının bozulmasına sebep olur.

- **İçme Suyu Standartları**

İçme sularının renksiz, berrak olması, hastalık yapıcı organizmaları, zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi ve agresif olmaması gerektiği belirtilmişti. Sularda bu şartları sağlamak ve suda bulunması arzu edilmeyen maddeleri belirli bir seviyenin altında tutmak için çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında dikkate değer olanı Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından verilen standartlardır. Ülkemiz için kabul edilen içme suyu standardı ise TS 266"dır.



**Tablo-1. Memleketimiz İçin Kabul Edilen İçme Suyu Standardı (TS-266)**

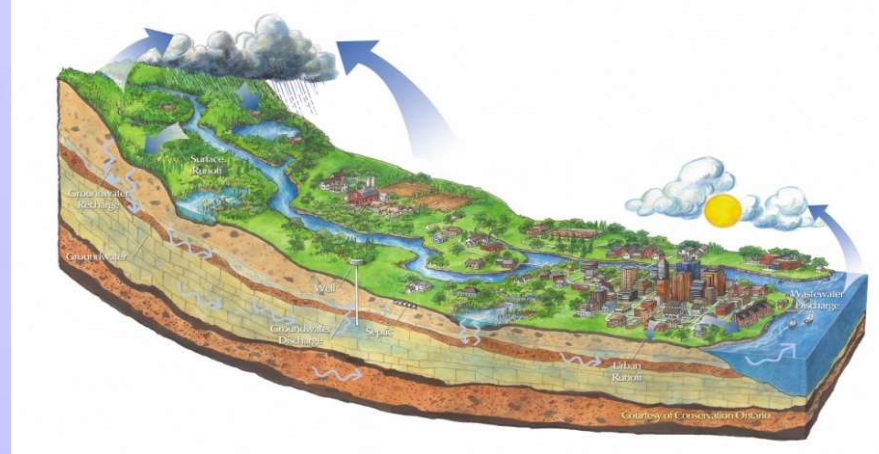
<b>Tablo-1. Memleketimiz İçin Kabul Edilen İçme Suyu Standardı (TS-266)</b>			
<b>1.ZEHİRLİ MADDELER</b>	Kurşun (Pb)	-	0,05 mg/l
	Selenyum (Se)	-	0,01 mg/l
	Arsenik (As)	-	0,05 mg/l
	Krom (Cr <sup>+</sup> )	-	0,05 mg/l
	Siyanür (CN)	-	0,2 mg/l
	Kadmiyum (Cd)	-	0,01 mg/l
<b>2.SAĞLIĞA ETKİ YAPAN MADDELER</b>	Florür (F)	1.0 mg/l	1,5 mg/l
	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	-	45 mg/l
<b>3.İÇİLEBİLME ÖZELLİĞİNE ETKİ YAPAN MADDELER</b>	Renk	5 birim	50 birim
	Bulanıklık	5 birim	25 birim
	Koku ve tad	kokusuz normal	kokusuz normal
	Buharlaştırma Kalıntısı	500 mg/l	1500 mg/l
	Demir (Fe)	0,3 mg/l	1,0 mg/l
	Mangan (Mn)	0,1 mg/l	0,5 mg/l
	Bakır (Cu)	1,0 mg/l	1,5 mg/l
	Çinko (Zn)	5,0 mg/l	15,0 mg/l
	Kalsiyum (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
	Magnezyum (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
	Sülfat (SO <sub>4</sub> )	200 mg/l	400 mg/l
	Klorür (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
	pH	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2
	Bakiye Klor	0,1 mg/l	0,5 mg/l
	Fenolik Maddeler	-	0,002 mg/l
Alkali Benzil Sülfonat	0,5 mg/l	1,0 mg/l	
Mg+Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500 mg/l	1000 mg/l	
<b>4.KİRLENMEYİ BELİRTEN MADDELER</b>	Toplam Organik Madde	3,5 mg/l	-
		-	-

\*Toplam organik madde 3,5 mg/l'yi aşması bakteriyolojik muayenede özellikle titiz davranılmalıdır.

# • Su Kaynaklarının Özellikleri ve Kaynak Seçimi

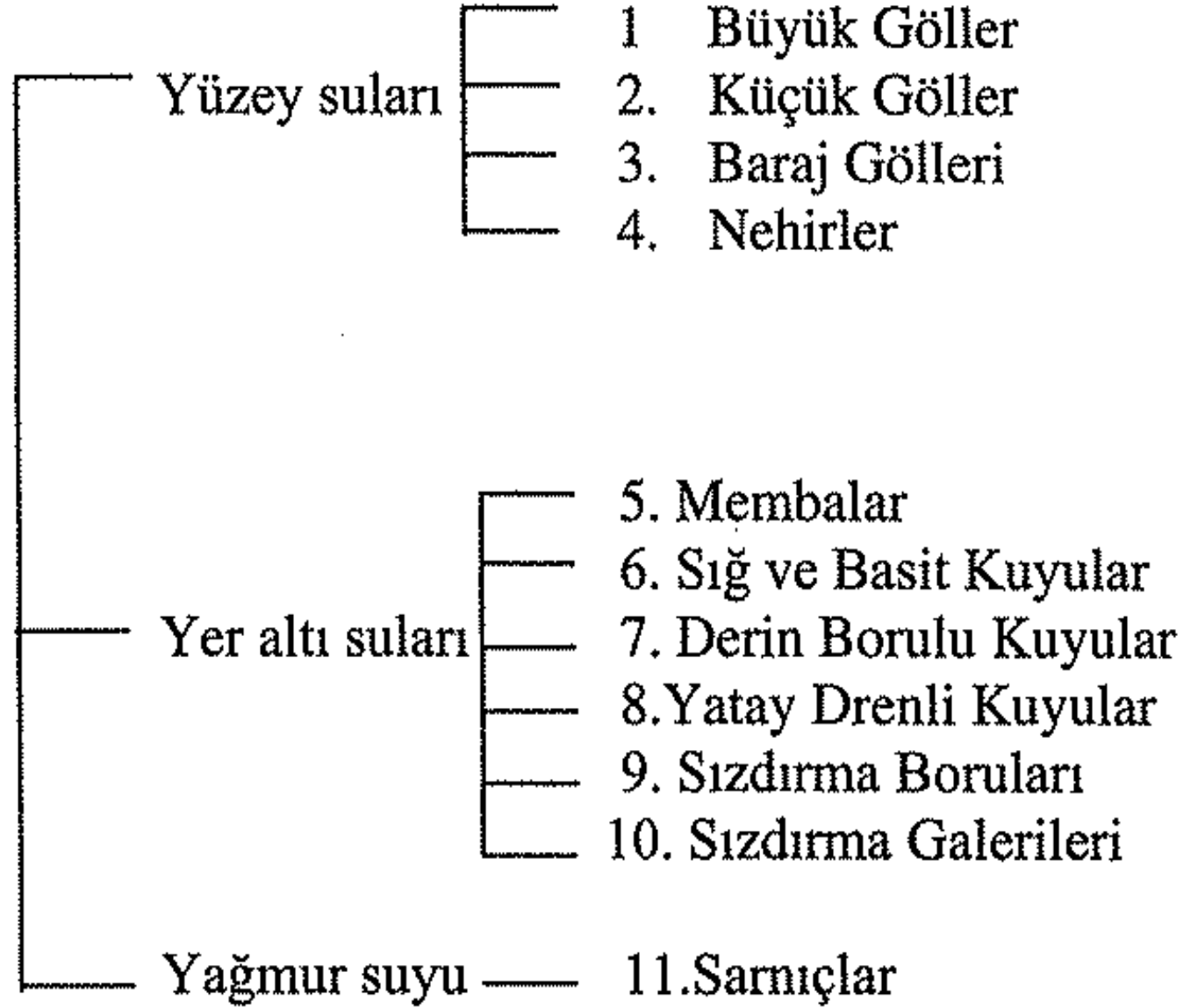
Bir kaynaktan alınan suyun kullanma maksatlarına uygun hale getirilmesi için tatbik edilecek tasfiye işlemleri su kaynağının özelliklerine bağlıdır. Su kaynakları, **yeraltı su kaynakları** ve **yüzey suları** olmak üzere iki sınıfta incelenebilir.

- Yeraltı sularının kalitesi zamanla büyük değişimler göstermez, renk dereceleri, bulanıklıkları düşüktür. Ancak fazla miktarda çözünmüş madde içerirler.



- Yüzey suları, nehir, göl, baraj ve seddelerden alınan sular olup, su kalitesi zamanla büyük değişimler gösterir, renk ve bulanıklılığı fazladır. Ayrıca yüzey suları, ev ve sanayii kullanılmış suları ile kirletilmiş olabilir. Bu yüzden organik maddeler, tat ve koku veren maddeler, fenoller, deterjanlar, metaller gibi maddeler de yüzey sularında bulunabilir. Tasfiye tesisinin projelendirilmesinde bu durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

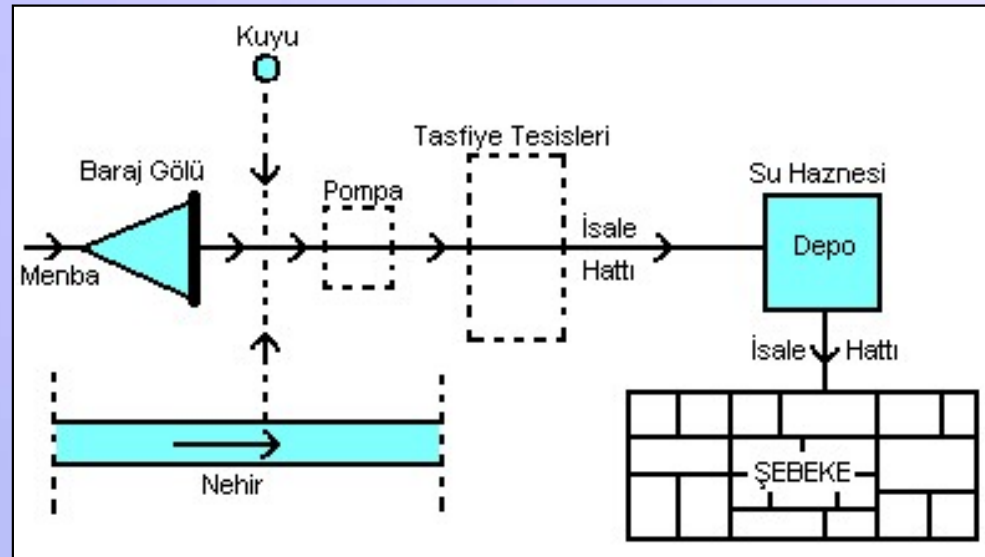
## SU KAYNAKLARI



# Su Getirme Sistemleri:

Su Getirme tesisleri aşağıdaki üniteleri kapsamaktadır:

- Membalar, yatay ve düşey kuyular, nehir, göl veya baraj suları,
- Suların tasfiyesi,
- Terfi merkezi,
- Biriktirme hazneleri (Depolar),
- İletim (isale) hattı,
- Su dağıtım sistemi (Şebeke),
- Bina bağlantı borusu ve bina iç tesisatı.



Su alma tesisleri ya şimdiki ya da gelecekteki su ihtiyaçlarını sürekli olarak karşılamaya yetecek miktardaki bir su kaynağından alır. Su alma yerinde sular kalitece istenen standartları sağlamıyorsa, tasfiye (**arıtma**) tesisleri toplanan suyu hizmet edeceği maksatlara elverişli hale getirir. Suyun yer çekimi ile iletilmesinin mümkün olmadığı hallerde, terfi merkezleri suyun istenilen yüksekliğe iletilmesini mümkün kılarlar. Biriktirme hazneleri ise; ihtiyaçtan fazla suları ihtiyaca yetmeyen zamanlarda kullanılmak üzere biriktirerek zaman zaman yetersiz olan bir kaynağı, sürekli olarak ihtiyacı karşılayacak hale getirirler. Kaynaktan alınan suları kullanılacak bölgeye iletilmesini temin eden boru hattına iletim (**isale**) hattı adı verilir. İhtiyaç bölgesine getirilmiş olan suları ihtiyaç sahiplerine dağıtan tesislere de şebeke veya su dağıtım sistemi denir.



# Su Arıtımında Amaçlar ve Temel İşlemler

İçme suyu tasfiyesi aşağıdaki amaçlardan biri veya birkaçı için yapılır:

-Su sıcaklığının düşürülmesi veya yükseltilmesi,

-Renk, bulanıklık, tat ve koku giderimi,

-Mikroorganizma giderimi,

-Demir ve mangan giderimi,

-Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) giderimi,

-Oksijen konsantrasyonunun yükseltilmesi, suya bazen  $\text{CO}_2$  verilmesi, bazen giderimi, hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) gibi gazların sudan uzaklaştırılması yani gaz transferi,

-Asitlerden temizleme,

-Su sertliğinin düşürülmesi,

-Korozif özelliğin giderilmesi,

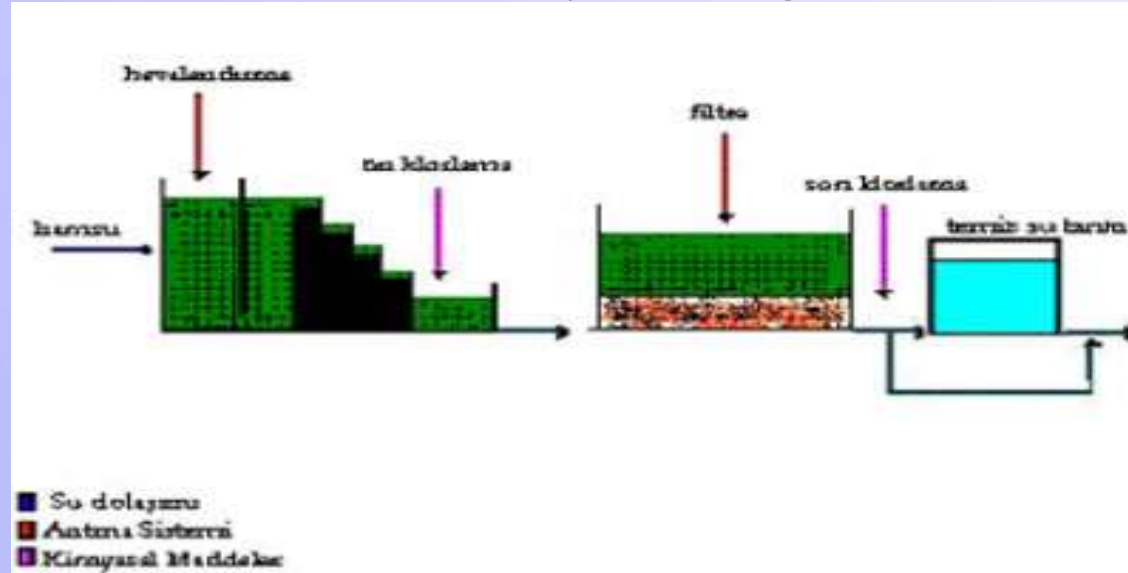
-Tuzluluğun giderimi,

-Zararlı kimyasal maddelerin giderimi.



# İçme Suyu Arıtımında Kullanılan Prosesler

**Ön Klorlama:** İçme ve kullanma sularının arıtımına başlamadan önce tesisin girişinde suların klorlanmasıdır. İnorganik maddeleri (demir, manganez, sülfidler gibi) okside etmek, tat ve kokuyu ortadan kaldırmak, koagülasyon işleminin verimini arttırmak ve tesiste alg oluşumunu azaltmak amacıyla gerçekleştirilir. Bakteri ve alg yükünün azaltılması yoluyla filtrasyon işleminin düzenlenmesi, koagülasyonun kolaylaşması, çökeltme havuzlarında oksidasyon ve bozulmaların geciktirilmesiyle tat, koku ve renk meydana getiren cisimlerin azaltılması, en önemlisi de çok kirli suların klor artığını en az miktarda tutarak dağıtım şebekesinde yeterli güven hissi veren dezenfeksiyonun sağlanmasıdır.



# Havalandırma:

Havalandırmanın amaçları şunlardır:

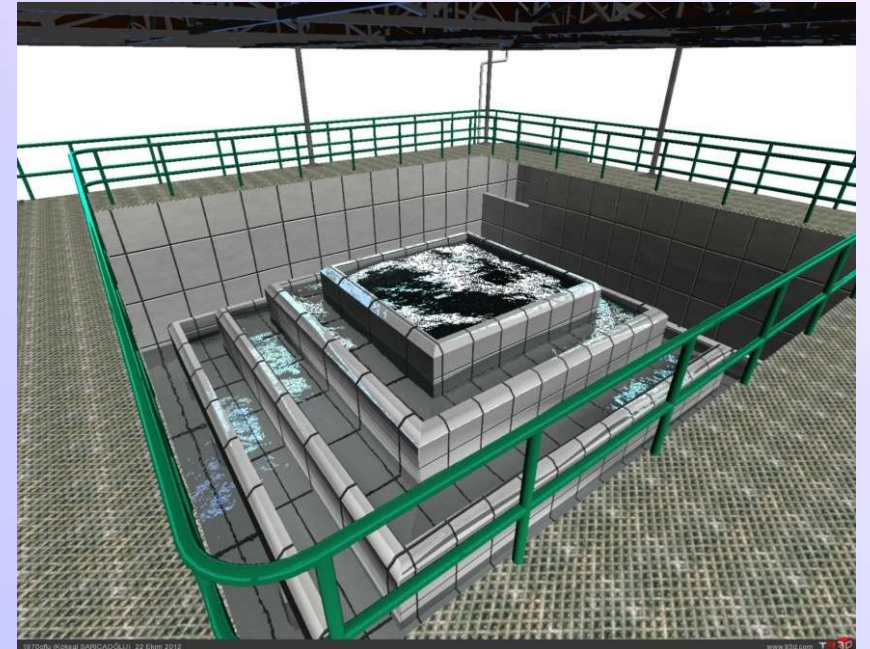
1. Suya oksijen kazandırmak
2. Karbondioksit gidermek veya kazandırmak
3. Hidrojen sülfür gidermek
4. Metanın giderilmesi
5. Uçucu yağlar ve kimyasal maddelerin giderilmesi
6. Suların dezenfeksiyonu



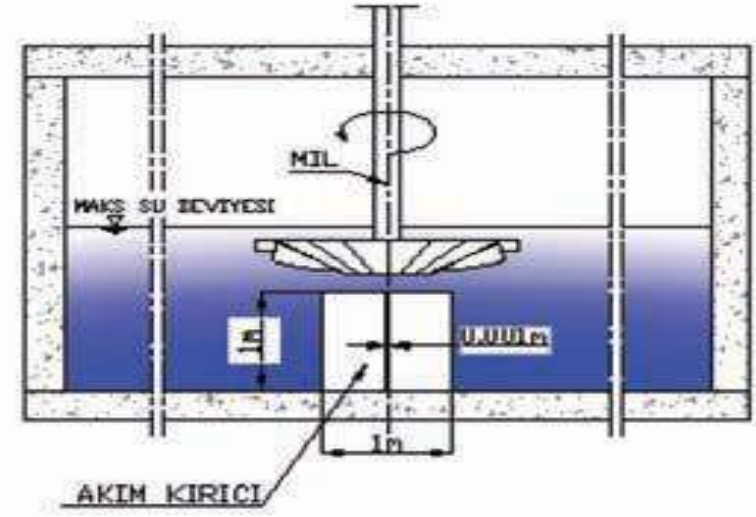
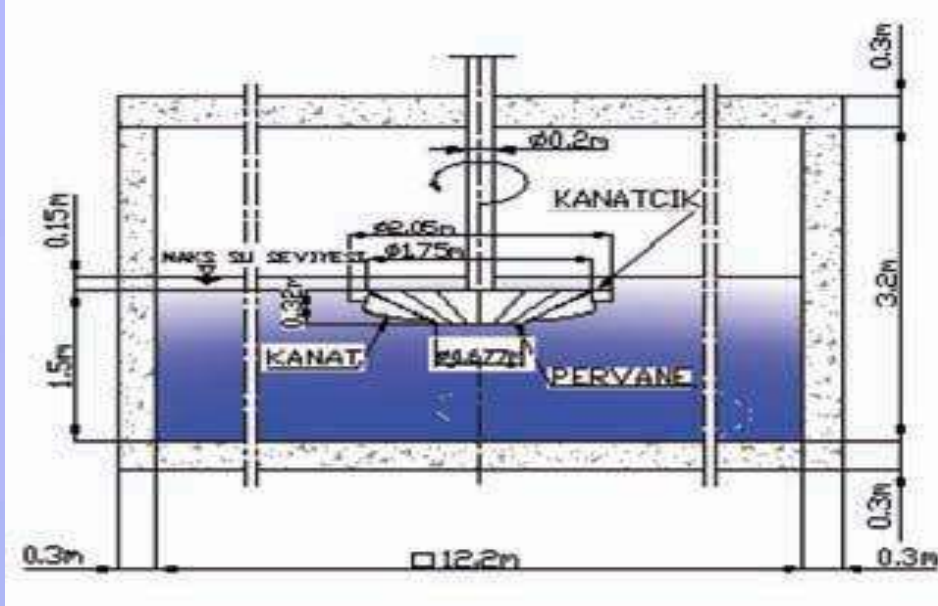
Havalandırma için kullanılan prosesler:

- Kaskat tipi (basamaklı) havalandırma,
- Basınçlı havalandırma,
- Fıskiye tipi havalandırma,
- Mekanik karıştırma ile havalandırma.

- *Kaskat tipi (basamaklı) havalandırma*



- *Mekanik karıştırma ile havalandırma.*



- *Basınçlı havalandırma*



# Gaz Transferine Bakış

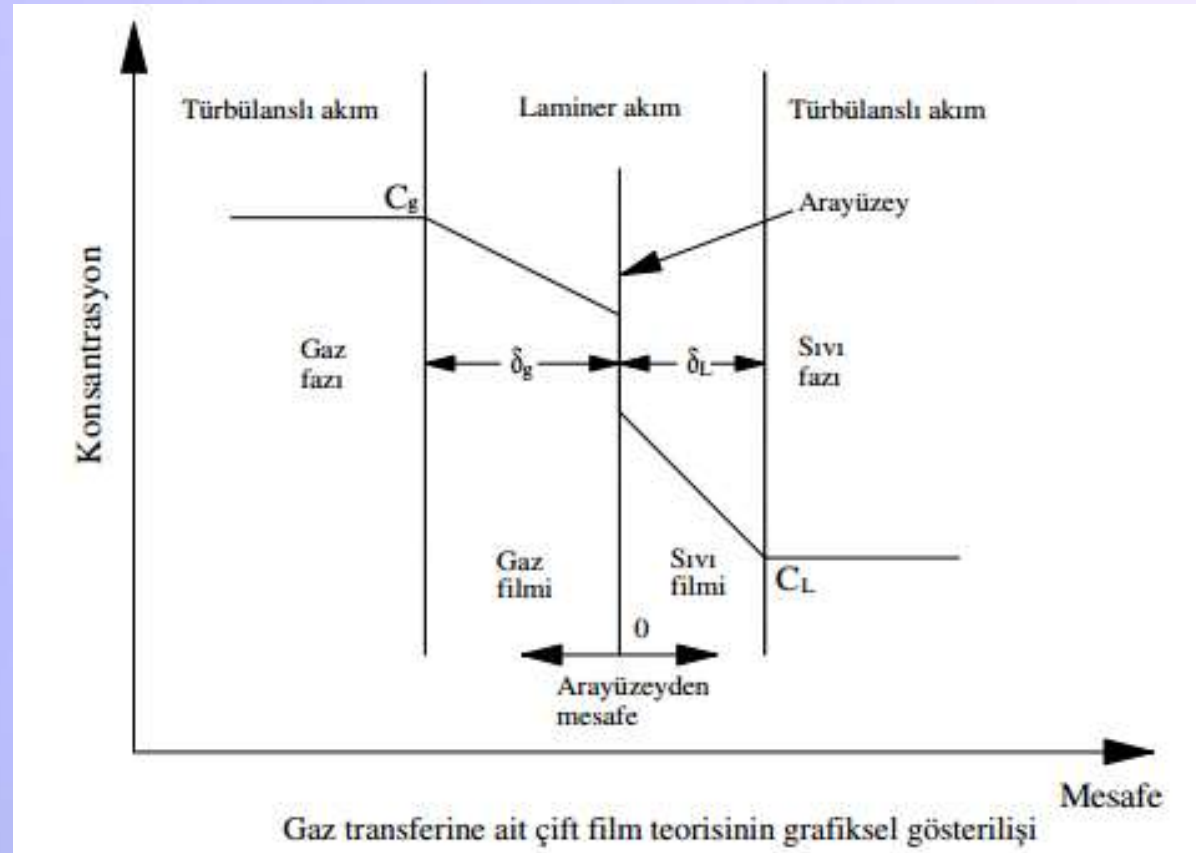
Sularda gaz transferi; suya klor, ozon, çözünmüş oksijen vb. gazları vermek veya  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  gibi gazları sulardan uzaklaştırmak amacıyla yapılır. Bir gazın sudaki çözünürlüğü, gazın cinsine, suyun sıcaklığına ve sudaki kirleticilerin konsantrasyonlarına bağlıdır. Eğer bir sıvı ortam bir gaz veya gaz karışımlarıyla temas halinde ise gaz molekülleri, gaz ortamdan sıvıya veya sıvıdan gaz ortamına transfer olurlar. Bu durum gaz ile sıvı arasında bir denge hali meydana gelinceye kadar devam eder. Denge durumunda sıvı içindeki gaz konsantrasyonu doygun durumdadır.

Gaz transferinin mekanizmasını izah için çift film teorisi, penetrasyon teorisi ve yüzey yenilenme teorisi gibi teoriler geliştirilmiştir



# Çift Film Teorisi

Bu teoriye göre gaz-sıvı ara yüzeyinde aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi iki tabaka mevcuttur. Bunların dışında sıvı ve gaz fazları yer alır. Bu ince tabakalar, gaz moleküllerinin, gaz ve sıvı fazları arasındaki hareketine karşı direnç gösterirler. Gaz moleküllerinin gaz fazından sıvı fazına geçmesinde, sıvıda çözünürlüğü az olan gazlar esas direnci sıvı tabakasından, çözünürlüğü çok olan gazlar ise esas direnci gaz filminden görürler. Sıvı içinde çözünürlüğü orta şiddette olan gazlar ise her iki tabakada da önemli ölçüde geçiş direnci ile karşılaşılırlar.



Suların havalandırılmasında karşılaşılan sistemlerde genel olarak suda az çözünen gazlar söz konusu olup gaz transfer hızı, gazın denge halindeki konsantrasyonu ve mevcut konsantrasyonu arasındaki farkla orantılıdır. Bu tür sistemler için gaz transfer hızı aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$\frac{dm}{dt} = K_g A (C_g - C_g^*) = K_L A (C_L^* - C_L)$$

Bu eşitlik sadeleştirilirse,

$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C_s - C)$$

şeklinde yazılır. Burada;  $\frac{dC}{dt}$  = konsantrasyon değişim hızı (mg/L.s),  $K_L a$  = kütle transfer katsayısı (1/s),  $C_s$  = sudaki çözünmüş oksijenin doygunluk konsantrasyonu (mg/L) ve  $C$  = sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu (mg/L) göstermektedir.

## Çözünmüş Oksijen Doymunluk Konsantrasyonu

Gazların sudaki çözünürlüğü (reaksiyonsuz ortamda) **Henry Kanunu** ile ifade edilmektedir. Atmosferdeki oksijen, azot ve nadir gazlar bu sınıfa girmektedir. Metan ve hidrojen gazları da bu bakımdan inert olup Henry Kanunu'na uymaktadır. Diğer taraftan karbondioksit, karbonik asit meydana getirmek üzere %1 nispetinde su ile reaksiyona girmektedir.

Gaz karışımlarına ait **Dalton Kanunu**'na göre; bir gazın karışım içindeki basıncı, bu gazın karışım içindeki hacimsel oranı ile gaz karışımının toplam basıncı çarpımına eşittir. Buna gazın kısmi basıncı denir. Mesela, deniz seviyesinde su buharı ihtiva etmeyen havanın hacmen %79 azot, %21 oksijenden meydana geldiği kabul edilir ve hava basıncı 1 atmosfer (atm) alınır, oksijenin kısmi basıncı 0.21 atm olur.

Diğer taraftan, deniz seviyesinde 760 mm Hg (civa yüksekliği) basıncı altında bulunan 0 °C deki havanın su ile temas halinde olduğu kabul edilirse, bu hava su buharına doymun olacaktır. Suyun 0 °C deki buhar basıncı 4.58 mm Hg olduğundan, oksijenin kısmi basıncı  $0.21(760 - 4.58) = 158$  mm Hg olarak bulunur.



Sıvı içinde çözünen bir gazın doygunluk halindeki konsantrasyonu, sıvı ile temasta olan gazın kısmi basıncının bir fonksiyonudur. Bu ilişki **Henry Kanunu** ile ifade edilmektedir.

$$P_g = H x_g$$

Burada;  $P_g$  = gazın kısmi basıncı (atm),  $H$  = Henry sabiti ve  $x_g$  = çözünmüş gazın dengedeki mol kesridir.

$$x_g = \frac{\text{mol gaz } (n_g)}{\text{mol gaz } (n_g) + \text{mol su } (n_{su})}$$

Henry sabiti ( $H$ ); gazın cinsine, sıcaklığına ve içindeki bileşenlere bağlıdır.

Suda çok az çözünen bazı gazlara ait Henry sabitleri [37]

T (°C)	$H \times 10^{-4}$ , atm/mol oranı							
	Hava	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
0	4.32	0.0728	3.52	5.79	0.0268	2.24	5.29	2.55
10	5.49	0.104	4.42	6.36	0.0367	2.97	6.68	3.27
20	6.64	0.142	5.36	6.83	0.0483	3.76	8.04	4.01
30	7.71	0.186	6.20	7.29	0.0609	4.49	9.24	4.75
40	8.70	0.233	6.96	7.51	0.0745	5.20	10.4	5.35
50	9.46	0.283	7.61	7.65	0.0884	5.77	11.3	5.88
60	10.1	0.341	8.21	7.65	0.103	6.26	12.0	6.29

Diğer taraftan bir gazın sıvı içindeki doygunluk konsantrasyonu; gazın, gaz ortamındaki konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Bu matematiksel olarak,

$$C_s = k_D \cdot C_g$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada;  $C_s$  = gazın sıvı ortamdaki doygunluk konsantrasyonu (mg/L),  $C_g$  = gazın gaz ortamdaki konsantrasyonu (mg/L) ve  $k_D$  = dağılım katsayısıdır. Dağılım katsayısı  $k_D$  gazın ve sıvının cinsine, sıcaklığına bağlı olarak değişir.

Çeşitli gazların hava-su sisteminde dağılım katsayıları [1]

Parametre	Mol. Ağ.	Yoğunluk (0°C ve 101.3 k Pa) kg/m <sup>3</sup>	Dağılım Katsayısı, $k_D$				Kaynama Noktası °C
	g/mol		0°C	10°C	20°C	30°C	
Hidrojen (H <sub>2</sub> )	2.016	0.08988	0.0214	0.0203	0.0195	0.0189	-253
Metan (CH <sub>4</sub> )	16.014	0.7168	0.0556	0.0433	0.0335	0.0306	-162
Azot (N <sub>2</sub> )	28.01	1.251	0.0230	0.0192	0.0166	0.0151	-196
Oksijen (O <sub>2</sub> )	32.00	1.429	0.0493	0.0398	0.0337	0.0296	-183
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	17.03	0.771	1.300	0.943	0.763	-	-33.4
Hidrojen sülfür (H <sub>2</sub> S)	34.08	1.539	4.690	3.65	2.87	-	-61.8
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	44.01	1.977	1.710	1.23	0.942	0.738	-78.5
Ozon (O <sub>3</sub> )	48.00	2.144	0.641	0.539	0.395	0.259	-112
Hava	-	1.2928	0.0288	0.0234	0.0200	0.0179	-



# Gazların sudaki çözünürlüğüne,

## Gazların cinsinin çözünürlüğe etkisi

Bazı gazlar suda moleküler olarak çözünürler ve su ile yona girmezler. Örneğin  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  gibi gazlar su ile reaksiyona girmeden moleküler çözünen gazlardır. Bazı gazlar ise belli oranda su ile reaksiyona girerek ortamın pH değerine göre hem iyonik hem de moleküler olarak çözünürler ( $NH_3$ ,  $H_2S$  ve  $CO_2$ )

## Çözünürlüğe gaz derişiminin etkisi

Gaz ortamındaki gaz derişimi, gazın kısmi basıncı veya mol sayısı ile doğru orantılıdır. Gazların basıncı artıka hacmi azalmakta, dolayısıyla çözünürlüğü artmaktadır. Gazlar su ortamı ile karşılaştıklarında gaz ortamında bulunan gaz belli oranda suda çözülür ve aralarında dinamik bir denge oluşur. Herhangi bir nedenle denge bozulursa yeniden denge oluşuncaya kadar çözünme devam eder. Her gazın aynı sıcaklıkta belli bir çözünürlüğü vardır. Bu değere doygunluk derişimi denir. Cs ile gösterilir birimi  $gr/cm^3$ ,tür.

## Sıcaklığın çözünürlüğe etkisi

Isınan maddelerde hacim genişlemesi olur. Su ortamı ısıtılırsa hem su hem de su ortamında çözünmüş halde bulunan gaz genişler. Ancak gazın genişmesi suyun genişmesinden daha fazla olduğundan su içinden uzaklaşmak ister. Bu yapıda gazların sıcaklıkta çözünürlüğünün azaldığını göstermektedir.

# Sudaki saflıkların etkisi

Solubility of Oxygen in mg/l in Water Exposed to Water-Saturated Air at 760 mm Hg Pressure.

Salinity = Measure of quantity of dissolved salts in water.

Chlorinity = Measure of chloride content, by mass, of water.

$$S(\text{‰}) = 1.80655 \times \text{Chlorinity} (\text{‰})$$

Temp °C	Chlorinity:0 Salinity:0	5.0 ppt 9.0 ppt	10.0 ppt 18.1 ppt	15.0 ppt 27.1 ppt	20.0 ppt 36.1 ppt	25.0 ppt 45.2 ppt
0.0	14.62	13.73	12.89	12.10	11.36	10.66
1.0	14.22	13.36	12.55	11.78	11.07	10.39
2.0	13.83	13.00	12.22	11.48	10.79	10.14
3.0	13.46	12.66	11.91	11.20	10.53	9.90
4.0	13.11	12.34	11.61	10.92	10.27	9.66
5.0	12.77	12.02	11.32	10.66	10.03	9.44
6.0	12.45	11.73	11.05	10.40	9.80	9.23
7.0	12.14	11.44	10.78	10.16	9.58	9.02
8.0	11.84	11.17	10.53	9.93	9.36	8.83
9.0	11.56	10.91	10.29	9.71	9.16	8.64
10.0	11.29	10.66	10.06	9.49	8.96	8.45
11.0	11.03	10.42	9.84	9.29	8.77	8.28
12.0	10.78	10.18	9.62	9.09	8.59	8.11
13.0	10.54	9.96	9.42	8.90	8.41	7.95
14.0	10.31	9.75	9.22	8.72	8.24	7.79
15.0	10.08	9.54	9.03	8.54	8.08	7.64
16.0	9.87	9.34	8.84	8.37	7.92	7.50
17.0	9.67	9.15	8.67	8.21	7.77	7.36
18.0	9.47	8.97	8.50	8.05	7.62	7.22
19.0	9.28	8.79	8.33	7.90	7.48	7.09
20.0	9.09	8.62	8.17	7.75	7.35	6.96
21.0	8.92	8.46	8.02	7.61	7.21	6.84
22.0	8.74	8.30	7.87	7.47	7.09	6.72
23.0	8.58	8.14	7.73	7.34	6.96	6.61



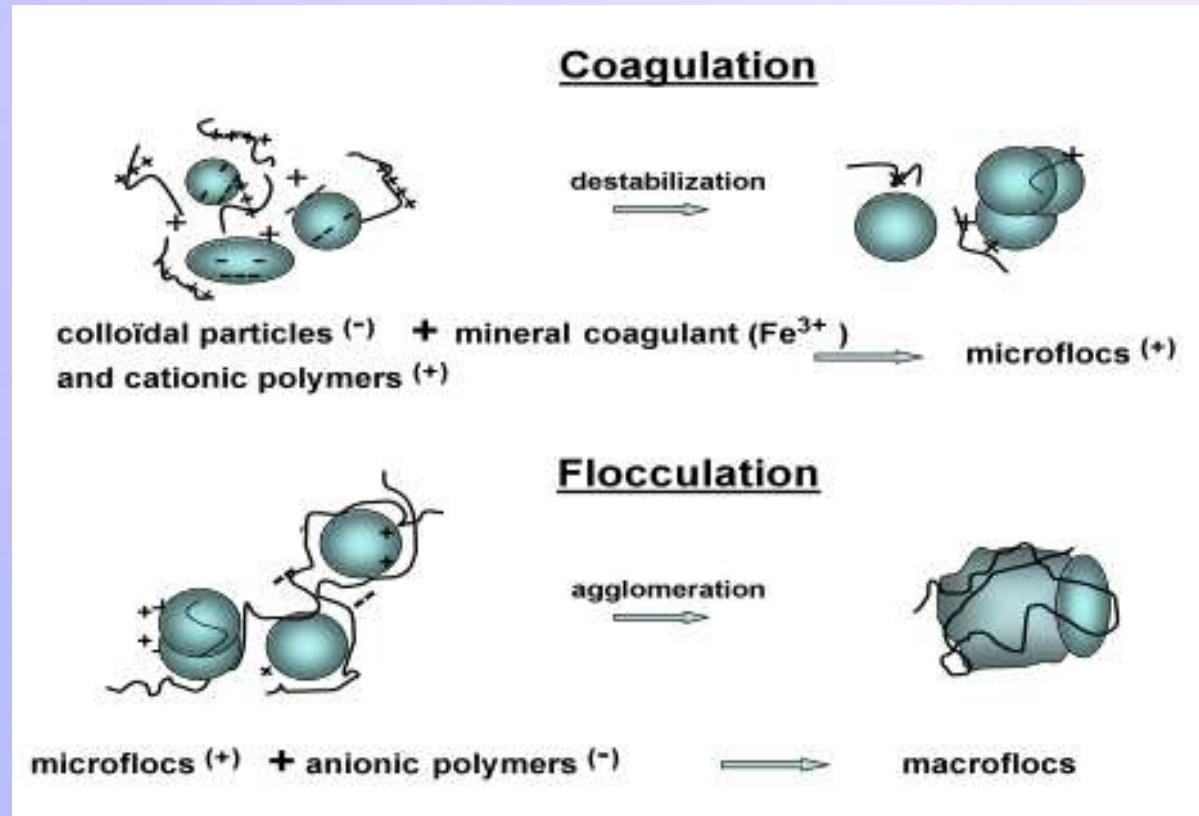
# Pıhtılaştırma/Yumaklaştırma/ökeltim Süreçleri:

Fiziko-kimyasal bir arıtma süreci olan bu metotta amaçlananlar;

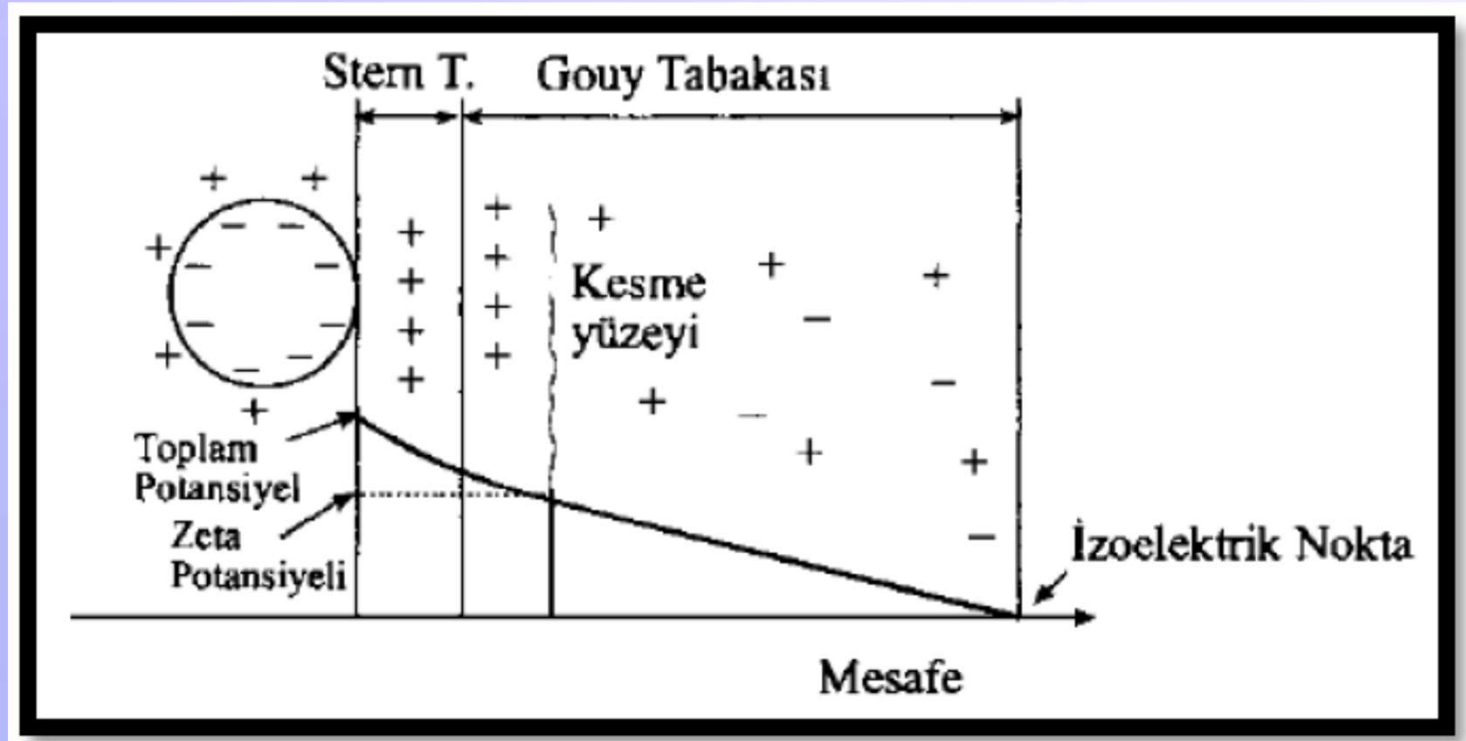
- kolloidal ve kısmen askıda halde bulunan maddelerin uzaklaştırılması,
- inorganik ve organik kirliliklerin giderimi,
- renk giderimi,
- tat ve koku oluşturan maddelerin uzaklaştırılması,
- patojen organizmaların kontrolü,
- alg ve plankton giderimi,
- sertlik giderimi gibi amaçlarla uygulanmaktadır.



Pıhtılaştırma (koagülasyon) sürecinde taneciklerin (kolloid) bir araya gelmesini engelleyen elektriksel yüklerin ortadan kaldırılması amacıyla suya ters yüklü iyonlar ( $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  gibi) eklenir ve bu şekilde taneciklerin itme etkisi azaltılarak birleşmesi sağlanır. Yumaklaştırma (flokülasyon) işlemi ile bir araya gelen taneciklerin flok (yumak) oluşturarak daha iri ve çökebilir forma sahip olması mümkün olur. Yumaklaştırmanın ardından çökeltim veya flotasyon işlemleri ile katı-sıvı ayırımı gerçekleşir.



İçme suyu arıtımında karşılaşılan kolloidler çoğunlukla negatif yüklüdür. Yük çok fazlaysa etrafına çok miktarda zıt işaretli iyon çeker. Böylece tane zıt işaretli iyonlarla kaplanmış olur. Bu ilk ve yoğun zıt iyonlar tabakasına sabit tabaka veya stern tabakası adı verilmektedir. Stern tabakasının dışında yine aynı işaretli iyonlardan oluşan *Gouy Chapman Tabakası* veya *Dağınık Tabaka* bulunur. Bu iki tabakaya “Çift Tabaka” adı verilir. Çift tabakada kolloidin yüküne zıt iyonlar bulunmakla birlikte, aynı işaretli iyonlar da bulunur. Ancak iyon sayısı tane yüzeyinden uzaklaştıkça azalır. Belli bir mesafede + ve – yüklü iyonların sayıları eşit olup bu noktaya **izoelektrik** nokta denilmektedir. Bu noktada potansiyel sıfırdır. Kesme yüzeyi içindeki sıvı tabakası sanki taneciğe yapışmış gibi onunla birlikte hareket eder. Kesme yüzeyindeki potansiyele “zeta potansiyeli” denir.



Kolloidlerin stabilizasyonu aşağıda belirtilen şekillerde olmaktadır:

- Çözeltiye ilave edilen zıt yüklü iyonlar, tanecik etrafındaki çift tabakanın sıkışmasına sebep olur ve itme etkisi azalır.
- Çözeltiye ilave edilen metal iyonları veya organik polimerlerin tanecik yüzeyinde adsorpsiyonu ile tanecik yüzeyindeki potansiyel azalmaktadır.
- Yumaklaştırıcı maddelerin çözeltiye ilavesiyle oluşan metal hidroksitler çökerlerken kolloidleri de bir ağ şeklinde sararak onların da çökmesini temin ederler.
- Organik polimerlerin kullanılması halinde uzun zincirli bu polimerler, kolloidlerin etrafını sararak bir köprü meydana getirir. Böylece kolloidlerin destabilizasyonu sağlanır.

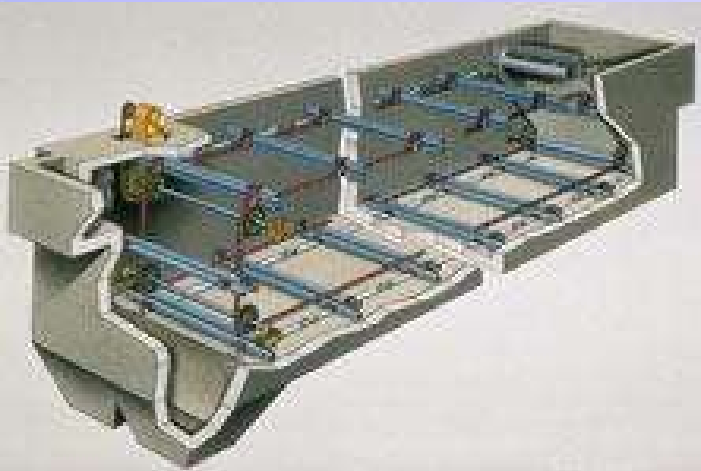


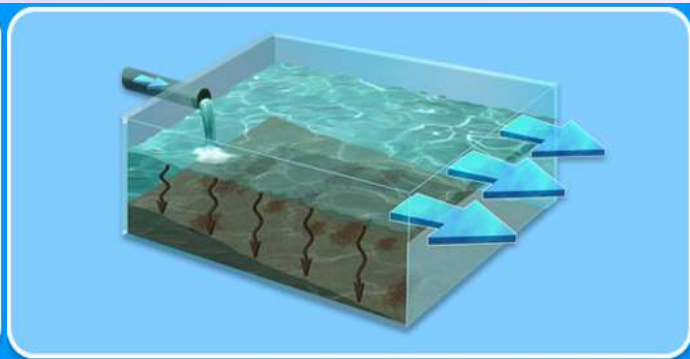
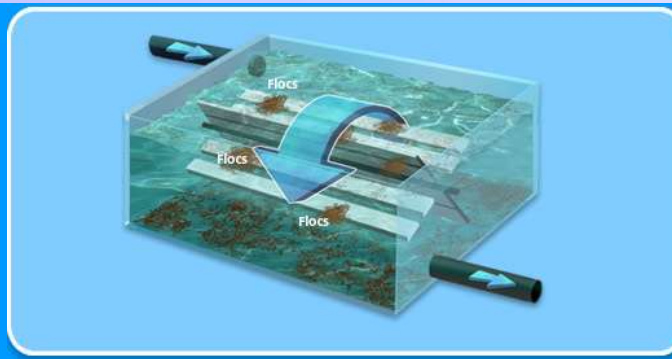
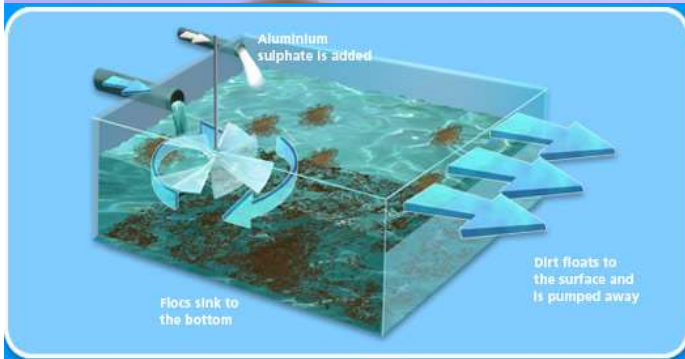
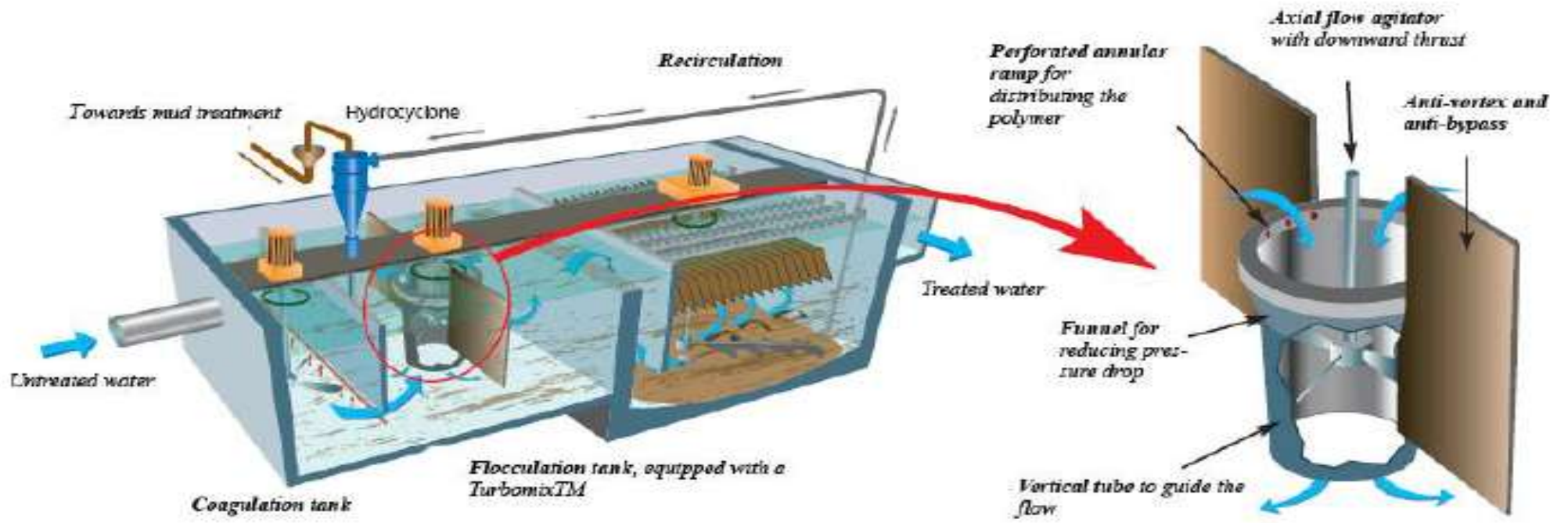
Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma işlemlerinde çeşitli koagülanlar, koagülan yardımcıları ve polielektrolitler kullanılmaktadır. Değerliği yüksek pozitif iyonlar ( $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  gibi) koagülasyon işleminde daha etkin bulunmakta, bu nedenle kullanımı tercih edilmektedir.

Yumaklaştırıcı	Kimyasal Formül	Renk
Alüminyum sülfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	Beyaz
Sodyum Alüminat	$NaAlO_2$	Beyaz
Ferrik klorat (Demir III klorür)	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Kahverengi
Ferrik sülfat (Demir III sülfat)	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Sarımsı Kahverengi
Ferrous sülfat (Demir II sülfat)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Yeşilimsi
Demir sülfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	-
Alüminyum sülfat (Alum)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	-
Kireç (sönmemiş)	$CaO$	Beyaz
Kireç (sönmüş)	$Ca(OH)_2$	Beyaz



Koagülasyon ve flokülasyon işleminin ardından oluşan yumakların uzaklaştırılması gereklidir. Bu amaçla çoğunlukla çökeltim havuzları kullanılmaktadır. Çökeltme türü ve arıtma tesisindeki kullanım amacına göre yatay veya düşey akışlı, dikdörtgen, kare veya dairesel planlı çökeltme havuzları tasarlanabilir. Kimyasal (floklu) arıtma amacıyla çoğu zaman derin havuzlarda düşey akış uygulanmasıyla daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Derinliğin yüksek olduğu havuzlarda, suyun yukarı çıkış hızının kademeli olarak azalması sonucunda tabandan belli bir yükseklikte sabit bir çamur tabakası oluşur. Flok konsantrasyonunun çok yüksek olduğu bu tabaka küçük çaptaki katı maddeler için adeta bir filtre görevi görür. Çamur tabakasından geçen arıtılmış su ise üst kısımdaki kanallar vasıtasıyla toplanıp ana toplama kanalına boşalır. Çamur tabakası belirli bir yoğunluğa geldiğinde çamur konilerinde biriken çamur tahliye edilir.



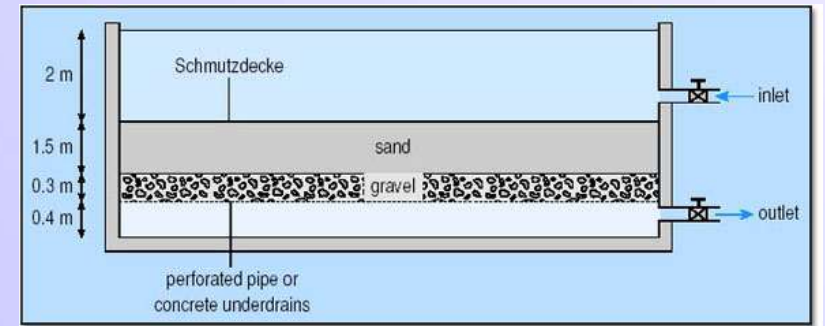
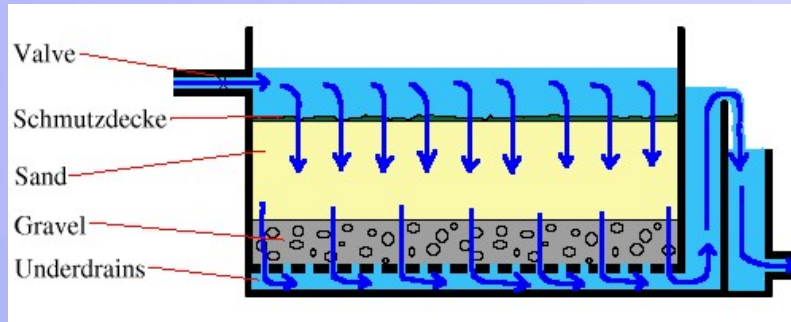


## Koagülasyon-flokülasyon ünitesinin şematik gösterimleri.

# Filtrasyon

İçme suyu arıtımındaki en eski ve en çok kullanılan yöntemlerden birisi filtrasyondur. Filtrasyon işlemi konvansiyonel içme suyu arıtımının olmazsa olmaz ünitelerinden biri olup, arıtma mekanizması sudaki safsızlıkların filtre malzemesi arasındaki boşluklarda tutulmasıdır. Filtrasyon sırasında **yumaklaşma, çökeltim, süzme, adsorpsiyon ve biyolojik süreçler** etkili olmaktadır. Bu mekanizmaların sonucunda suda askıda halde bulunan katı maddelerin, bulanıklığın, organik bileşiklerin, kil, silt, demir ve mangan gibi inorganik maddelerin ve patojen mikroorganizmaların uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

Filtreler genellikle *suyun geçiş hızına bağlı olarak* (yüzeysel hidrolik yük veya filtrasyon hızı) yavaş kum filtreleri (YKF), hızlı kum filtreleri (HKF), basınçlı filtreler (BF) şeklinde gruplandırılabilir. Basınçlı filtreler ise alan tasarrufu avantajı nedeniyle genellikle sanayi tesislerindeki su hazırlama ünitelerinde tercih edilmektedir.



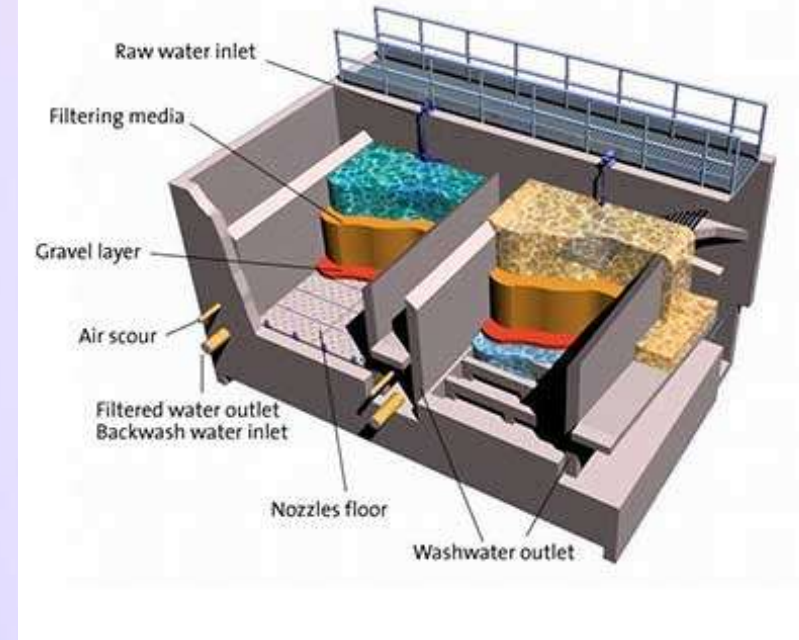
- Filtre malzemesine göre filtreler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:
  - Kum filtreleri
  - Antrasit kömürü ile oluşturulan filtreler
  - Birden fazla malzemenin kullanıldığı filtreler
  - Diatomit filtreler
- Su kalitesinin iyi olduğu durumlarda ise yumak teşekkülü bakımından kimyevi maddelerin ilavesinden sonra hızlı kum filtreleri kullanılabilir. Bu durumlarda filtrasyon işleminden sonra klor veya ozon gibi maddelerle dezenfeksiyon yapılması uygundur. Yüzey sularında yumaklaştırmanın ardından cilalama işlemi olarak hızlı kum filtreleri yaygın olarak kullanılmaktadır.



- Yavaş kum filtrelerinin çıkış suyu kalitesi bakteriyolojik olarak hızlı kum filtrelerinden daha iyidir. Bu yüzden küçük yerleşim yerlerinde ve arazinin uygun olduğu durumlarda yavaş kum filtreleri uygundur. Ancak ham suyun bulanıklığı fazla ise böyle durumlarda ön arıtım gereklidir. Bunun için yavaş kum filtrelerinden önce hızlı kum filtreleri kullanılır. Böylece hızlı kum filtreleri, yavaş kum filtrelerinin yükünü azaltır. Yavaş kum filtrelerini uzun filtrasyon süreleri için kullanmak mümkün hale gelir.

## • Filtrasyonun Mekanizmaları,

- Mekanik Süzme,
- Çökeltme,
- Adsorpsiyon,
- Kimyasal Reaksiyonlar,
- Biyolojik Faaliyetler.



### Hızlı Kum Filtrelerinin Geri Yıkama

Geri yıkama, filtre yatağında malzeme üzerinde biriken kirleticilerin, filtreyi yukarı doğru yıkamak suretiyle sökülüp atılmasıdır. Yalnız geri yıkamada filtre malzemesinin kaybedilmemesi önemlidir.

Geri yıkama suyu toplam filtre edilmiş suyun % 1-2 arasında olmalı ve fazla su kullanılmamalıdır. Geri yıkama ortalama 5 dk sürer.

Geri yıkama suları çeşitli şekillerde sağlanabilir. Şehir içme suyu şebekesinden temin edilebilir. Ancak bu halde su basıncı çok fazla olacağından basıncın düşürülmesi gerekir. Çok sayıda filtre olduğunda kullanılabilir. Diğer seçenek ise geri yıkama haznesi inşa edilerek suyun buradan alınmasıdır.

# Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, akışkan fazda çözülmüş haldeki belirli bileşenlerin bir katı adsorbent yüzeyine tutunmasına dayanan ve faz yüzeyinde görülen yüze tutunma olayıdır. Renk, tat, koku ve zehirli maddelerin gideriminde kullanılır.

Katı örgüsü içinde bulunan iyonlar çekim kuvvetlerince dengelenmiştir. Ancak katı yüzeyindeki atomların dengelenmemiş kuvvetleri, çözültideki maddeleri katı yüzeyine çekerler ve yüzey kuvvetleri dengelenmiş olur. Bu şekilde çözültideki maddelerin katı yüzeyine adsorpsiyonu gerçekleşir.

Günümüzde adsorpsiyon, bir çok doğal fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemde önem taşımaktadır. Ayrıca adsorpsiyon prosesi, atıksulardaki organik ve kimyasal kirleticilerin uygun bir katı yüzey üzerine tutularak giderilmesi işleminde de sıklıkla kullanılmaktadır.

Adsorbent malzemeler doğal ve yapay olarak iki ayrılırlar.

En çok kullanılan adsorbentler, (doğal olan) aktif karbon ve kildir.



Adsorpsiyon, maddelerin adsorban katısının veya sıvının yüzeyine toplanmasıdır. Yüzeye tutunan madde “**adsorbat**”, bunları adsorplayan katı ya da sıvı “**adsorbent**” olarak isimlendirilir.

Adsorpsiyon fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon olmak üzere ikiye ayrılır.

Fiziksel adsorpsiyonda etkileşim zayıf bağlar ve çekim kuvvetleri sonucu meydana gelir. Fiziksel adsorpsiyonda etkili olan kuvvet Van Der Waals kuvvetleridir.

Kimyasal adsorpsiyon ise adsorbat ile adsorbent arasında kimyasal reaksiyon oluşması, elektron alış-verişi olması sonucunda meydana gelir.



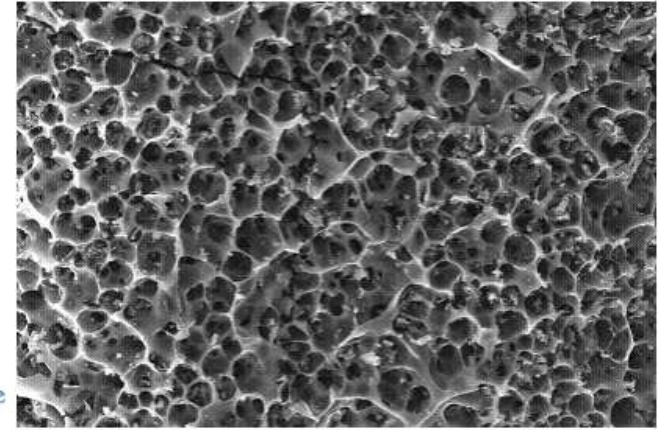
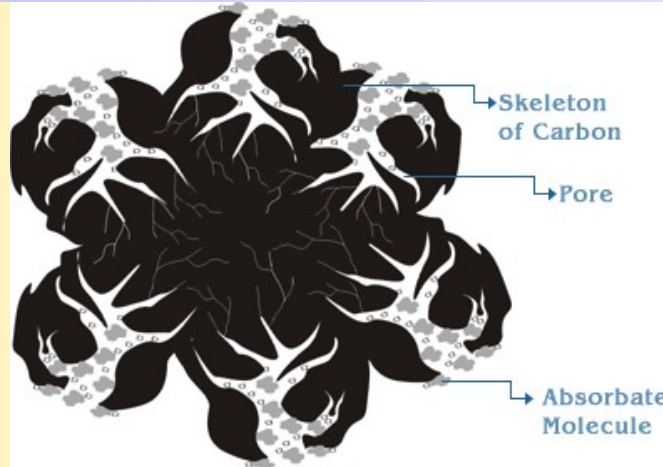
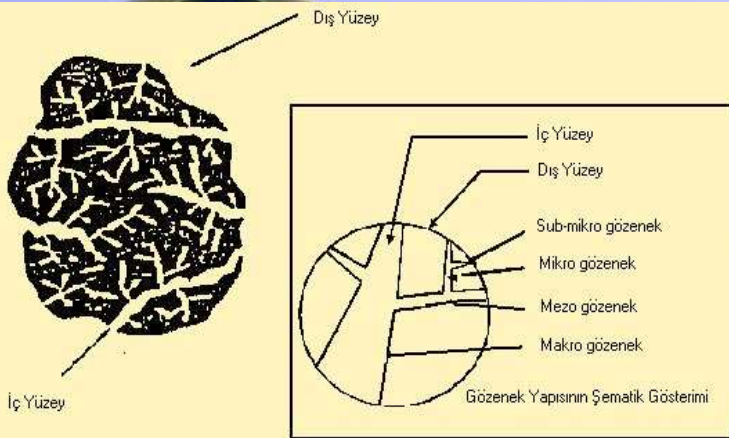
Fiziksel adsorpsiyonda bağ kuvvetleri moleküller arasında olurken kimyasal adsorpsiyonda moleküller içindedir. Fiziksel adsorpsiyonun kimyasal adsorpsiyona karşı en büyük üstünlüğü tersinir olmasıdır. Yani fiziksel adsorbent rejenere edilip yeniden kullanılabilirken kimyasal adsorbent rejenere edilebilirliği etkileşimde olduğu adsorbata göre değişir.

Adsorpsiyonu etkileyen bazı faktörler şunlardır:

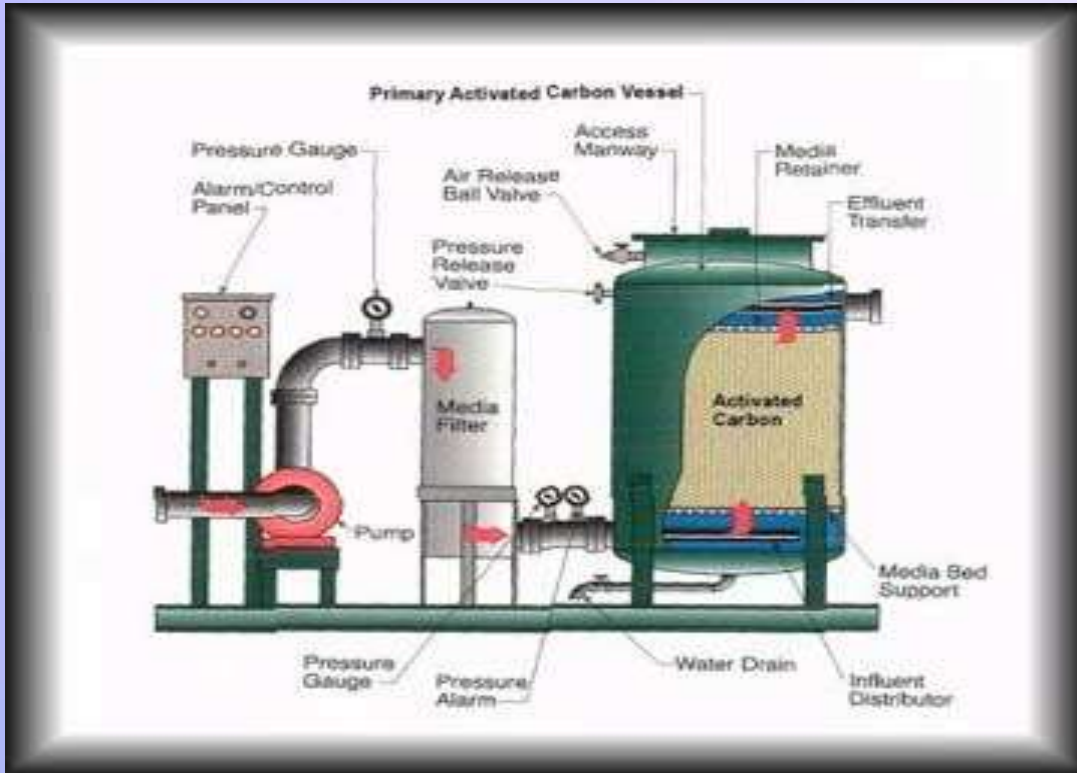
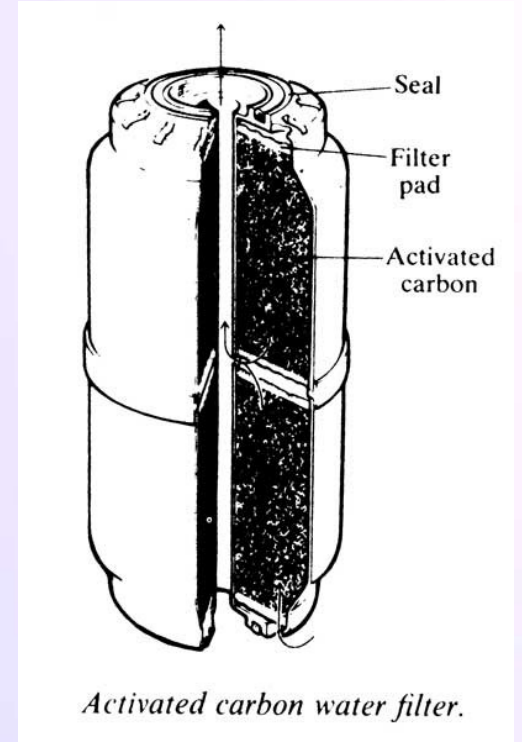
**pH:** Hidronyum ve hidroksil iyonları kuvvetle adsorbe olduklarından, diğer iyonların adsorpsiyonu çözelti pH'ından etkilenir. Ayrıca asidik veya bazik bileşiklerin iyonizasyon derecesi de adsorpsiyonu etkiler.

**Sıcaklık:** Adsorpsiyon işlemi genellikle ısı veren bir tepkime biçiminde gerçekleşir. Bu nedenle azalan sıcaklık ile adsorpsiyon büyüklüğü artar. Açığa çıkan ısının genellikle fiziksel adsorpsiyonda yoğunlaşma veya kristalizasyon ısıları mertebesinde, kimyasal adsorpsiyonda ise kimyasal reaksiyon ısıları mertebesinde olduğu bilinmektedir.

**Yüzey alanı ve por çapı:** Adsorpsiyon bir yüzey işlemi olduğundan, adsorpsiyon büyüklüğü spesifik yüzey alanı ile orantılıdır. Adsorplayıcının partikül boyutunun küçük, yüzey alanının geniş ve gözenekli yapıda olması adsorpsiyonu artırır.



Aktif karbonun yüzey yapısı



# Sertlik Giderimi

Bir **suyun sertliği** içindeki başlıca çözünmüş kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ) veya magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ) tuzlarından ileri gelip, suyun sabunu çökeltme kapasitesidir. Sabun, suda özellikle her zaman için bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonları tarafından çökeltilir. Fakat bu çökeltme aynı zamanda Fe, Al, Mn ve Zn gibi çok değerli metaller ve hidrojen iyonları tarafından da meydana getirilir. Sertlik, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının, kalsiyum karbonat cinsinden toplam konsantrasyonları olarak ifade edilir. Bununla beraber gösterilebilecek miktarlarda bulunan sertlik verici diğer iyonları da kapsayabilir.

Sert sularla ilgili problemler şu şekilde sıralanabilir:

- Sabun tüketimine neden olurlar,
- Deride tahrişe neden olurlar,
- Sıcak su borularında, ısıtıcılarda, kazanlarda kireç birikimine ve taşlaşmaya neden olurlar,
- Porselenlerde renk bozulmasına neden olurlar.
- Sebzelerin katılaşmasına ve renksizleşmesine neden olurlar,
- Kumaşların ömrünü azaltır, yıpranmalarına neden olurlar,
- Konserve endüstrisinde problemlere neden olurlar.



Sudaki bikarbonat ( $\text{HCO}^{-3}$ ) iyonlarının meydana getirdikleri sertliğe, **geçici sertlik** de denir. Zira böyle bir su kaynatıldığı zaman karbondioksit gazı uçar ve kalsiyum karbonat çökerek suyun sertliği azalır.

Asit köklerine göre ( $\text{SO}^{-4}$ ,  $\text{NO}^{-3}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ) bağlı  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$ 'dan meydana gelen sertliğe **karbonat olmayan (kalıcı) sertlik** adı verilir.

Sertlik gideriminde kullanılan önemli metotlar,

- Kireç-Soda Metodu,
- Kostik-Soda Metodu,
- İyon Değişiricileri.

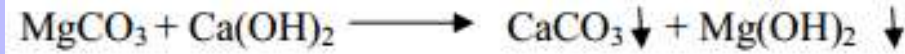


## *Kireç – Soda Metodu ile Sertlik Giderimi*

Bu işlemde  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  iyonları çözünmeyen bileşikler haline getirilerek çöktürülmektedir. Karbonat sertliği (geçici sertlik) kireç ilavesi ile  $\text{CaCO}_3$  veya  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 'nin çöktürülmesiyle aşağıda verilen reaksiyonlar uyarınca giderilebilir. Karbondioksitin giderilmesi,



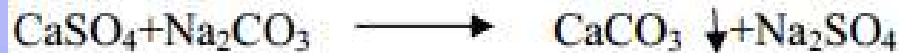
Karbonat sertliğinin giderilmesi,



Magnezyum sülfattan kaynaklanan karbonat olmayan magnezyum sertliği ise aşırı kireç eklenmesi ile giderilebilir.



Kalsiyum iyonundan kaynaklanan karbonat olmayan yani kalıcı sertlik ise soda ilavesi sonucunda ortaya çıkan  $\text{CaCO}_3$  ün çöktürülmesi ile giderilebilir.



## *İyon Değişimi ile Sertlik Giderimi*

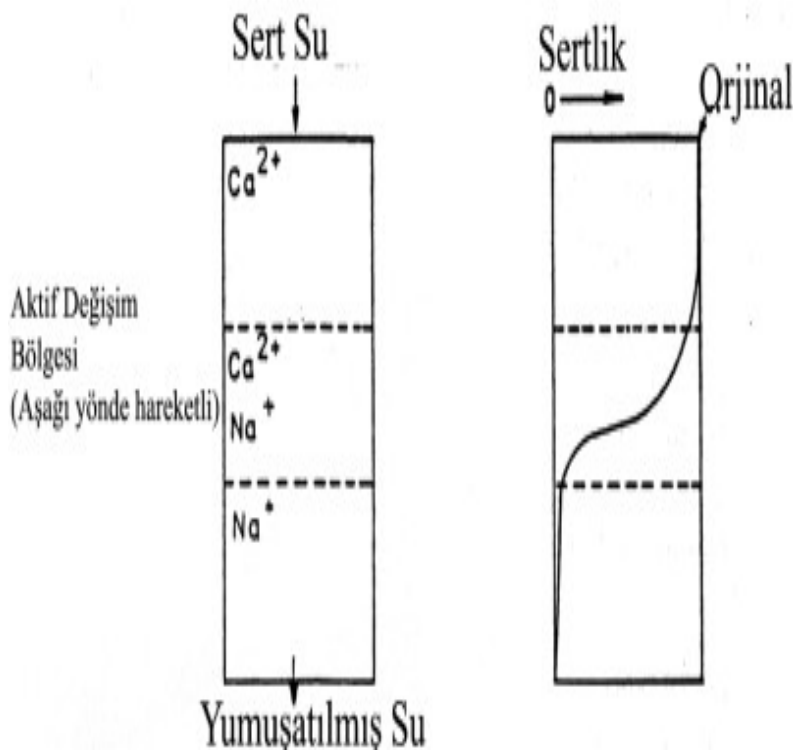
İyon değiştirme, iyonların çözüldüğü katı bir yüzeye ya da katı bir yüzeyden çözüldüğü edildiği fiziksel ve kimyasal bir işlemdir. Bu işlem, temelde çözelti içerisindeki iyonların katı bir yüzeyde elektrostatik güçlerle tutulan benzer yüklü iyonlarla değiştirilmesi esasına dayanır. Yani katyonlar pozitif yüklü iyonlarla, anyonlar da negatif yüklü iyonlarla yer değiştirirler. İyon değiştirici olarak en çok kil, zeolitler, iyon değiştirme reçineleri ve toprak humusu kullanılmaktadır. İyon değiştiricilerin yüzey üzerindeki tutunma istekleri kimyasal yapılarına göre değişiklik gösterebilir. İyon değiştiricinin boyutu, yüzey alanı ve kapasitesi iyon değişiminde verimi etkileyen faktörlerdendir.



İyon değişimi geri dönüşümü olan bir süreçtir ve rejenere edilebilir. İyon değiştirme işleminin yaygın olarak kullanıldığı alanlar sertlik giderimi ve endüstriyel kullanım için demineralize (iyon içermeyen) su teminidir. Ayrıca, endüstriyel atık su arıtımında organik karbon, fenol, pestisit, klorlu bileşikler ve renk giderimi için de iyon değiştirme işlemi kullanılabilir.

# İyon Değişirme ile Su Yumuşatma Teorisi

Su yumuşatmada en fazla kullanılan iyon değişim materyali üreticiler tarafından sodyum şeklinde sağlanan sulfonat–sitrata tabanlı reçinedir. Bu reçinenin, kalsiyum ve magnezyum iyonlarına karşı güçlü bir benzerliği vardır. Kalsiyum ve magnezyumun uzaklaştırılmasından sonra demir iyonları da uzaklaştırılabilir.

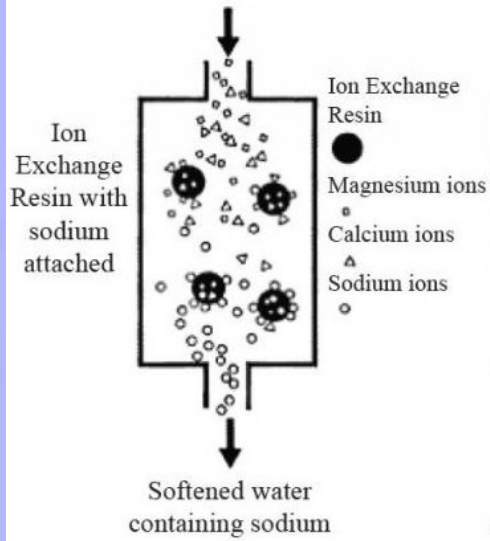


Suyu reçine boncuklarından oluşmuş bir kolondan aşağıya doğru sürekli geçirmek daha kullanışlıdır. Değişim tepkimesi, yatağın üst kısımları süreç ulaştığında alt kısımlarda henüz iyon bulunmadığına fırsat vermeyecek kadar hızlı olacaktır. Böylece yumuşatma kolonlarında aktif değişim bölgesinin hareketiyle, reçinenin bütün derinliklerinde değişim işlemine kadar sürer. Yumuşatma işleminin ilerledikçe kolondaki durum şekildedir.

Reçinenin, rejenerasyon için NaCl kullanılır.

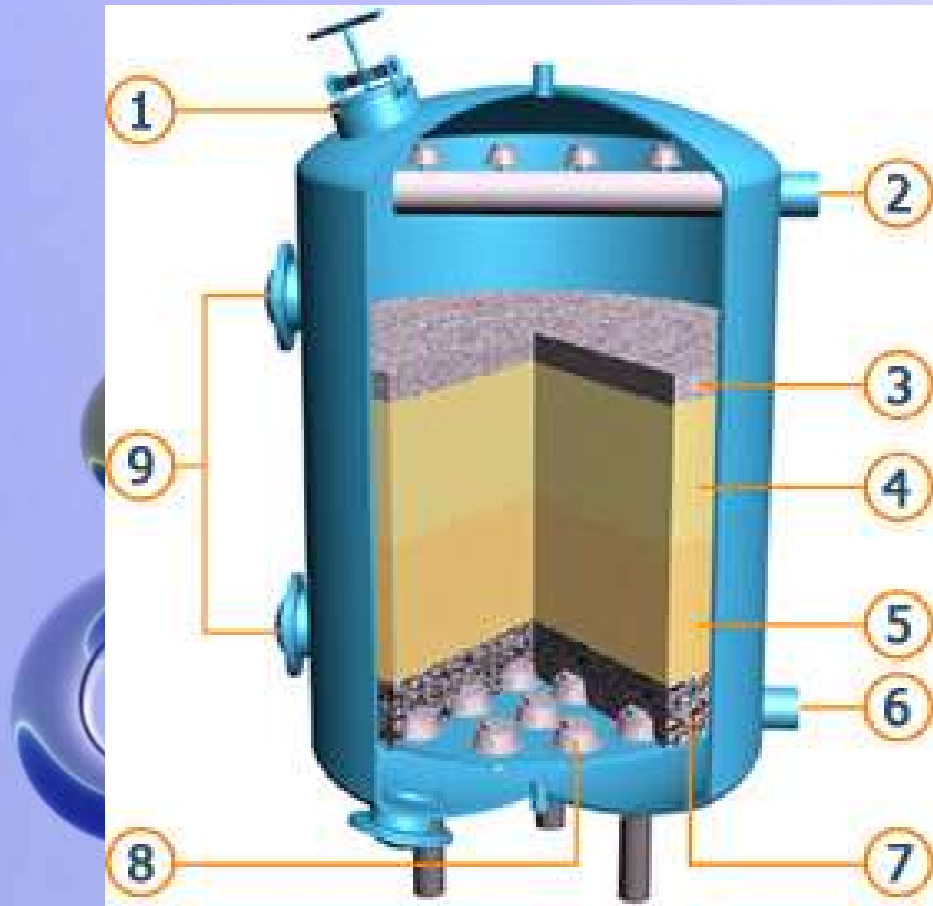
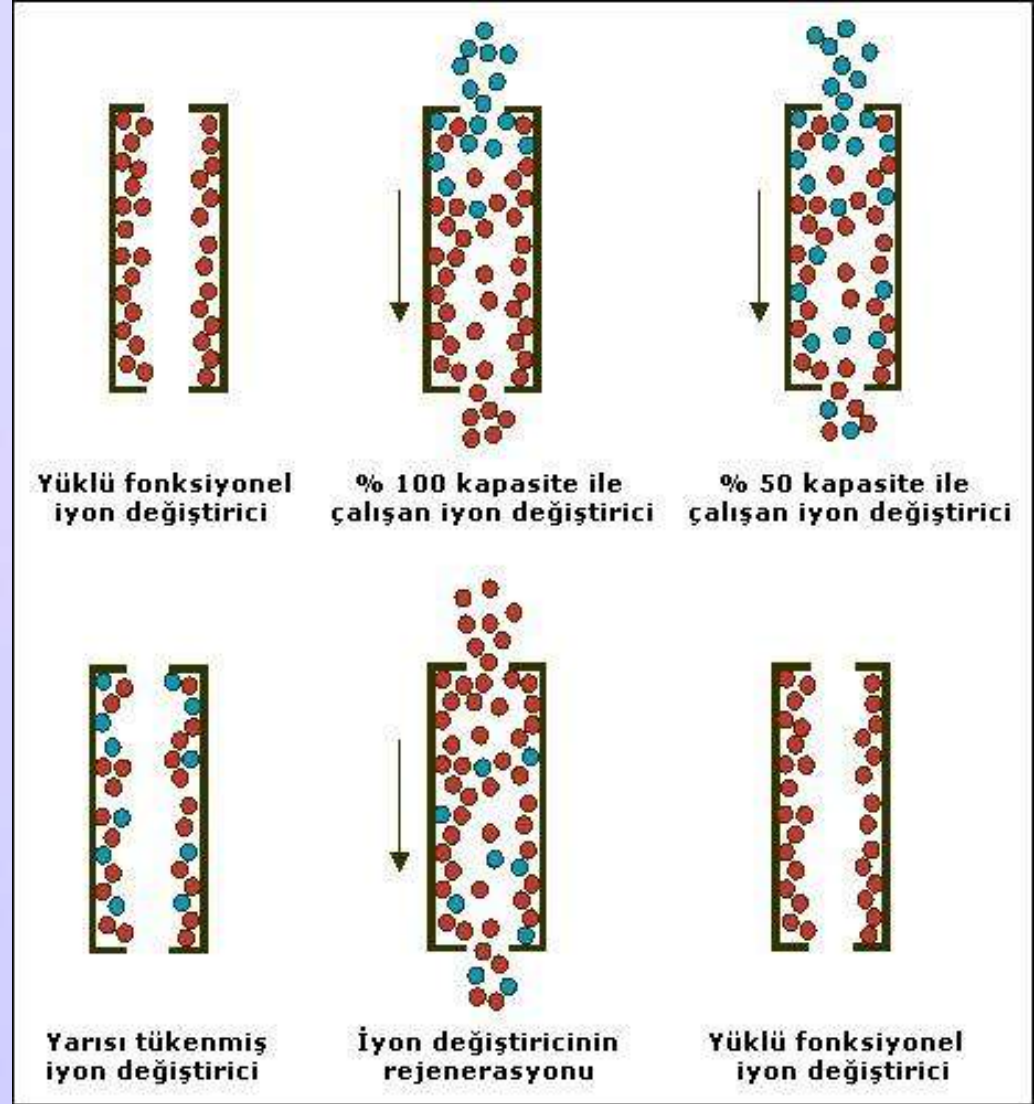
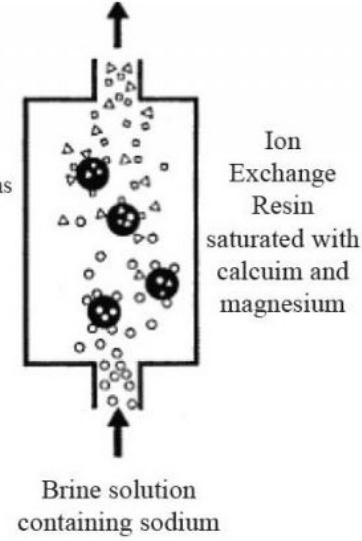
### Softening Process

Hard water containing calcium and magnesium



### Recharge Process

Waste water calcium and magnesium



# Dezenfeksiyon

Dezenfeksiyon, su içinde insan sağlığına zararlı olabilecek hastalık yapıcı (**patojen**) mikroorganizmaların yok edilmesi işlemidir. Dezenfeksiyon işlemi ile mikroorganizmaların hücre zarında tahribat yapılarak permeabilitesinde ve enzim aktivitesinde değişim olması sağlanır. Hücre aktivitesindeki bozunma organizmaların çoğalmasını engelleyerek ortadan yok olmasına neden olur. Ayrıca, kullanılan dezenfektanlar organik maddenin parçalanmasına neden olup, besin maddesi eksikliği yaratarak yok olmayı destekler. Dezenfeksiyon amacıyla uygulanabilecek yöntemler arasında,



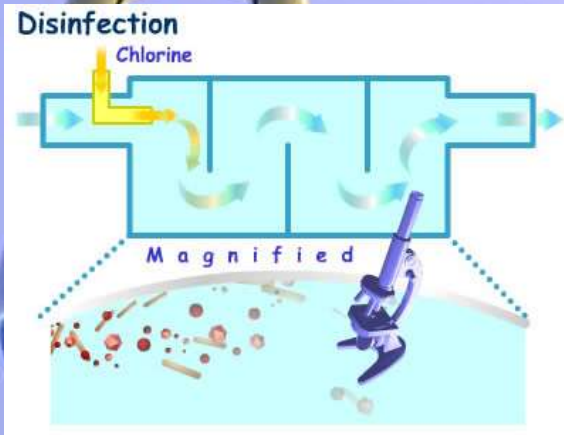
- i) Fiziksel yöntemler (Isı, **UV**, güneş ışığı, elektromanyetik, ses),
- ii) Kimyasal yöntemler (**Klor** ve bileşikleri, halojenler, **ozon**, permanganat, fenolik bileşikler, hidrojen peroksit, alkali ve asitler, vb.),
- iii) Mekanik yöntemler (Eleme, çökeltim, vb.) sayılabilir.

# Klorlama

Klor ilk defa Almanya tarafından kullanılmıştır. Berlin’de açılan bir kimya enstitüsünde üretilmiştir. Klor gözü ve ciğerleri tahriş eder, solunum gücüne, boğazda daralmaya ve akciğer ödemeine yol açar. Litre başına 2.5 miligram klor içeren hava; birkaç dakika bile solunsa ölüme neden olabilir. Ancak ucuz ve kolay bulunan bir kimyasal olan klor su arıtımında oldukça fazla tercih edilmektedir.

**Olumlu özellikleri:** Klor bütün mikroorganizmalar üzerinde yeterli dezenfeksiyon etkisi bulunan, kimyasal olarak kararlı bir üründür. Kolaylıkla bulunabilir, ucuz ve kullanımını kolay olduğu için su arıtım sistemlerinde kalıcı bir dezenfektan maddesi olarak kullanılır.

**Olumsuz özellikleri:** Klor tehlikeli oldukları bilinen organik halojen bileşiklerin ortaya çıkmasına neden olur. Organik halojen bileşiklerin büyük bir kısmının (özellikle THM’ler, yani trihalometanlar/kanserojen maddeler) arıtılması zordur.



# Ozonlama

Ozon kararsız yapıda, yani bozulmaya uğrayabilen bir oksijen bileşimidir. Genellikle atmosferin üst tabakalarında bulunur ve ultraviyole ışınlarının oksijene olan etkisinden dolayı ortaya çıkan toksik bir maddedir. Ozonun endüstriyel olarak üretimi, havadaki oksijenin elektrik yüklenmesi yoluyla ya da ultraviyole ışınlarıyla ozona çevrilmesiyle gerçekleştirilir. Bu yüzden kullanılacağı yerde üretilir ve maliyeti oldukça yüksektir.

Ancak ozon, kullanılan dezenfeksiyon yöntemleri arasında ve özellikle de virüsler üzerinde en etkili olanıdır. Aynı konsantrasyondaki klor çözeltilisine göre 20-30 kat daha etkilidir.



**Olumlu özellikleri:** Ozon çok güçlü bir dezenfeksiyon maddesidir. Özellikle, suyu daha sonra gerçekleşecek biyolojik reaksiyonlara hazırlamak için uygundur. **Olumsuz özellikleri:** Ozon toksik bir madde olduğundan sudan ve havadan geri alınması gerekir ve bu işlem gerçekte yüksek olan işletme maliyetlerini daha da artırır. Ozon ile dezenfeksiyon yapılan sistemlerde, sistemin kontrolü ve idare edilmesi için eğitilmiş personele ihtiyaç vardır.

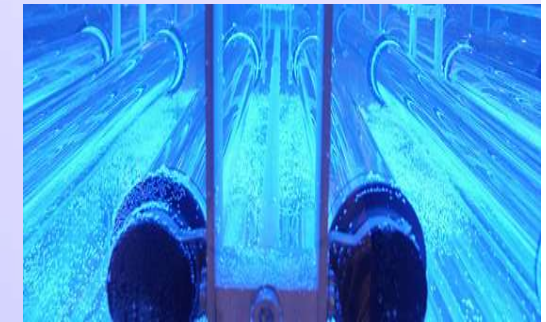
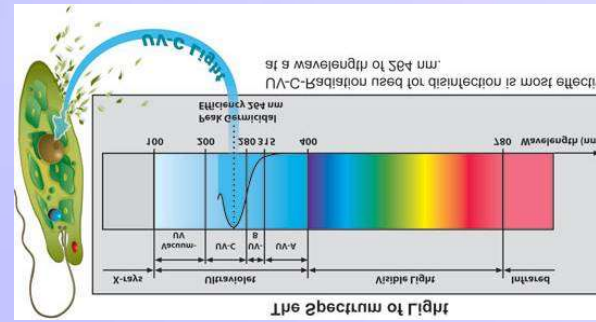
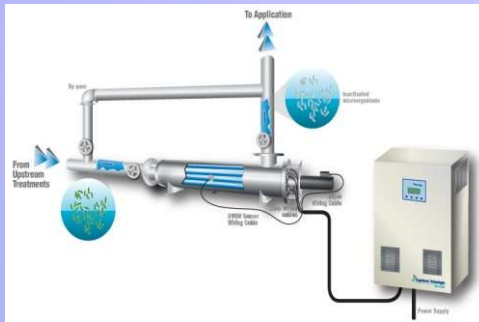
Ozon ile dezenfeksiyon yapılan bir sistemde, kalıcı dezenfeksiyon etkisi olan bir kimyasal ile son dezenfeksiyon işleminin **yapılması gereklidir.**

# UV Işınımı

Ultraviyole ışınları yüksek frekansa sahip elektromanyetik dalgalardır. Bu ışınlar güneşte bulunduğu gibi, içerisinde yüksek ve düşük basınçta cıva buharı bulunan lambalar vasıtasıyla yapay olarak da üretilebilirler. Etkili bir dezenfeksiyon aracıdır.

**Olumlu özellikleri:** Ultraviyole ışını, hiçbir yan etkisi olmadığından “temiz” bir dezenfektandır. Bakteriler üzerindeki etkisi oldukça yüksektir. Ancak virüsler, sporlar ve diğer maddeler üzerinde aynı ölçüde etkili olduğu söylenemez.

**Olumsuz özellikleri:** Ultraviyole ışını, şimdiye kadar incelenen dezenfektanlar arasında en verimsiz olanıdır, çünkü su ultraviyole lambanın çevresinden geçer geçmez dezenfeksiyon etkisi tamamlanmış olur. Dolayısıyla kalıcı bir dezenfeksiyon etkisi yoktur. Arzu edilen dezenfeksiyon verimini sürekli olarak elde etmek için, zaman zaman bakıma ve parça değiştirmeye ihtiyaç duyar. Dezenfeksiyon işlemi sırasında, yan ürün olarak klorit ve kloratların (bu maddeler insan sağlığına zararlıdır) oluşmasına yol açar. Ancak bu maddeler daha sonra sudan alınabilir.



Dezenfeksiyon Yöntemi	Olumlu Yönler	Olumsuz Yönler
Klor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Çok etkili olması</li> <li>- Kalıntı dezenfektan sağlaması</li> <li>- Genelde uygun fiyatlarla temin edilebilmesi</li> <li>- Düşük elektrik ihtiyacı</li> <li>- Bakteri gideriminin yanı sıra demir gideriminde de etkili olması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uzun temas süresi (30 dak)</li> <li>- Suda bulunabilen safsızlıklardan (bulanıklık vb.) etkilenmesi</li> <li>- Suyu klor tadı verir</li> <li>- Düşük dozlarda <i>Giardia cysts</i> verimi düşük olması</li> <li>- Gaz klor kullanılması halinde güvenli biçimde depolanma ihtiyacı olması</li> </ul>
UV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suyun tat ve kokusu değişmez</li> <li>- Bakteri ve virüsleri kısa sürede öldürür</li> <li>- Yüksek kaliteli sular için işletme ve bakımı basit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nispeten yüksek maliyet</li> <li>- Yüksek elektrik ihtiyacı</li> <li>- Kalıntı dezenfektan kalmaması, son dezenfeksiyon için kimyasal gerekmesi</li> <li>- Yüzeysel sularda ön arıtma ihtiyacı</li> <li>- Sık temizlenmeli ve lamba her yıl değiştirilmelidir</li> </ul>
Ozon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Çok etkili ve güçlü dezenfektan</li> <li>- <i>Giardia</i> ve <i>Cryptosporidium</i> karşı etkili</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nispeten yüksek maliyet</li> <li>- Yerinde üretim neticesinde daha kompleks işletim ve bakım</li> <li>- Son dezenfeksiyon için ilave kimyasal gereksinimi</li> </ul>

İçme suyu arıtımında kullanılan metotların kıyaslaması.

# Biriktirme

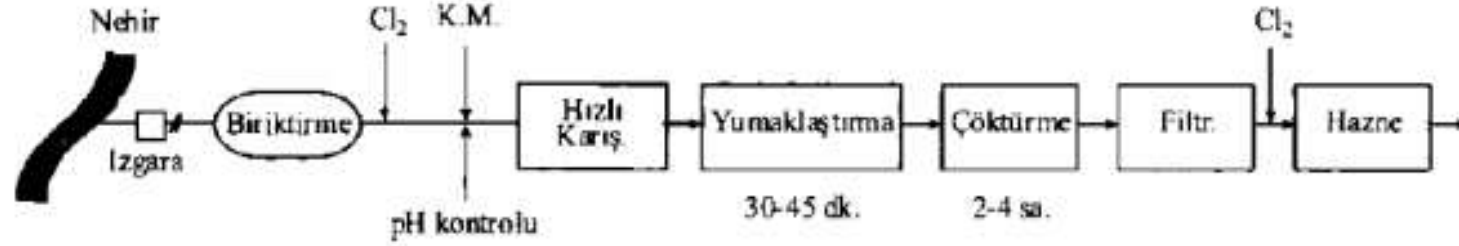
Özellikle nehirlerden su temininde biriktirmenin büyük önemi vardır. Biriktirme müddeti genellikle 10 ila 20 gün arasında alınmaktadır. Burada amaç iri danelerin çökmesi, su kalitesinin düzeltilmesi ve debinin dengelenmesidir. Biriktirme hazneleri olarak suni göller veya biriktirme yapıları kastedilmektedir. Biriktirme haznesinin yapılmasının mümkün olmaması halinde en azından bir dinlendirme havuzu (kum tutucu) yapılması gerekli görülmektedir.

## Biriktirmenin Su Kalitesi Üzerine Tesirleri

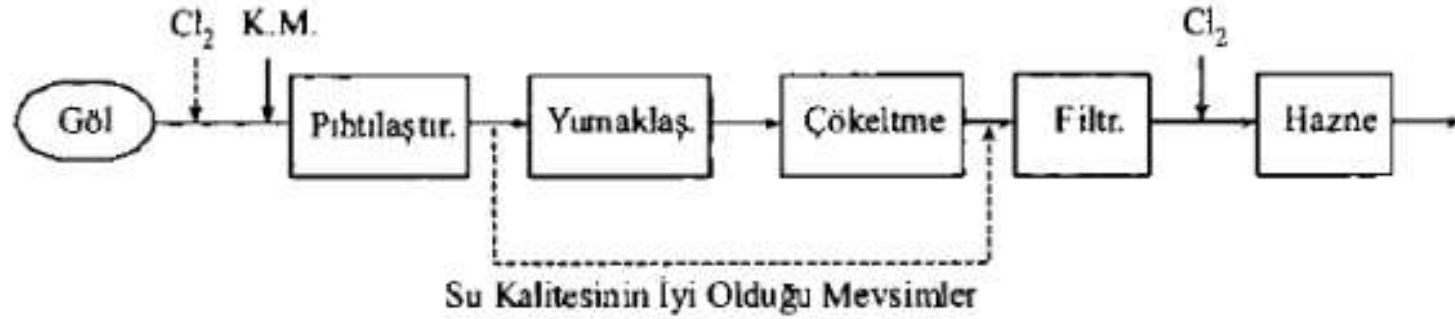


1. Suda bulunan iri taneler çöker.
2. Suyun bulanıklığı azalır
3. Sudaki çözülmüş oksijende artma olabilir.
4. Su sertliğinde azalma olabilir.  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Ca}^{++} + 2\text{HCO}_3^-$
5. Patojenler azalır.
6. Su kalitesinde dengeleme olur.
7. Kurak zamanlarda yeteri kadar su temin edilir.
8. Nehirde ani bir kirlenme olması halinde, haznedeki su temin edilir.

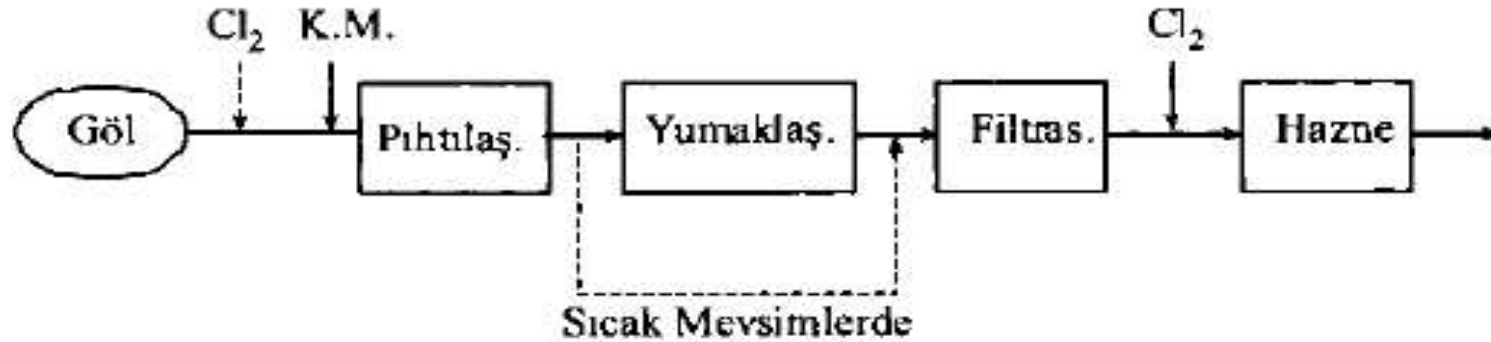
**Çökebilene madde miktarı yüksek ve mevsimlere göre kil içeriği ve rengi değişen nehir suları**



**Ötrofik göl ve su haznelerinin suları**

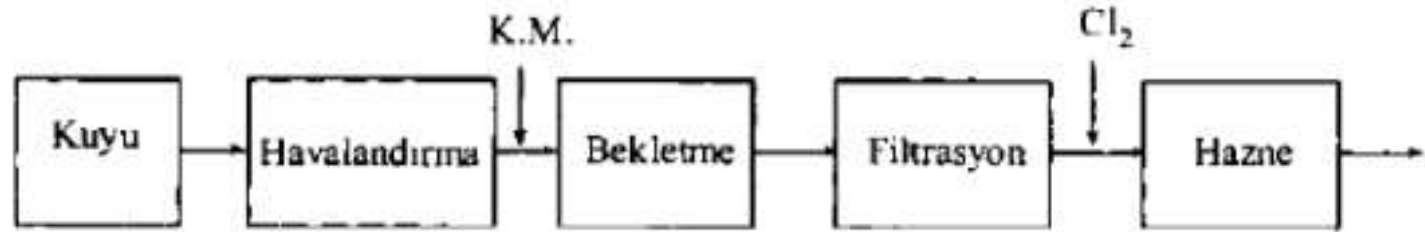


**Su kalitesi iyi olan göller ve su hazneleri**

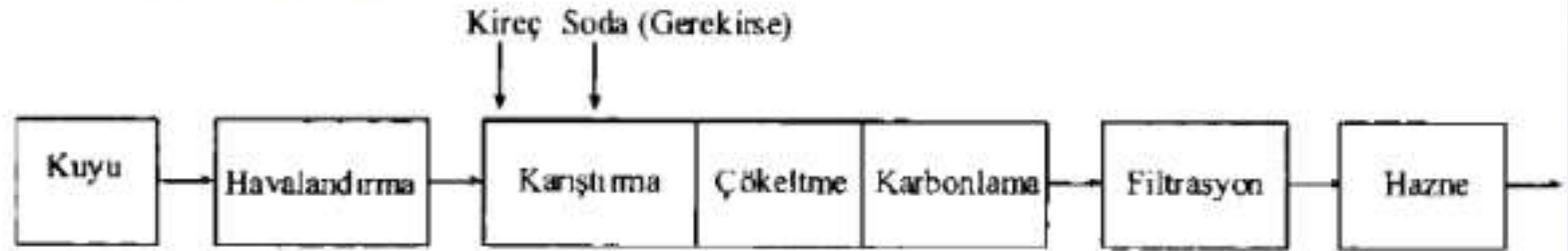


## Yeraltı Suları İçin Akım Şemaları

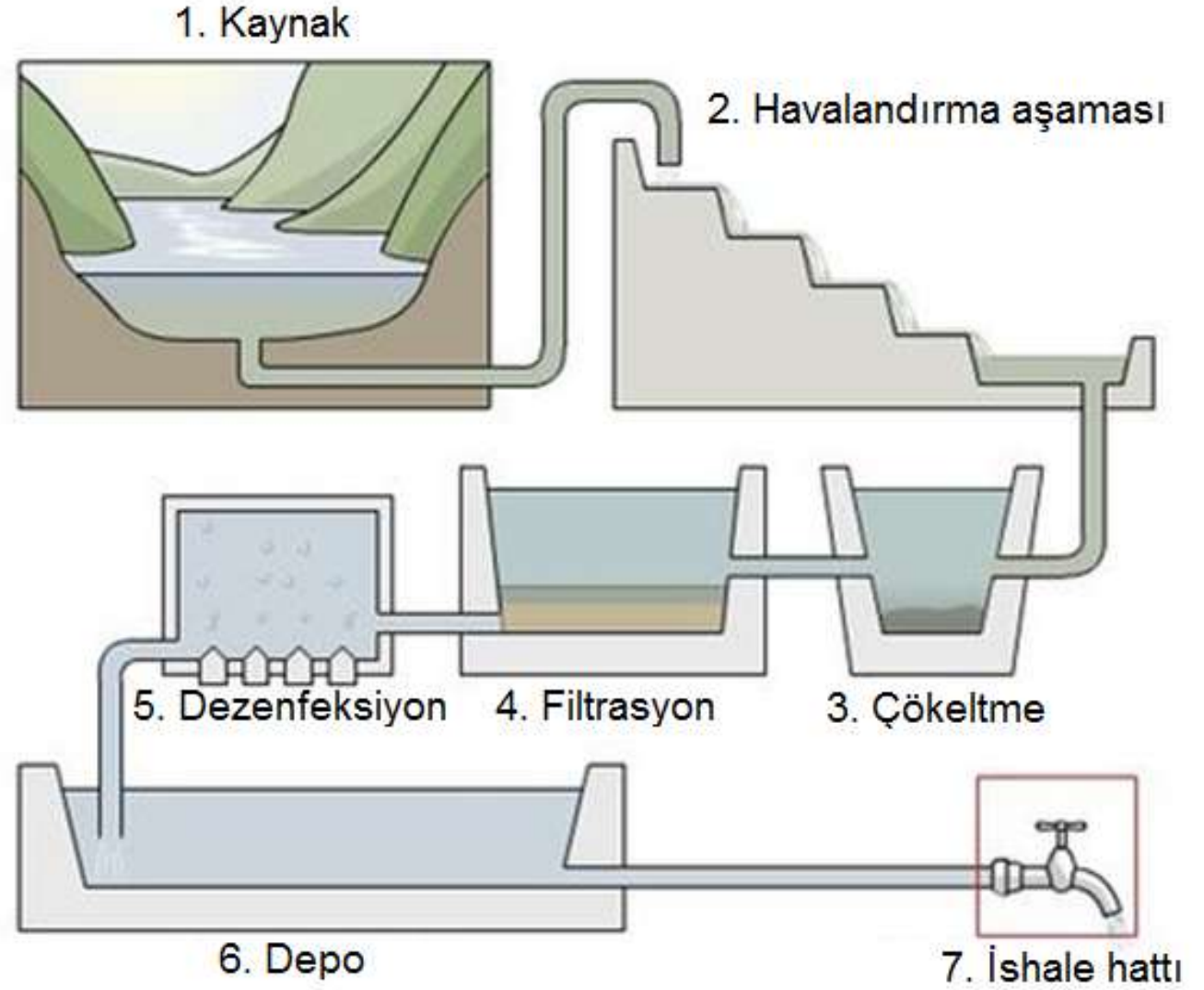
### Demir ve mangan giderimi

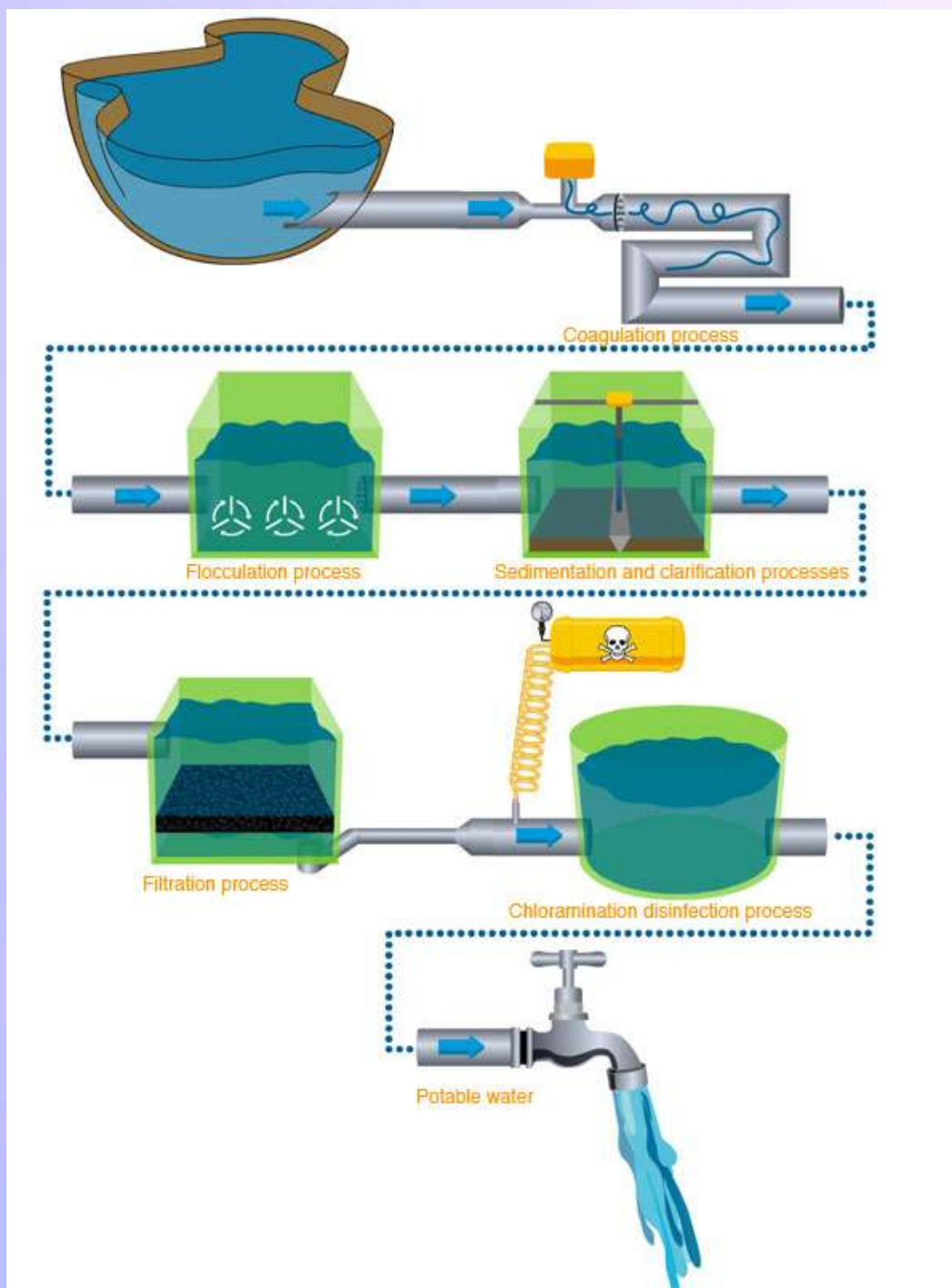


### Sert sular için kireç ile yumuşatma (Yumuşatmanın daha fazla olması arzu edilirse soda da kullanılır)



Nehir veya göl gibi bir yüzeysel su kaynağından su temini için örnek arıtma şeması,

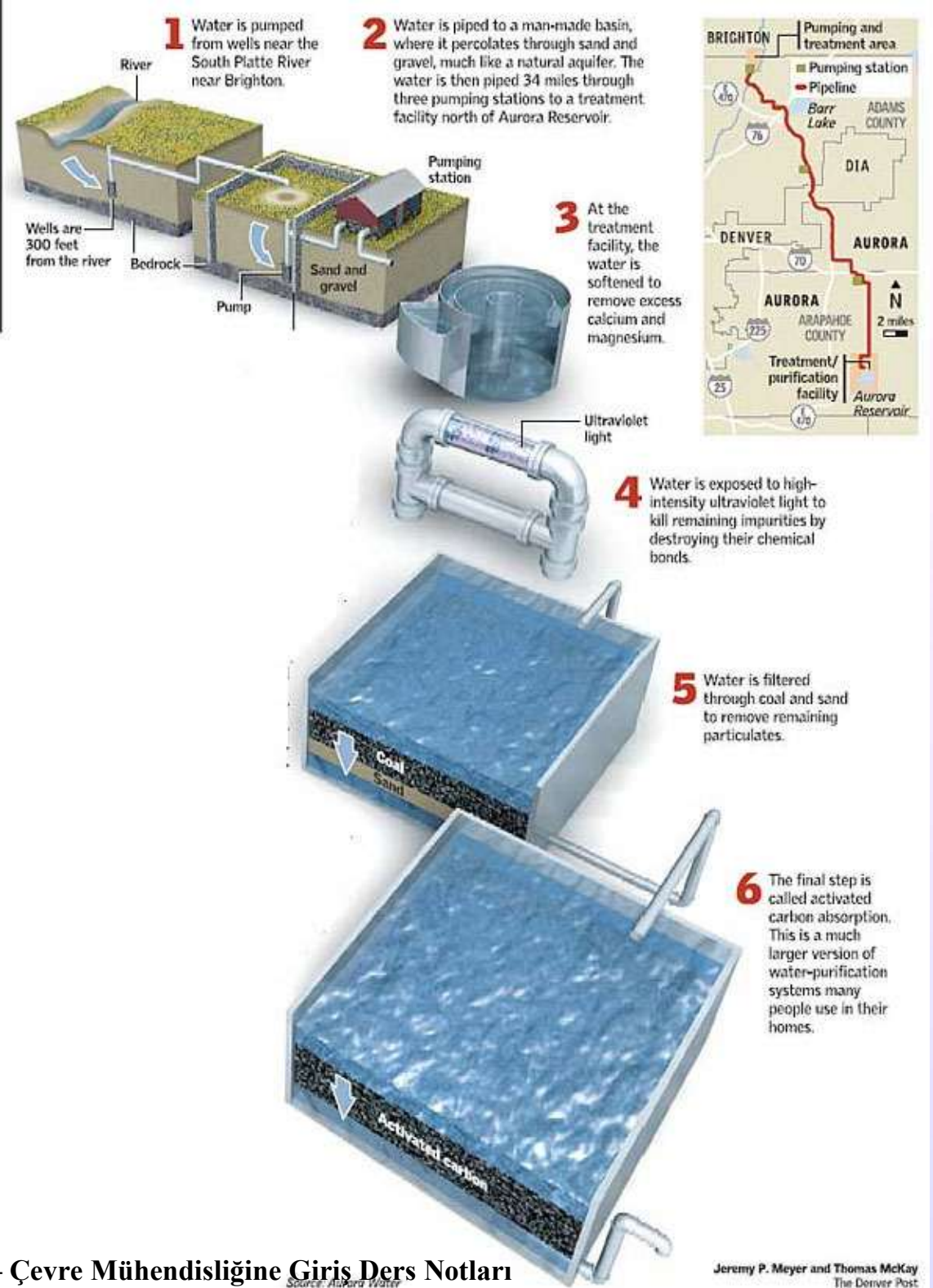




**Şekil.** Yüzeysel suyun arıtımını için örnek akım şeması



# Şekil. Yer altı suyu arıtımı için örnek akım şeması



# KULLANILMIŞ SULARIN TOPLANMASI

Su Temini tesisleri ile yerleşim merkezlerine dağıtılan sular, kullanıldıktan sonra bir kanal ağı ile uzaklaştırılır.

Yağış suları da çevreye zarar vermeyecek şekilde toplanmaktadır.

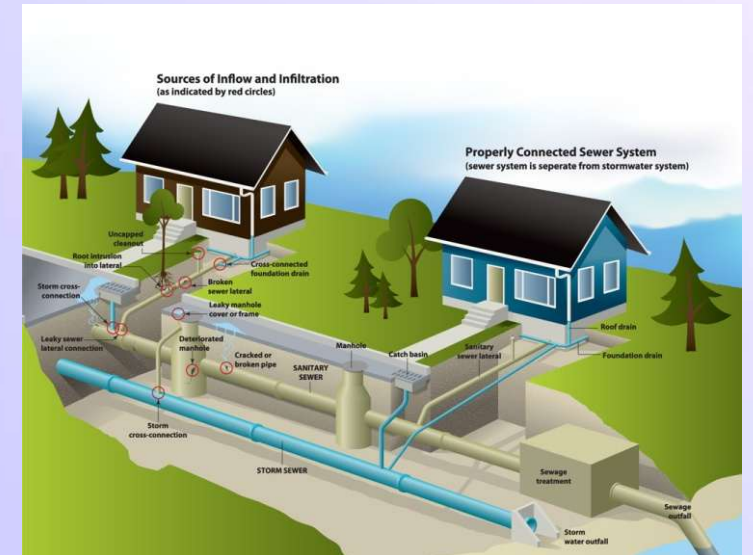
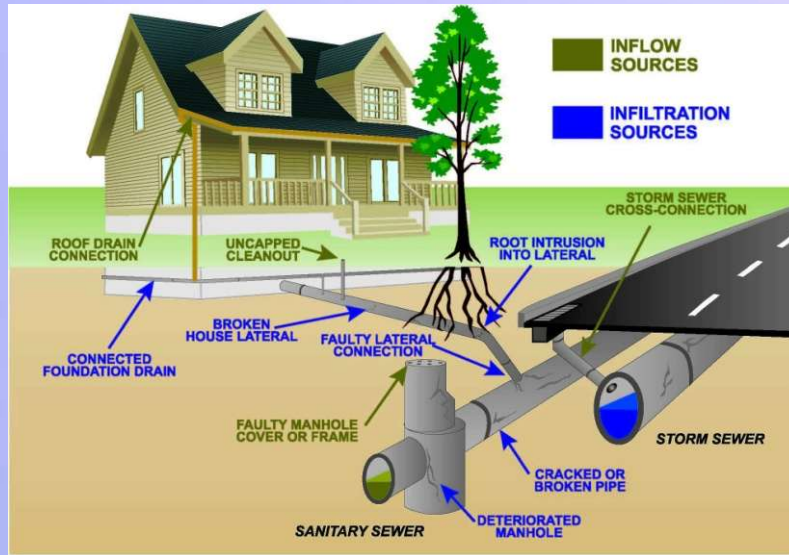
Kullanılmış suları toplama sistemleri, ikiye ayrılmaktadır.

- Birleşik sistem,
- Ayrık sistem.



- **Birleşik sistem:** Kullanılmış suların, yağmur suları ile birlikte toplandığı sistemdir. Tek bir kanal ağı inşa edildiği için maliyeti ucuzdur. Ancak işletmesi, özellikle kuvvetli yağışların olduğu zamanlar zordur. Yağışların kanalların taşıdığı kum vb. maddelerden dolayı, kanallarda tıkanma sorunu olabilir.

- **Ayrık sistem:** Kullanılmış ve yağmur sularının ayrı ayrı toplandığı ve uzaklaştırıldığı sistemdir. Caddelerde iki farklı kanal inşa edileceği için maliyeti daha yüksektir. Ancak çevre sağlığı açısından önerilen sistemdir. Birleşik ve ayrık sistemdeki kanallar, yumurta veya daire kesitli olabilir.



Yağmur suları kullanılmış sulara nazaran daha temiz olduğundan, yüzey sularına verilmeleri, sulama suyu olarak kullanılmak üzere göletlerde biriktirilmeleri, kuru vadilere veya zemine sızdırılmaları her zaman mümkündür.

Kullanılmış sular da yerleşim bölgelerin dışında toplandıktan sonra arıtıldıktan sonra yüzey sularına veya zemine verilebilir.

Kullanılmış suların verildiği ortama “*alıcı ortam*” denir.

Kullanılmış sular alıcı ortama verilmeden önce alıcı ortamın özelliklerine ve kullanma amaçlarına bağlı olarak belirli derecede arıtılmalıdır.

Kullanılmış suları yeteri kadar temizledikten sonra sulama suyu veya kullanma suyu olarak da kullanmak mümkündür.



Kullanılmış suları ve yağış sularını toplayan, alıcı ortamlara götüren, alıcı ortamlara verilmeden önce gerektiği kadar temizleyen tesislerin hepsine birden “*Çevre Sağlığı Tesisleri*” denir.

Çevre sağlığı tesislerinin çevre kirlenmesi açısından önemi büyüktür. Kullanılmış suların çevreye zarar vermeden toplanması halk sağlığı problemlerini azaltır.

Çevre Sağlığı Tesisleri şu elemanlardan oluşur:



Kullanılmış suları oluştukları yerlerden caddedeki kanallara götüren bağlantı kanalları,

Yağmur suyu ağızlıkları,

Cadde ve toplama kanalları,

Ana toplama kanalları,

Muayene ve havalandırma bacaları,

Ters sifon, dolu savak ve su tutma hazneleri,

## Çevre Sağlığı Tesislerine gelen atıksuların kaynakları:

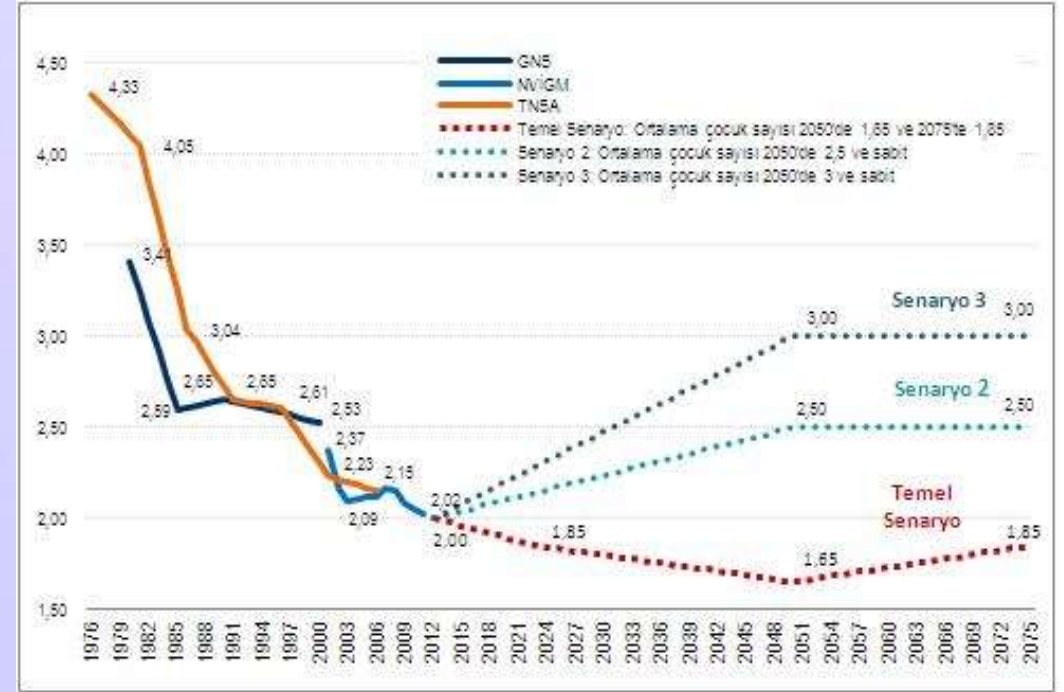
- Evlerden gelen kullanılmış sular,
- Sanayi tesislerinden gelen kullanılmış sular,
- Meskun bölgeden gelen yağış suları,
- Sızıntı suları olmak üzere 4 gruptur.



# Çevresel Tesisler için Nüfus Tahmin Metotları

Evsel debi hesabı için yerleşme merkezinin gelecekteki nüfusu bilinmelidir. Bir bölgenin gelecekteki nüfusunu tahmin etmek için kullanılan hesap yöntemleri;

- Aritmetik Artış,
- Geometrik Artış,
- İller Bankası,
- Benzer Şehir,
- Lojistik Eğri,
- Azalan Hızlı Geometrik Artış, yöntemleri olarak sayılabilir.



Ülkemizde gelecekteki nüfus tahmininde İller Bankası Yönetmeliği kullanılmaktadır.

$$N_g = N_s \cdot (1 + p/100)^{(30 + t)}$$

t: Son nüfus yılı ile projenin yapıldığı yıl arasındaki sene farkıdır.

p: Nüfus artış hızı

$$p = (\sqrt[a]{N_s/N_t} - 1) \cdot 100$$

Bu ifadelerde;

Ns: Son nüfus sayım neticesi

Ni: İlk nüfus sayım neticesi

a: İki sayım arasındaki senelerin farkıdır.

Hesap sonucuna göre;

$p \geq 3$  ise  $p= 3$ ;  $p < 1$  ise  $p= 1$ ;  $1 \leq p \leq 3$  ise  $p$  aynen alınır.

Dolayısıyla İller Bankası yöntemi sınırlı hızlı Geometrik Artış Yöntemidir.

**Örnek:** Aşağıda nüfus sayımları verilmiş bir kentin, 2044 yılındaki nüfusunu hesaplayınız.

<u><i>Yıl</i></u>	<u><i>Nüfus</i></u>
1995	60.000
2000	62.000
2005	65.000
2010	68.000
2014	74.000



# ATIKSULARIN ÖZELLİKLERİ

Atıksu karakteristikleri, debi ve atıksu özellikleri ile ilgilidir. Bu karakteristikler, meskûn bölgede kullanılan su miktarı ile sınaî ve ticari faaliyetlere sıkı sıkıya bağlıdır. Yağışlı havalarda önemli miktarda drenaj ve sızıntı suları kanallara girer. Bu durum atık suyun özelliklerini önemli ölçüde değiştirir. Drenaj ve sızıntı suları, kanal ağının durumuna, çatlak ve arızalı boru kısımları, tamiri gereken boru bağlantıları, yıkık baca duvarları, kaçak yağmur suyu bağlantıları vs bulunmasına ve yeraltı su yüzeyinin seviyesine bağlıdır.



# Atıksu Debisi

Atıksu tasfiye tesislerine gelen atıksu debilerinin hesabında evsel ( $Q_{ev}$ ), sanayisi ( $Q_{sanayi}$ ) ve sızma ( $Q_{sızma}$ ) debileri toplamı dikkate alınmalıdır. Yani günlük toplam debi;

$$Q = Q_{ev} + Q_{sanayii} + Q_{sızma}$$

olarak hesaplanmaktadır.

Evsel debi, kişi başına günlük su sarfiyatı nüfusla çarpılarak bulunabilir. Yıllık ortalama kişi başına günlük su ihtiyacı  $q_{ort}$  ile gösterilirse yaz aylarındaki su ihtiyacını temsil eden değer ( $q_{max}$ ), ortalama değerinin 1,5 katı olarak kabul edilmektedir.

Su ihtiyacının %70–90 arasındaki belirli bir oranı kanallara intikal etmektedir. Bu yüzden evsel debi;

$$Q_{ev_{max}} = \alpha \cdot q_{max} \cdot N$$

## EVSEL ATIKSULARIN ÖZELLİKLERİ

Kalite parametresi	Konsantrasyon (mg/l)		
	Kuvvetli	Orta	Zayıf
Toplam katı madde	1260	720	350
Çözünmüş toplam katı madde	850	500	250
Toplam askıda madde	350	220	100
Çökebilir madde (ml/l)	20	10	5
BOI <sub>5</sub>	400	220	110
KOI	1000	500	250
Toplam organik karbon	290	160	80
Toplam azot	85	40	20
Organik azot	35	15	8
Serbest Amonyak	50	25	12
Nitrit	0	0	0
Nitrat	0	0	0
Toplam fosfor	15	8	4
Klorür	100	50	30
Alkalinite (CaCO <sub>3</sub> ) olarak	200	100	50
Yağ (Gres)	150	100	50



Parametre	Süt ve mamülleri	Et ve mamülleri	Tekstil (sentetik)
BOİ <sub>5</sub> (mg/l)	1000	1400	1500
KOİ (mg/l)	1900	2100	3300
Toplam katı madde (mg/l)	1600	3300	8000
Azot (mg/l)	50	150	30
Fosfor (mg/l)	12	16	6
pH	7	7	5
Yağ (gres) (mg/l)	-	500	-



# ATIKSULARIN ARITIMI

Atıksu arıtma yöntemleri temel olarak 3'e ayrılır;

- Fiziksel arıtma yöntemleri
- Kimyasal arıtma yöntemleri
- Biyolojik arıtma yöntemleri

Değişik karakterdeki atıksular için değişik arıtma yöntemleri kullanılabilir. Evsel atıksular için genelde fiziksel ve biyolojik arıtma yöntemleri tercih edilirken, endüstriyel atıksuların arıtımı için genellikle kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, her üç yönteminde kullanıldığı arıtma sistemleri de mevcuttur.



## Birincil (Fiziksel ) Arıtma Yöntemleri

Kirlilik unsurunun fiziksel özelliklerine (maddenin boyutları, vizkositesi ve özgül ağırlığı) bağlı olarak uygulanan arıtma yöntemleridir. Fiziksel arıtma yöntemlerine örnek;

- Izgaralar ve Elekler
- Kum tutucular
- Çökeltme tankları

## Kimyasal Arıtma Yöntemleri

Kirlilik unsurunun kimyasal özelliklerine bağlı olarak, dışarıdan kimyasal madde eklemek suretiyle yapılan arıtma yöntemleridir. Örneğin; koagülasyon ve flokleştirme, iyon değiştiriciler, klorlama veya ozonlama .



# Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Mikroorganizmaların sudaki kirleticileri besin maddesi olarak kullanması neticesinde, atıksudaki çözünmüş organik kirleticilerin uzaklaştırıldığı yöntemlerdir. Bunlardan en sık kullanılanlar;

- Aktif çamur ve modifikasyonları
- Biyolojik filtreler
- Stabilizasyon havuzları ve modifikasyonları
- Anaerobik sistemler



# EVSEL ATIKSULARIN ARITILMASINDA KULLANILAN TEMEL PROSESLER

## -Ön Arıtma Üniteleri

- Kaba ızgaradan geçirme
- İnce ızgaradan geçirme
- Debi ölçümü
- Atıksuyun terfi edilmesi
- Kum tutucudan geçirme
- Ön çökeltme havuzları

## -İkincil Arıtma Üniteleri

- Biyolojik arıtma
- Son çökeltme havuzları
- Dezenfeksiyon

## -Üçüncül Arıtma Üniteleri

- Azot giderimi
- Fosfor giderimi

## -Atıksu çamuru arıtımı (stabilizasyon/çürütme)

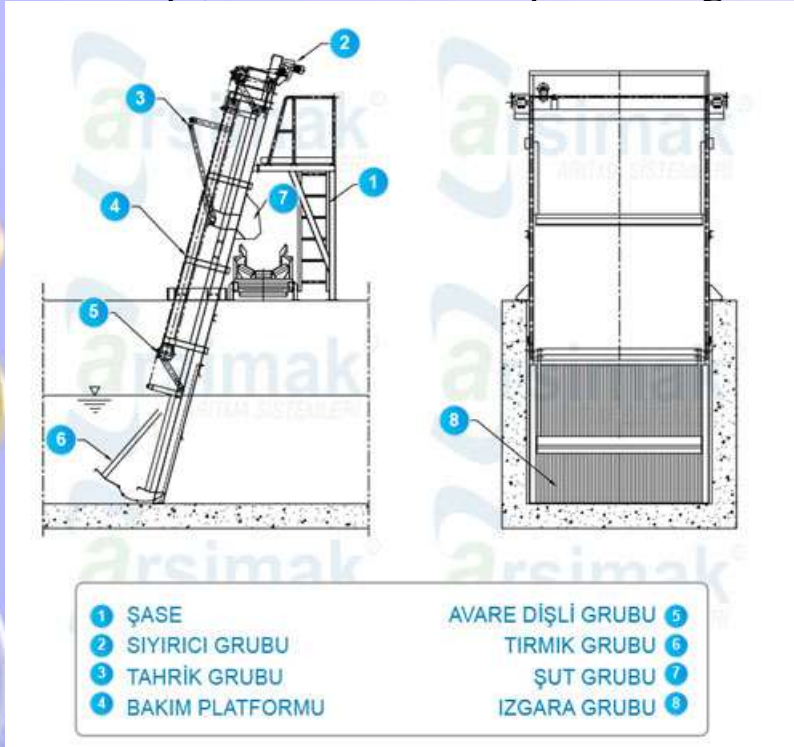
## -Atıksu çamuru susuzlaştırma işlemleri



# Ön Arıtma Üniteleri

**Kaba ızgaralar:** Uzaklaştırılmadıkları takdirde, arıtma tesisinin ızgaradan sonraki ünitelerinde tıkanmalara yol açabilecek büyüklükte olan kaba organik ve inorganik maddelerin atıksudan ayrılması için kullanılırlar. Kaba ızgaralarda çubuklar arası genişlik 4 cm'nin üzerindedir ve yatayla 30-60° açı yapacak şekilde yerleştirilirler. Kaba ızgaralar genellikle manuel (el ile) olarak temizlenirler.

**İnce çubuk ızgaralar:** İnce ızgaralarda çubuklar arası genişlik 1,5-3,0 cm arasında değişmektedir ve yatayla 30-60° açı yapacak şekilde yerleştirilirler. İnce ızgaralar manuel veya mekanik olarak temizlenebilir. Çubuk ızgara tipinden başka, yay tipi, döner elek tipi, döner tambur tipi ince ızgara tipleri mevcuttur.



Izgaranın Önden ve Yandan Görünümü



Atıksu yaklaşım kanalında çalışmakta olan ızgara.

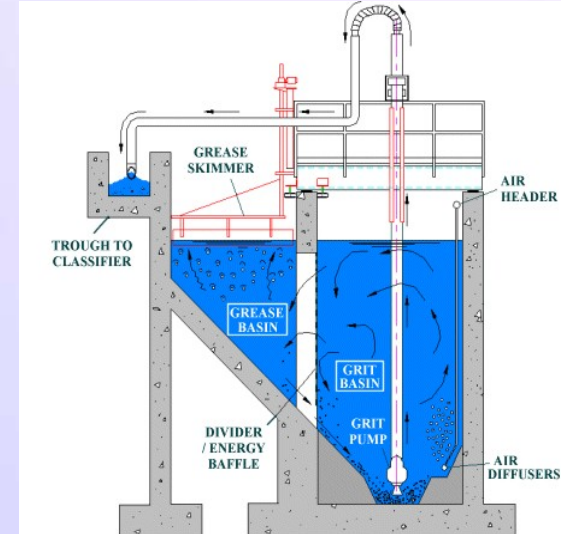


## Atıksu arıtımında döner ve statik elekler



# Ön Arıtma Üniteleri

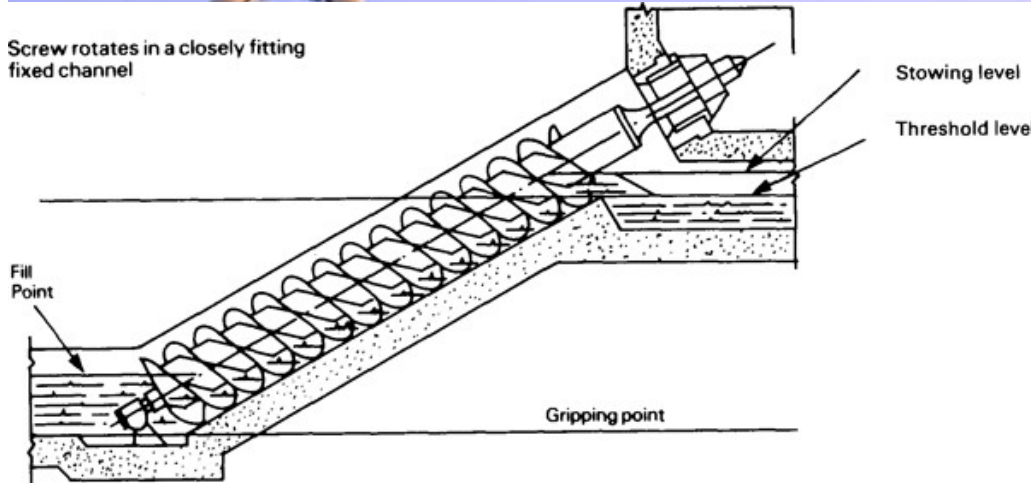
**Kum tutucular:** Arıtma tesisine gelen püssuda bulunan kum, çakıl v.b gibi kolayca çökebilen maddeler, pompaların aşınmasına, kanallar, borular, çökeltme havuzları ve çamur çürütme tanklarında tıkanmalara sebebiyet vereceğinden kum tutucular vasıtasıyla püssudan uzaklaştırılırlar. Kum tutucular dikförtgen planlı (sabit hızlı) ve havalandırmalı tipte olabilirler. Temel amaç 0,2 mm'den büyük kum tanelerinin tutulmasıdır. Kum tutucuda yatay hızın 0,3 - 0,4 m/sn olması temin edilmeli, organik menşeli katıların çökmesine izin verilmemelidir.



Havalandırmalı kum tutucunun çalışan ve atıl halleri.

# Atıksu terfi üniteleri

Atıksu arıtma tesisinde proses üniteleri arasında atıksuyun enerji kaybetmesi neticesinde oluşacak yük kaybını telafi etmek ve tesise gelen atıksuyu belirli bir kottan sisteme alabilmek için yapılan pompa üniteleridir. Pompalar burgulu (Arşimet) tipte veya santrifüj tipte seçilebilir. Eğer santrifüj tipte pompa seçilecekse, atıksuyun ince ızgara ve kum tutucudan geçirildikten sonra terfi edilmesi gereklidir. Aksi takdirde atıksu içindeki inorganik malzeme pompanın arızalanmasına sebep olacaktır. Eğer terfi pompası olarak burgulu tip kullanılacaksa, atıksuyun sadece kaba ızgaradan geçirildikten sonra terfi edilmesi mümkün olabilecektir.



# Ön Arıtma Üniteleri

**Ön çökeltme havuzları:** Kaba organik ve inorganik maddelerden çoğu ızgara ve kum tutucularda alıkonulduktan sonra, organik esaslı ve büyük ölçüde kirletici karakterde olan geriye kalmış askıdaki katı maddelerin atıksudan uzaklaştırılması gerekmektedir. Ön çökeltme havuzlarında askıdaki katı maddelerin %50-70'i ve BOİ'nin % 25-40'ı uzaklaştırılabilir. Çökeltme havuzları dikdörtgen ve dairesel biçimde olabilirler. Çökelen çamurun biriktirilmesi için çamur konisi ve bu koniye çamuru sıyıracak sıyırma ekipmanları gerekmektedir. Ön çökeltme havuzlarında atıksuyu bekletme süresi 1,5-2,5 saat arasında değişebilmektedir.



# İkincil (Biyolojik) Arıtma Üniteleri

Ön arıtma metotları ile uzaklaştırılamayan çözünmüş ve kolloidal organik maddelerin uzaklaştırıldığı arıtma basamağıdır. Çözünmüş ve kolloid organik maddeler basit çökeltme metotları ile arıtılamayacağı için, bu maddelerin çökelebilen katılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Söz konusu dönüşüm bu organik maddeler ile mikroorganizmaları bir araya getirmekle gerçekleşir. Mikroorganizmalar çözünmüş ve kolloid maddeler üzerinde beslenirken büyürler ve çoğalırlar bu arada da çözünmüş ve kolloid maddeleri de çökelebilen katılar haline dönüştürürler. İşte ikincil arıtım yöntemleri bu işlemleri gerçekleştiren biyolojik prosesler ve gerekmesi durumunda kullanılan son çökeltme tanklarını içerirler.

## Çevre Koşullarının Biyolojik Reaksiyona Etkisi

Çevre koşullarının (sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, çözünmüş karbondioksit, redox potansiyeli, toksisite vb.) organizmalar üzerine etkileri önemlidir. Mikroorganizmaların metabolizmaları (özellikle büyüme faaliyetleri) kendilerini çevreleyen fiziksel ortamın özelliklerine geniş ölçüde bağımlıdır.

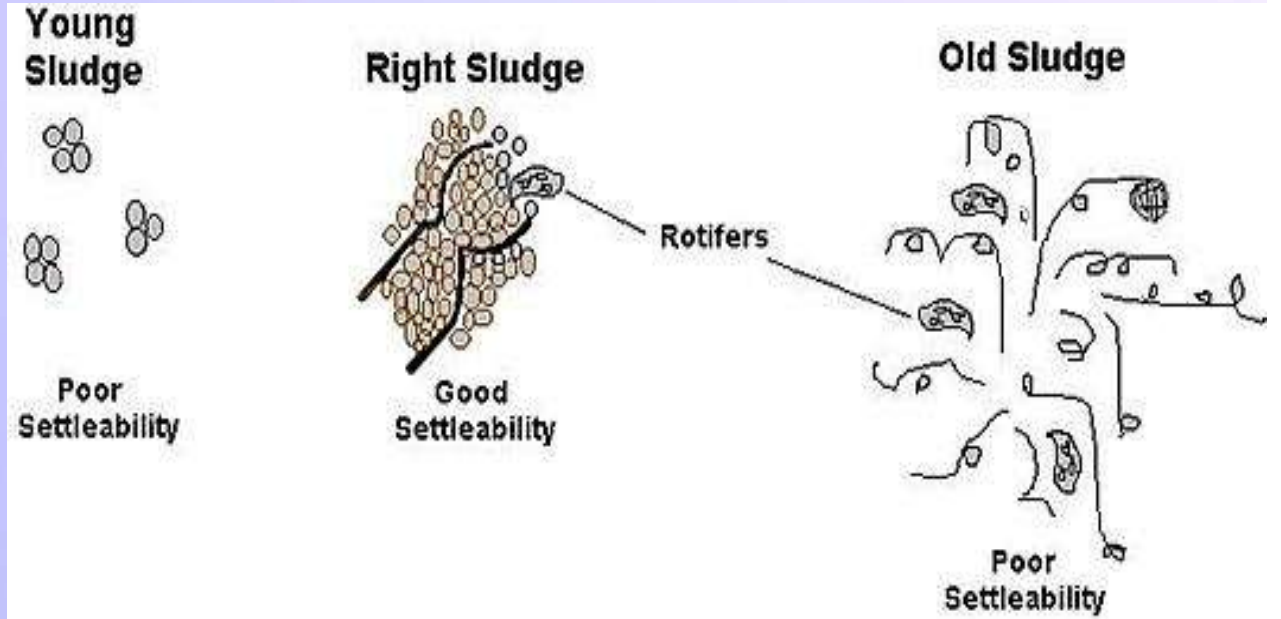
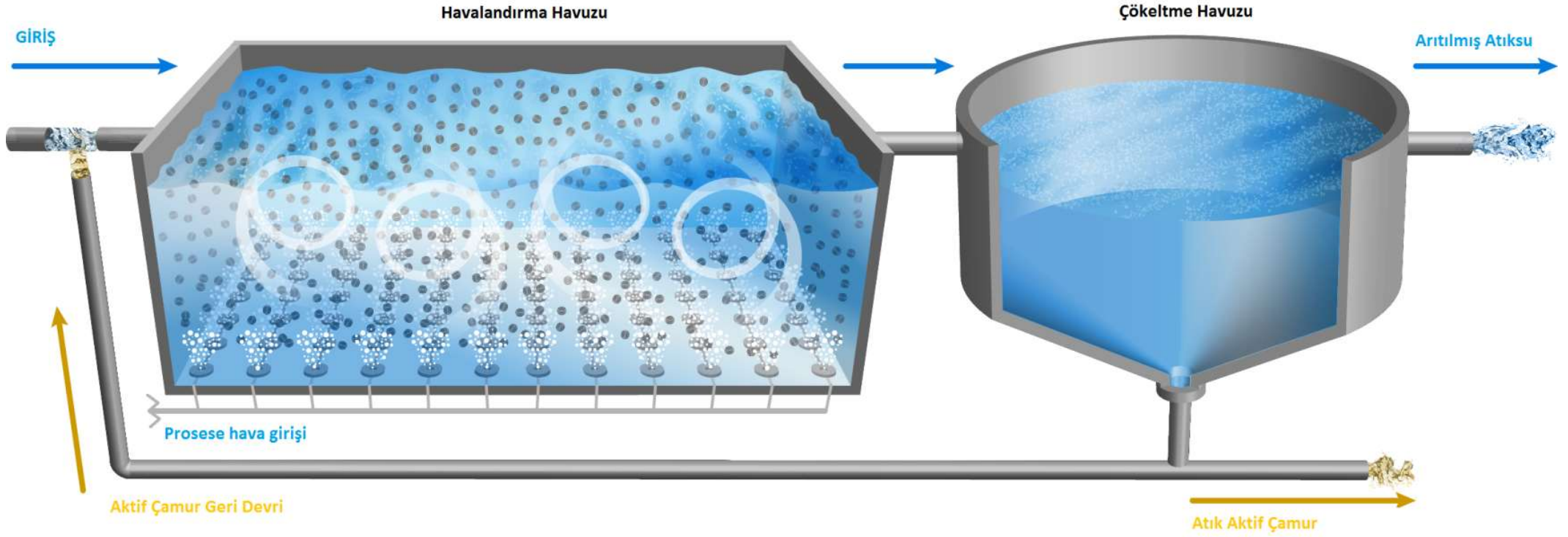


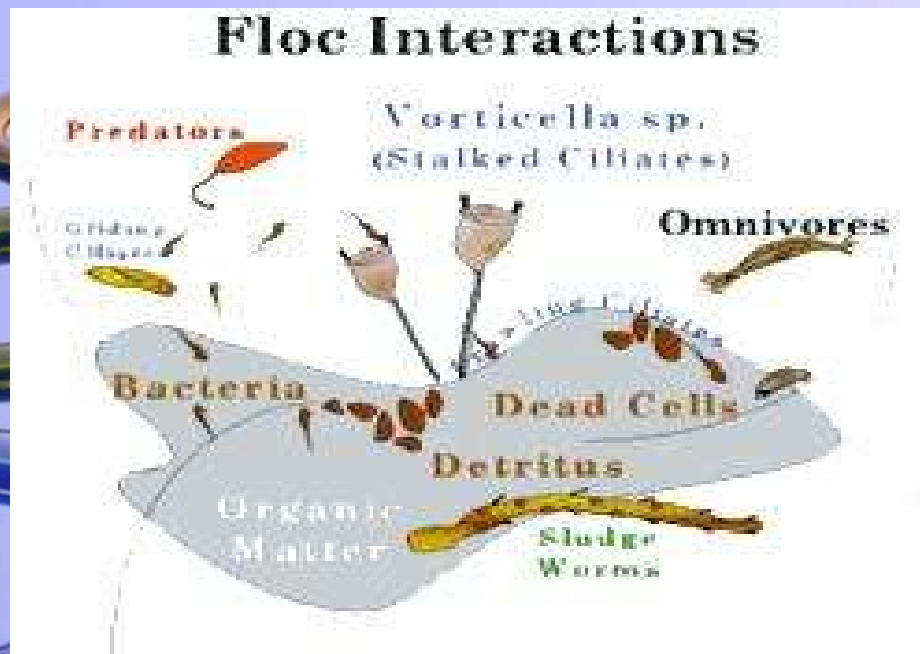
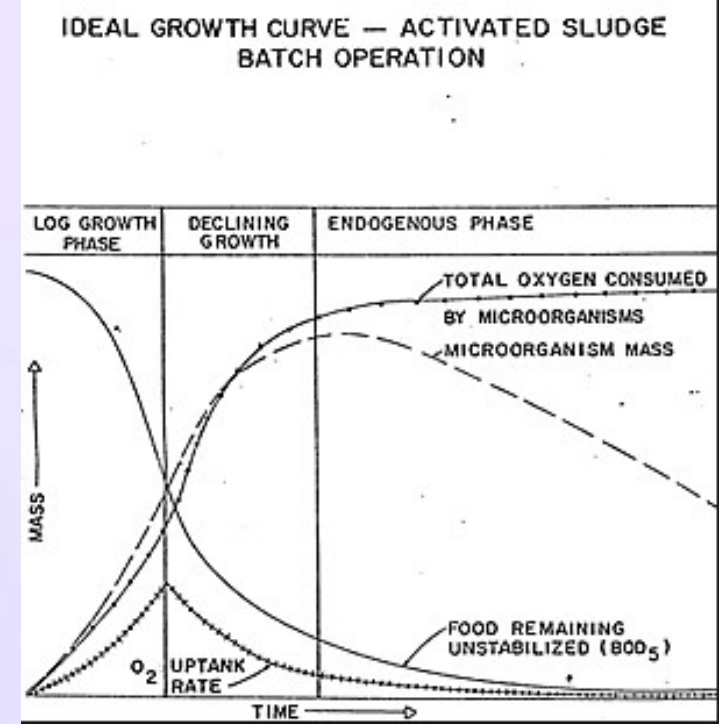
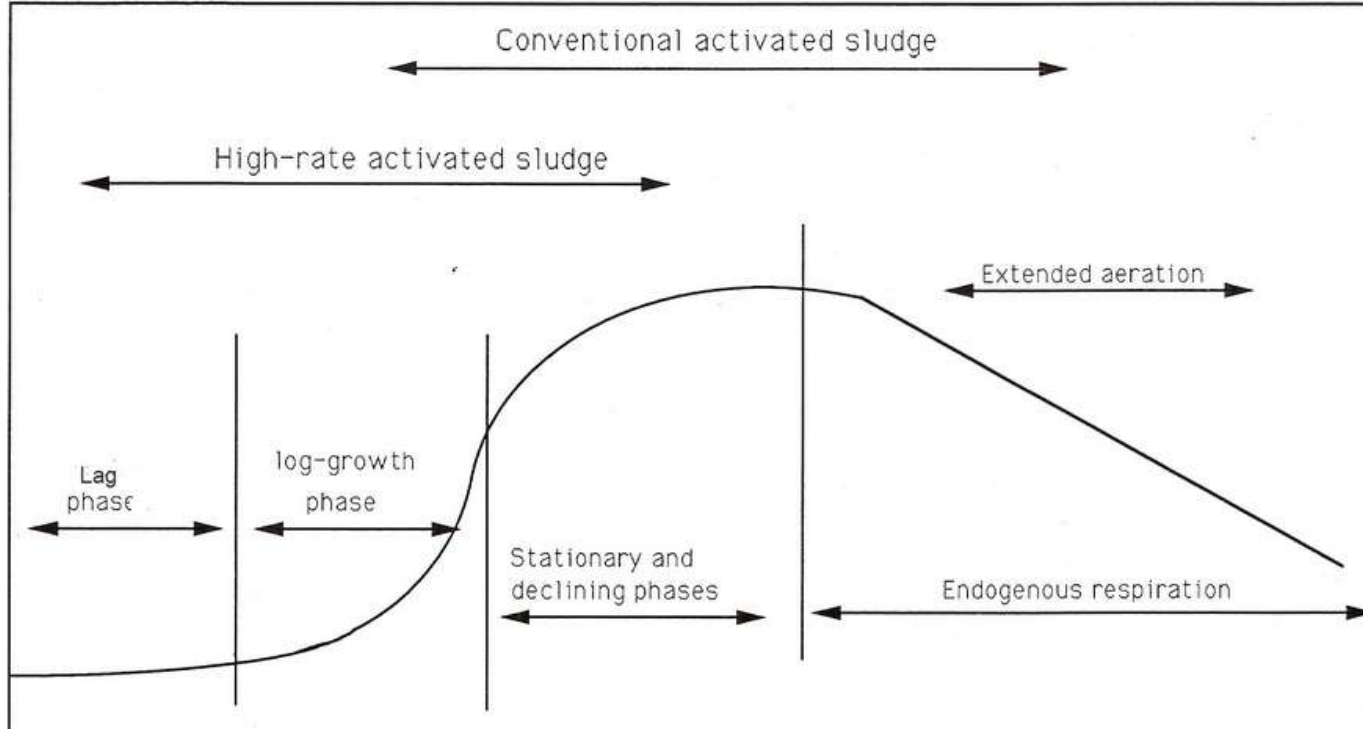
# Aktif Çamur Sistemleri

Bu arıtma sisteminde ön arıtmadan geçirilmiş atıksu havalandırma tanklarına alınır. Bu tanklara dışarıdan hava veya saf oksijen (yüzeysel havalandırıcılar veya difüzör havalandırıcılar ile) verilerek aerobik mikroorganizmaların atıksu içindeki çözünmüş ve kolloid organik maddeleri ayrıştırarak arıtım işlemini gerçekleştirmesi sağlanır.

Havalandırma tankından çıkan atıksuların son çökeltme tankında durultulması yani arıtılmış su içindeki mikroorganizmaların sistemden ayrıştırılması gereklidir. Ayrıca havalandırma tankında belirli bir mikroorganizma konsantrasyonunu temin etmek üzere son çökeltme tankından alınan çökelmiş çamurun (mikroorganizmaların) havalandırma tankının başına geri devredilmesi gereklidir. Sistemde oluşacak fazla çamur ise sistem dışına alınarak çamur arıtım işlemlerine tabi tutulması gerekir.







# Aktif Çamur Sistemleri

## *Seçim Kriteri:*

- Yeterli büyüklükte arazi yoksa,
- Arıtma veriminin iklim koşullarından etkilenmemesi isteniyorsa,
- Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektiriyorsa (%90-95).

## *Kullanılan bazı modifikasyonları:*

- Klasik aktif çamur sistemi,
- Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi,
- Oksidasyon hendekleri,
- CARROUSEL hendekleri,
- Saf oksijenli sistemler, vd.

*Arıtma verimi:* %90-95 civarında

*Alan gereksinimi:* Kişi başına 0,25-0,40 m<sup>2</sup> alan gerekmektedir,

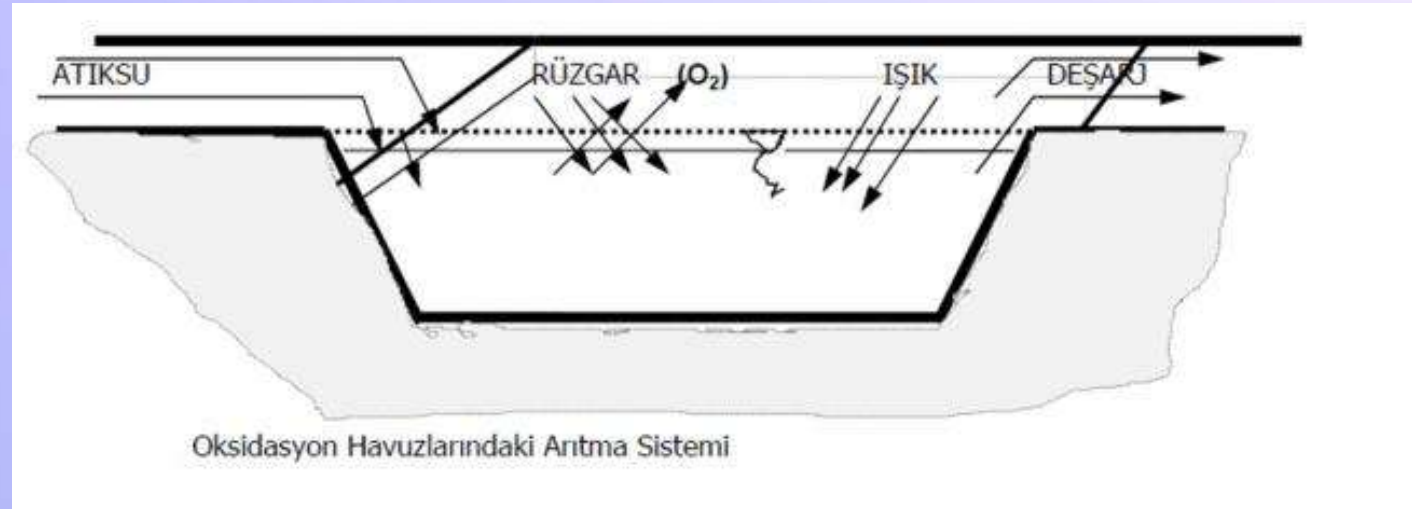
*İşletme maliyeti:* Kişi başına yıllık yaklaşık 3 \$ işletme ve bakım masrafı gerekmektedir.



Oksidasyon Hendekleri

## Stabilizasyon Havuzları (Arazide Arıtma)

Bu arıtma yönteminde atıksular ön arıtma ünitelerinden geçirildikten sonra havuzlara alınır. Temel prensip sisteme dışarıdan enerji vermeden (havalandırma yapmadan) doğal ortamda arıtımın gerçekleştirilmesidir. Sistemin avantajları, aşırı derecede basit ve işleminin güvenilebilirliğinden kaynaklanmaktadır. Doğal arıtma neticesinde oluşan çamur miktarı diğer atıksu arıtma yöntemlerine kıyasla çok daha azdır ve oluşan çamur stabil halde olduğu için ayrıca bir çamur arıtım işlemine tabi tutmaya gerek yoktur. Bununla birlikte, doğal arıtma yavaş cereyan ettiğinden büyük havuz hacimlerine ihtiyaç vardır. İklimin ise sıcak olması tercih sebebidir.



# Stabilizasyon Havuzları (Arazide Arıtma)

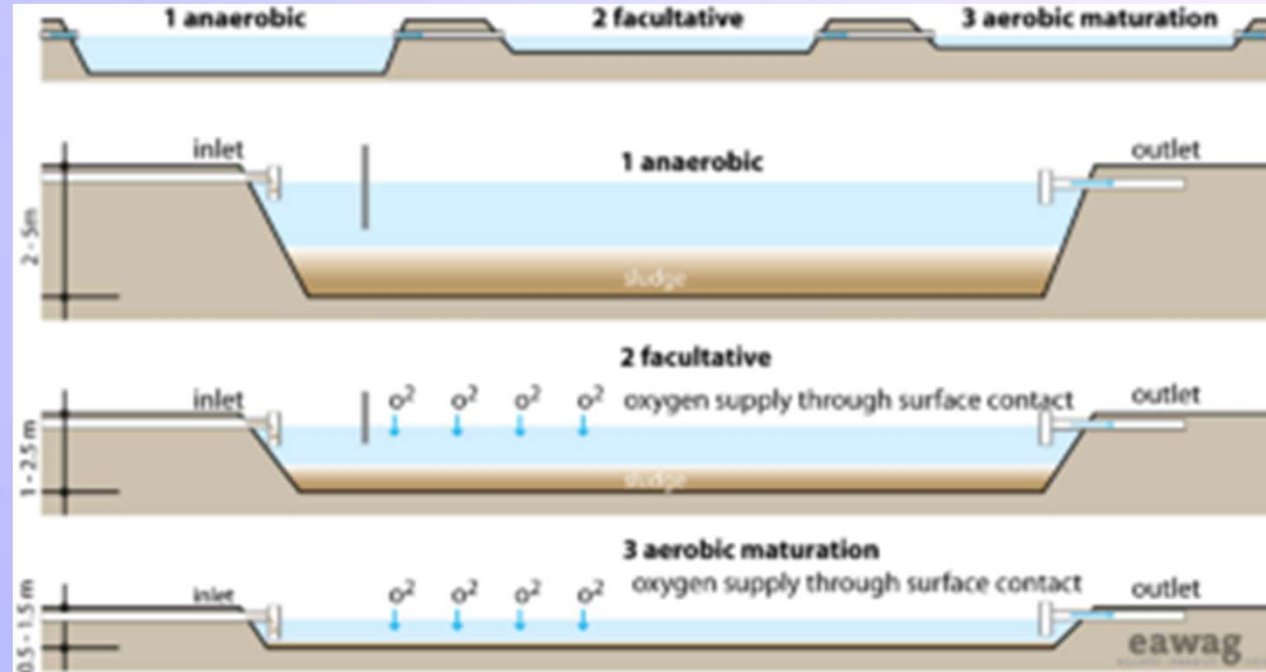
## *Secim Kriteri;*

- Yeterli büyüklükte arazi mevcutsa,
- İklim koşulları müsait ise,
- Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektirmiyorsa (% 70-80),
- Tesisin inşa edileceği bölgeye yakın yerleşim alanları yoksa,
- Belediyenin yüksek teknolojiye tesisi işletemeyeceği endişesi varsa.



*Kullanılan tipleri:* Havuz derinliğine ve ilave yüzeysel havalandırıcı kullanılıp kullanılmamasına göre değişik tipleri mevcuttur. Organik maddeleri parçalayacak mikroorganizmaların aerobik, anaerobik ve fakültatif tipte seçilmesine ve havuz derinliğine bağlı olarak şu tipleri vardır;

- Fakültatif stabilizasyon havuzları (derinlik = 1-2 m arası)
- Anaerobik havuzlar (derinlik = 2-5 m arası)
- Olgunlaştırma havuzları (derinlik = 1-3 m arası)
- Mekanik havalandırmalı lagünler (derinlik = 2,5-5 m arası)



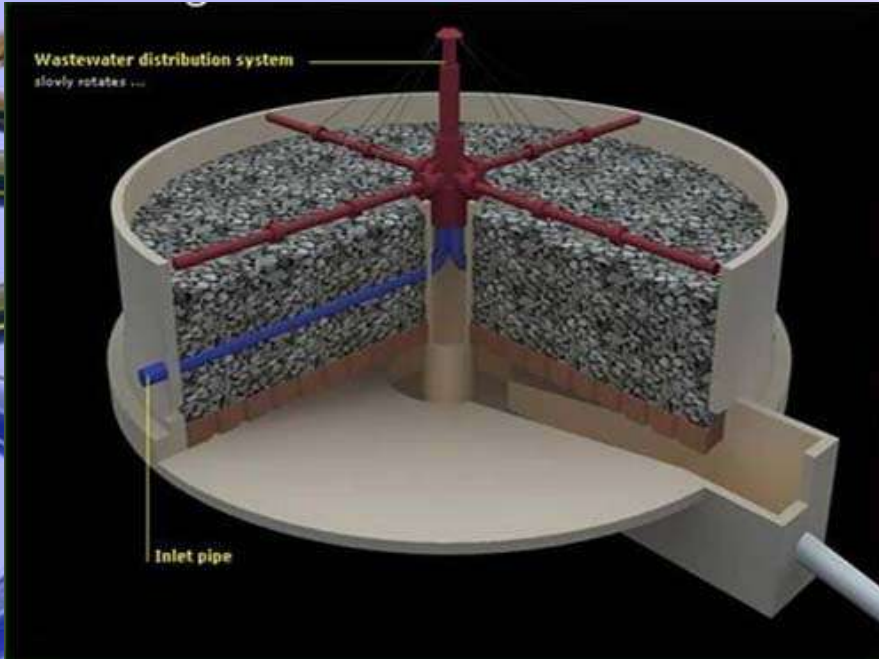
*Arıtma verimi:* %70-80 civarında arıtma verimi elde edilebilmektedir.

*Alan gereksinimi:* Seçilen tipine göre ve iklim koşullarına bağlı olarak kişi başına 2-4,5 m<sup>2</sup> alan gerekmektedir.

*İşletme maliyeti:* Giriş terfi merkezi ve yüzeysel havalandırıcı kullanılmıyorsa, sadece işletme personeli masrafı ve çok az miktarda bakım masrafı olacaktır.

# Damlatmalı Filtreler

Temel prensibi belirli bir tank hacmine doldurulan kırma taş, plastik veya herhangi bir malzemenin üzerinde bakteri tabakası oluşturarak, bu malzemenin üzerinden ön arıtmadan geçirilmiş atıksuyu filtre etmek ve bu sayede atıksu içindeki kompleks organik maddelerin bakteriler tarafından parçalanmasını temin etmektir. Dairesel veya dikdörtgen geometride tanklar kullanılabilir. Filtre içersinde hava sirkülasyonunu temin etmek ve filtre yüzeyinin kuru kalmaması için tedbir almak gereklidir. Filtre yüzeyinde üreyen bakteri tabakası zamanla kalınlaşarak kopar ve çıkış suyu ile birlikte tankı terk eder. Atıksu içindeki bu bakteri kütlelerini sudan ayırmak için son çökeltme tankı kullanılması gereklidir. Son çökeltme tankından alınan bu bakteri kütlesi (çamur) sistem dışına alınarak çamur arıtım işlemlerine tabi tutulması gereklidir. Damlatmalı filtrelerde karşılaşılan en önemli problemler; filtre malzemesinin tıkanması, sinek problemi ve filtre malzemesinin donması riskidir.

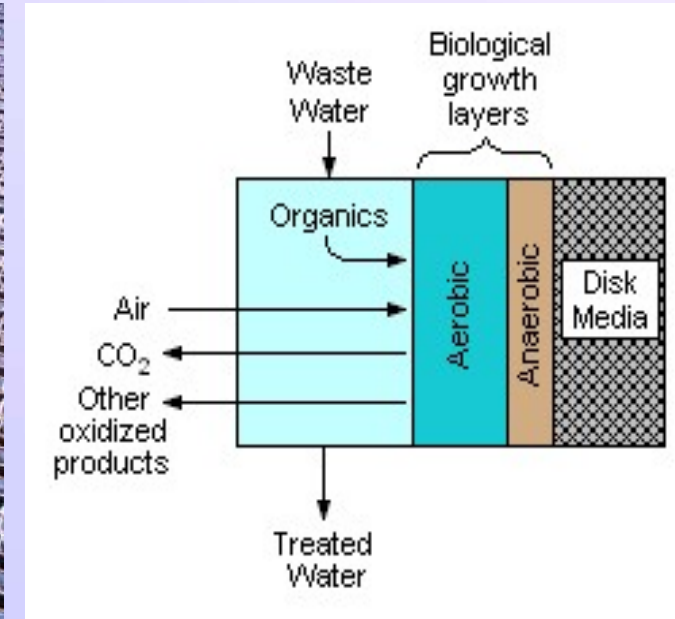
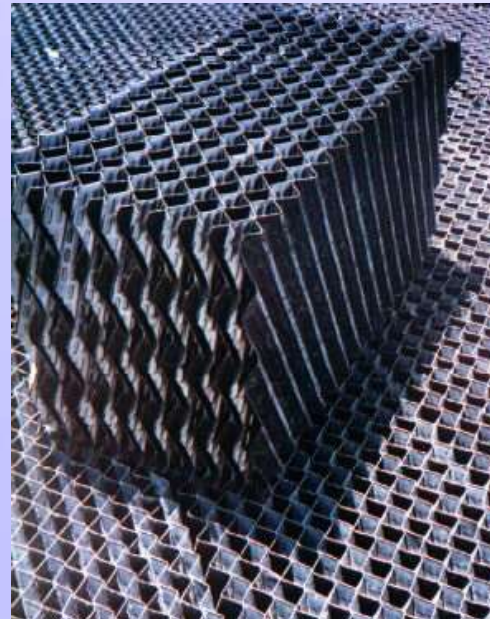
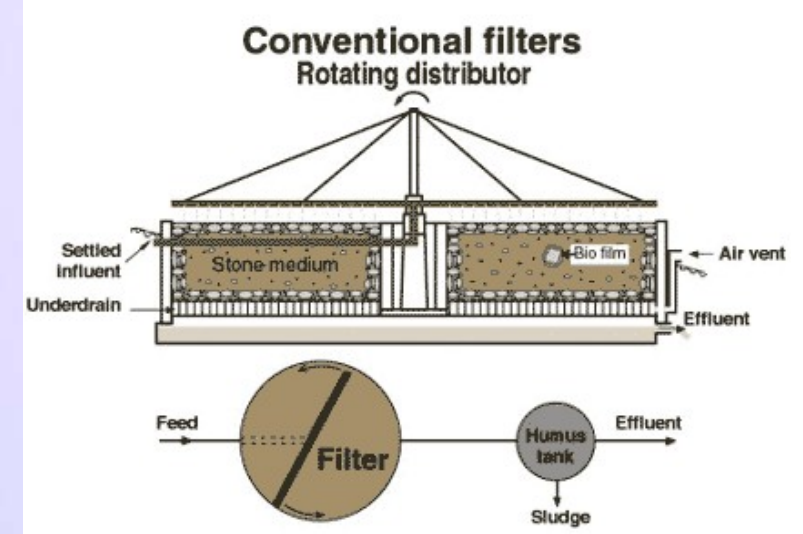


## Secim Kriteri:

- Yeterli büyüklükte arazi yoksa
- İklim koşulları uygun ise
- Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektirmiyorsa (%70-80)

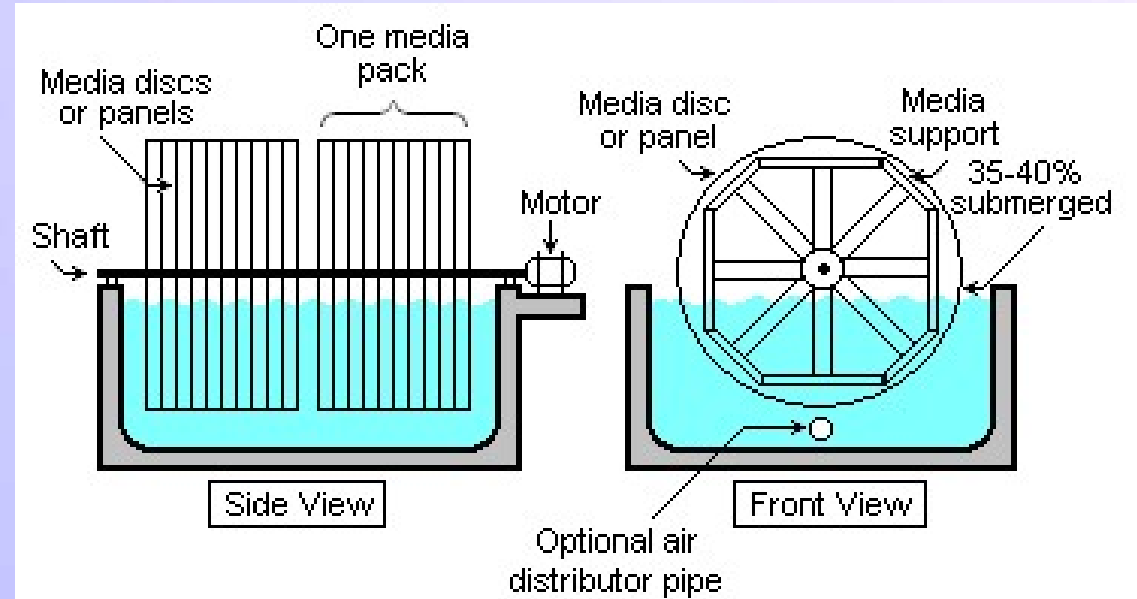
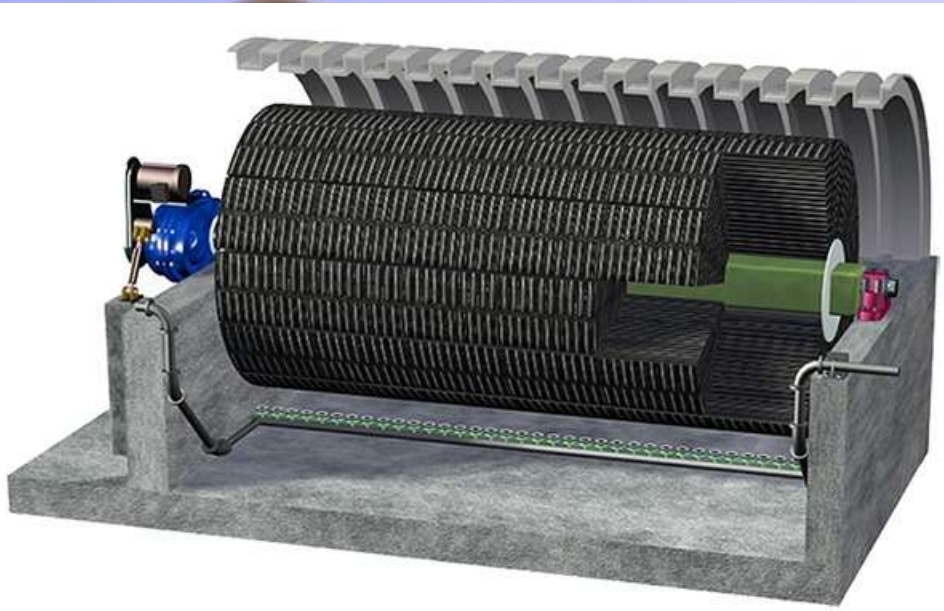
## Kullanılan tipleri:

- Süper hızlı
- Yüksek hızlı
- Orta hızlı
- Düşük Hızlı
- 2 kademeli damlatmalı filtreler

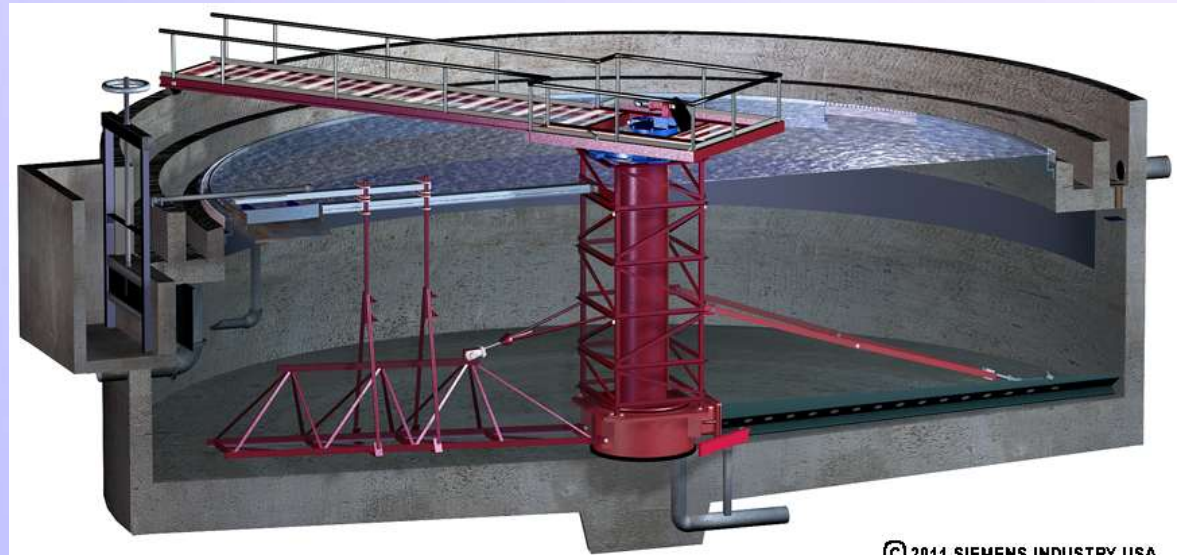
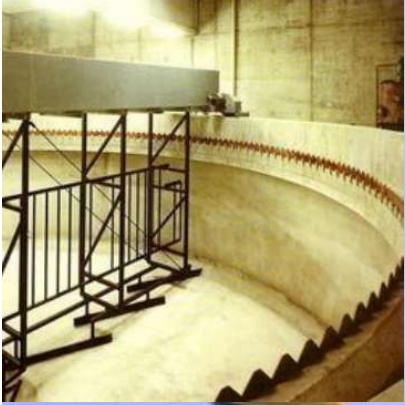


# Döner Biyodiskler

Döner biyodisk proseslerde, çok sayıda dairesel plastik disk, merkezi bir şaft üzerine bağlıdır. Diskler suya batıktır (%40 – 80 oranında) ve tank içinde dönerken, atıksu ile temas ederek arıtılmasını sağlarlar. Diskler üzerinde büyüyen mikroorganizmalar arıtmadan sorumludurlar. Sıvıdan disk üzerine alınan organik maddenin dönüşümü için gereken oksijen, diskin atıksu dışında dönen kısmı vasıtasıyla atmosferden adsorbe edilerek sağlanır. Diskler tamamen dalmış veya yarı dalmış durumdayken işletilebilirler. Koku yapmazlar, sessiz ve az enerji harcayan sistemlerdir.



**Son çökeltme havuzları:** Biyolojik arıtmadan sonra, atıksuyun içindeki biyolojik flokların atıksudan ayrılması ve su kalitesinin iyileştirilmesi için kullanılmaktadır. Çökeltme havuzları genellikle dairesel biçimde olurlar. Çökelen çamurun biriktirilmesi için çamur konisi ve bu koniye çamuru sıyıracak sıyırma ekipmanları gerekmektedir. Son çökeltme havuzlarında atıksuyu bekletme süresi 2 - 4 saat arasında değişebilmektedir. Kenar su derinliği ise 2,5 – 5 m'dir.



# ATIK ÇAMURU ARITMA YÖNTEMLERİ

Arıtma tesislerindeki en önemli sorunlardan biri atık çamurun arıtımı ve yönetimidir. Atık çamurun arıtımı ve yönetimi, tesisin toplam ilk yatırım maliyetinin % 30 – 40'ına ve işletme maliyetinin % 50'sine kadar yükselebilmektedir.

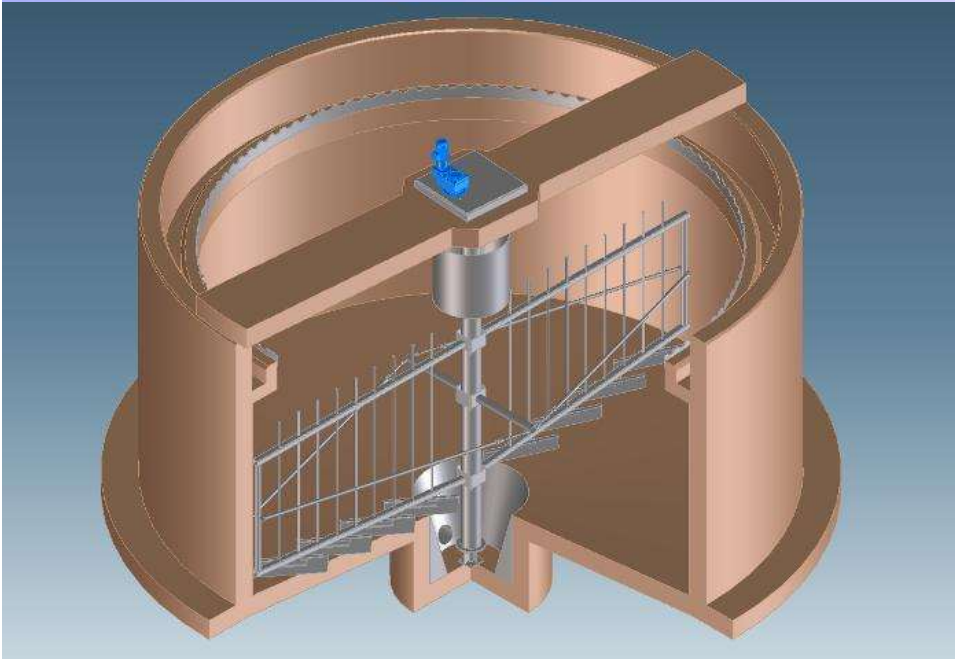
Atıksu arıtma tesislerinde gerek ön çökeltme havuzlarında gerekse son çökeltme havuzlarında çamur oluşmaktadır. Tipik bir evsel ön çökeltme çamuru grimsi siyah renktedir, rahatsız edici bir kokusu vardır ve yaklaşık %4 kuru madde içerir. Bu kuru maddenin %70-80'ni organik ve uçucu maddedir. Organik madde, yağlar, bitkisel yağlar, yiyecek kalıntıları, dışkı, kağıt ve deterjanlardan oluşmaktadır. İnorganik madde ise başlıca silisli kumu içerir.

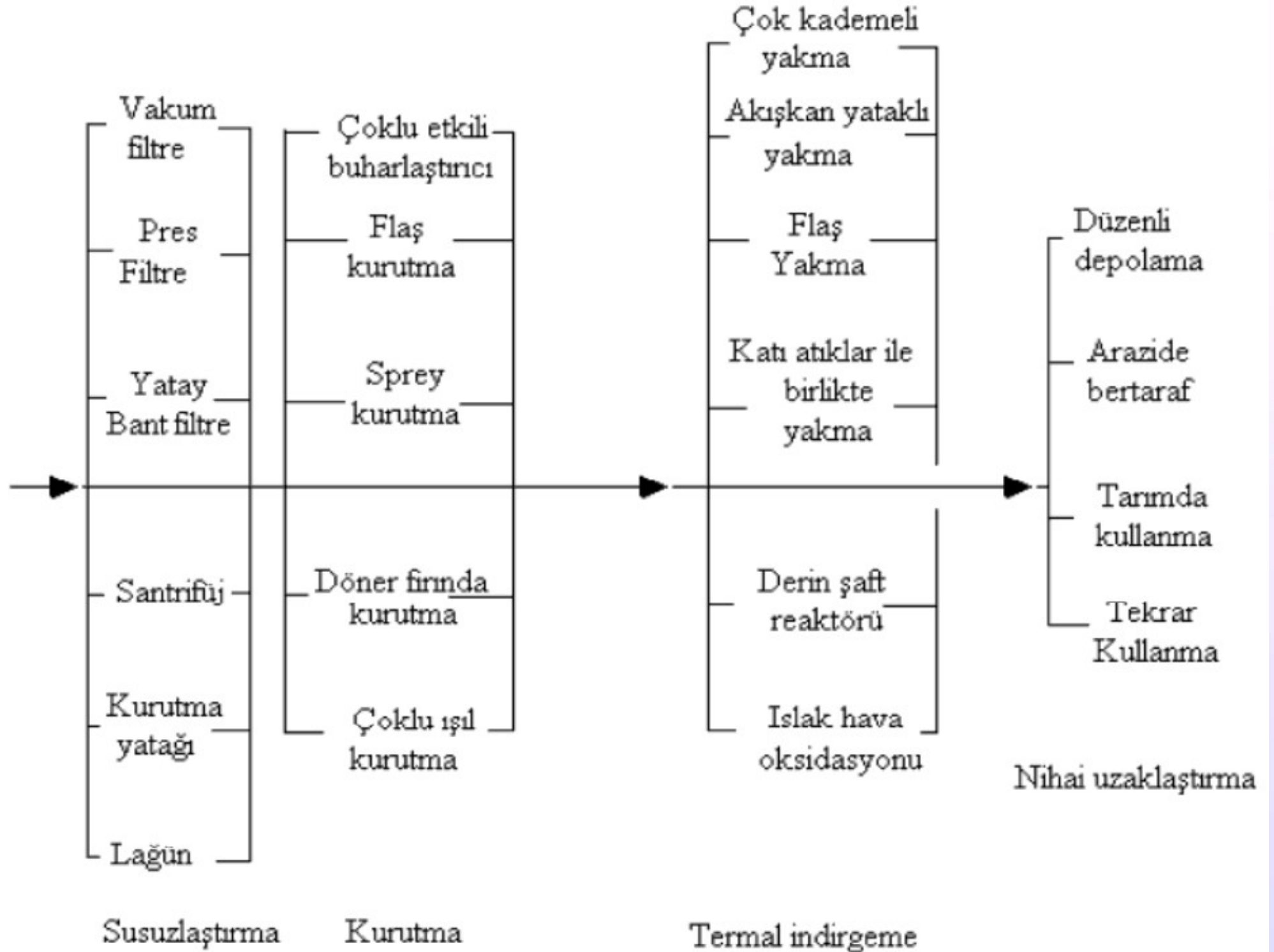
Atıksuyun biyolojik arıtılması son çökeltme çamuru denilen diğer organik katı malzemenin (çamurun) üretilmesi ile sonuçlanır. Bu son çökeltme çamuru biyolojik filtre çamuru veya fazla aktif çamurdur. Kahverengi renktedir. Biyolojik arıtmanın işletme şartlarına bağlı olarak % 0.5 – 3 oranında katı madde içerir. Biyolojik çamuru susuzlaştırma ve stabilize etmek daha zordur.

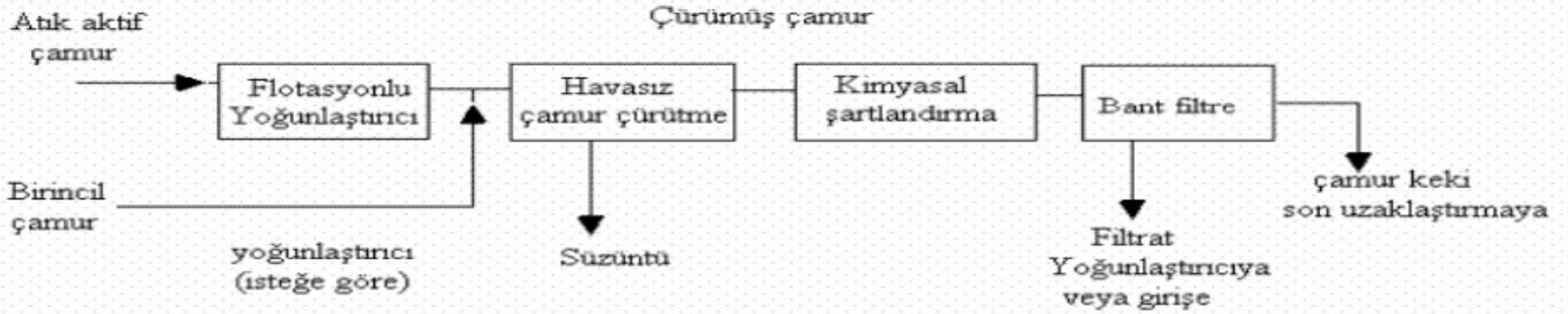


# ATIK ÇAMURU ARITMA YÖNTEMLERİ

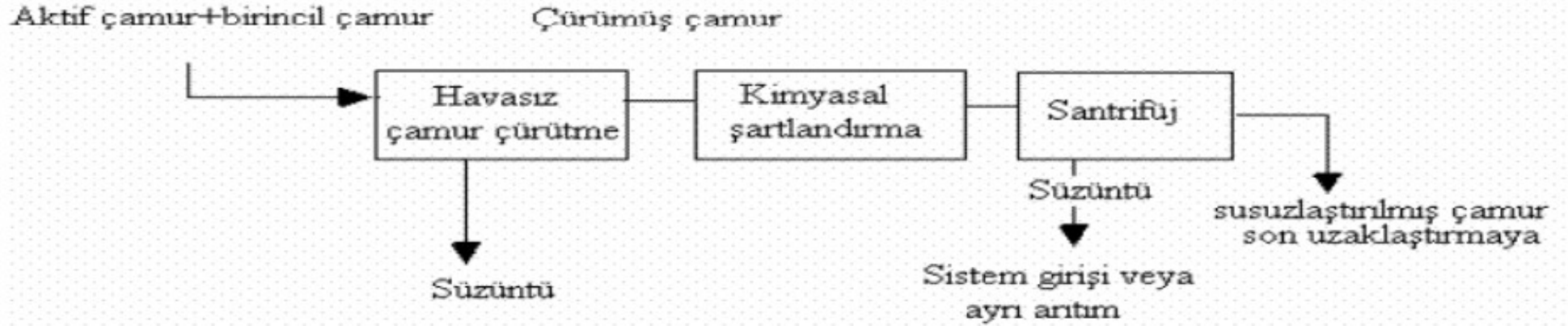
Oluşan bu çamurların çevreye ve insan sağlığına zarar vermemesi için stabilizasyonu (çürütülmesi) gerekmektedir. Bu çürütme işlemi aerobik veya anaerobik işlemlerle gerçekleştirilebilir. Çürütülecek çamur hacmini azaltmak amacıyla çamur yoğunlaştırıcılar kullanılır. Çamur yoğunlaştırma tanklarında %5 katı konsantrasyonuna kadar koyu çamur alınabilmektedir. Çamur yoğunlaştırılıp çürütüldükten sonra susuzlaştırma işlemine tabi tutulmalıdır. Böylece çamur keki elde edilir ve bu malzeme nihai bertaraf sahalarına kolaylıkla nakledilebilir, toprak iyileştirici olarak veya tarımsal gübre olarak kullanılabilir.



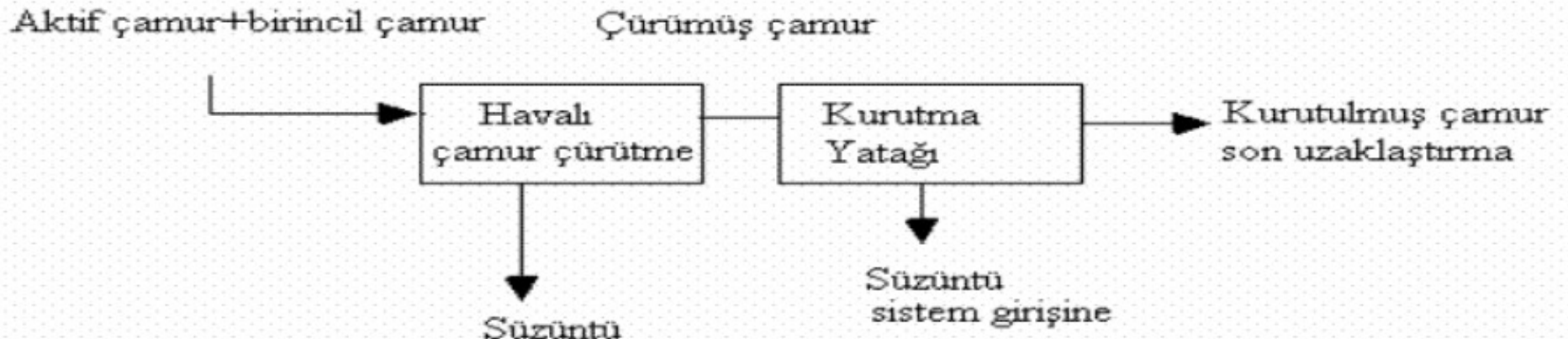




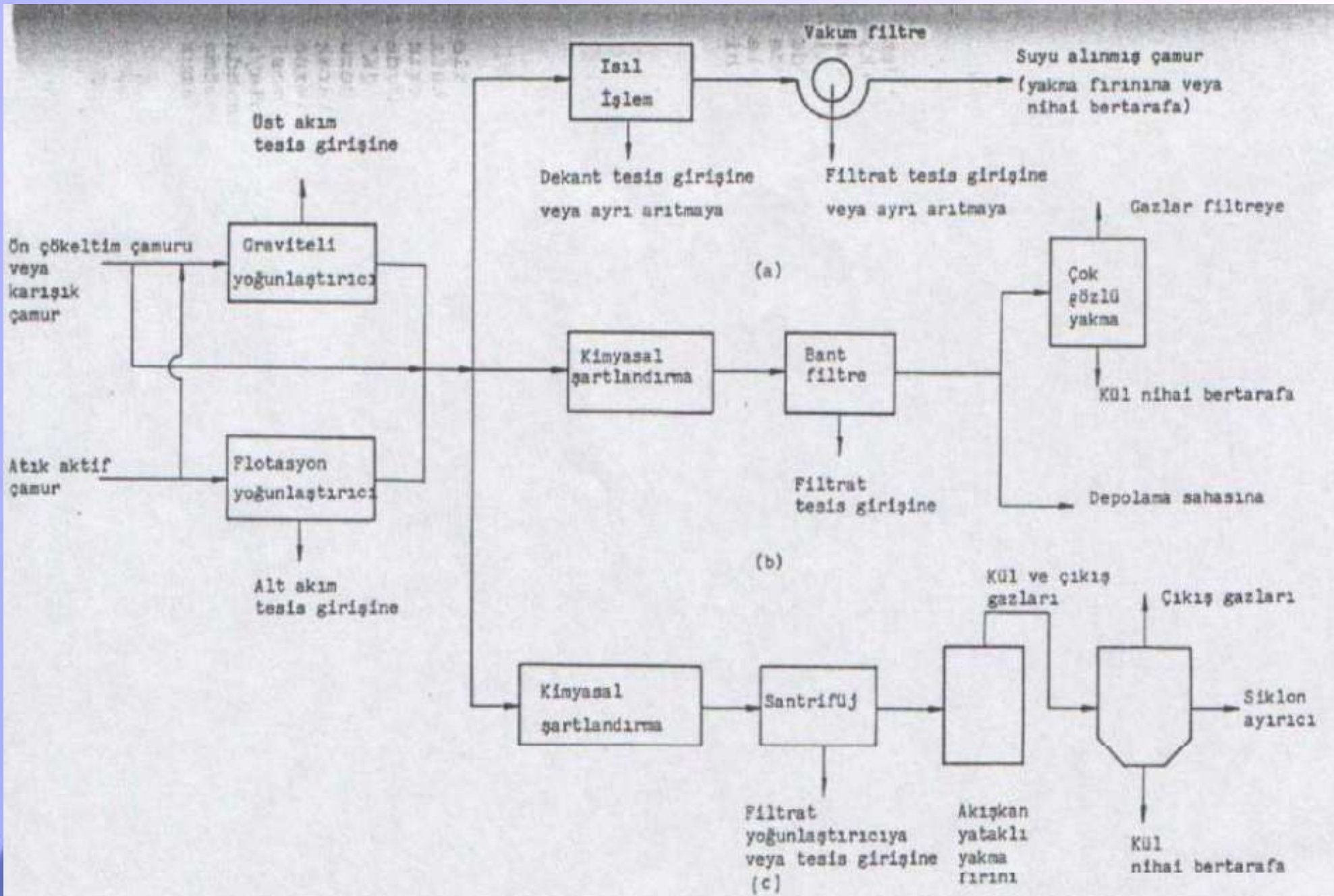
(a)



(b)

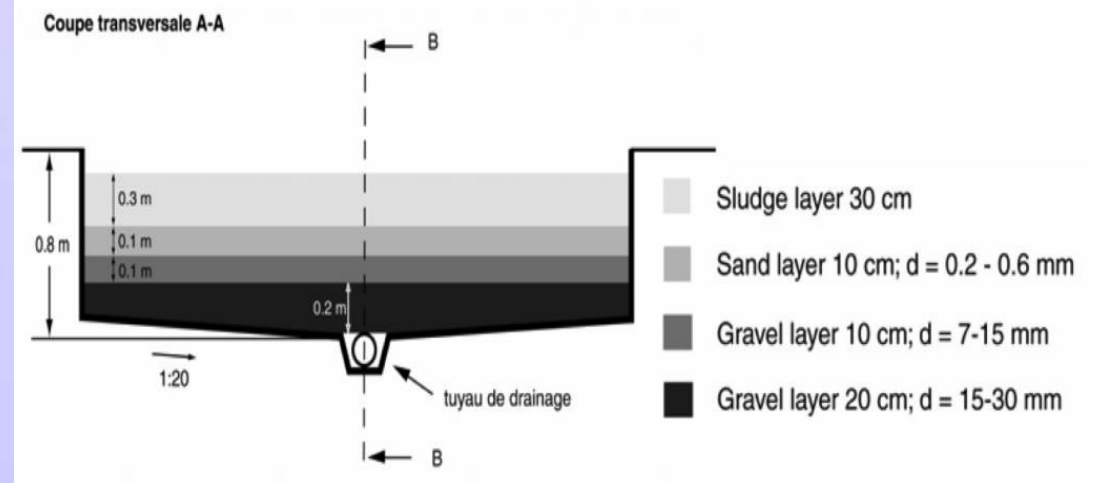
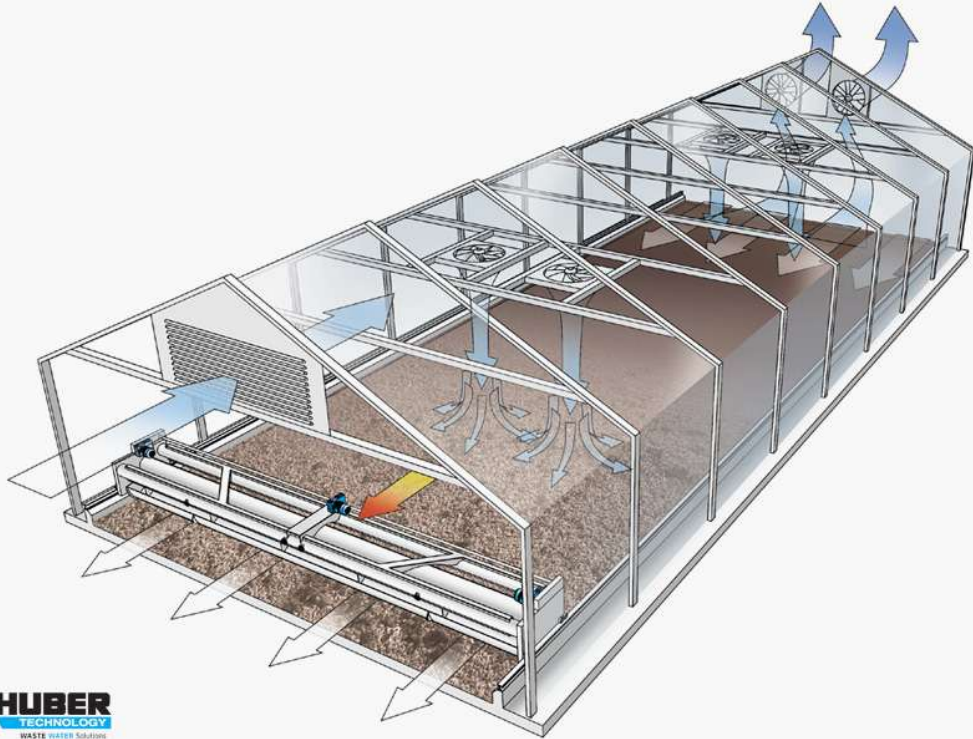


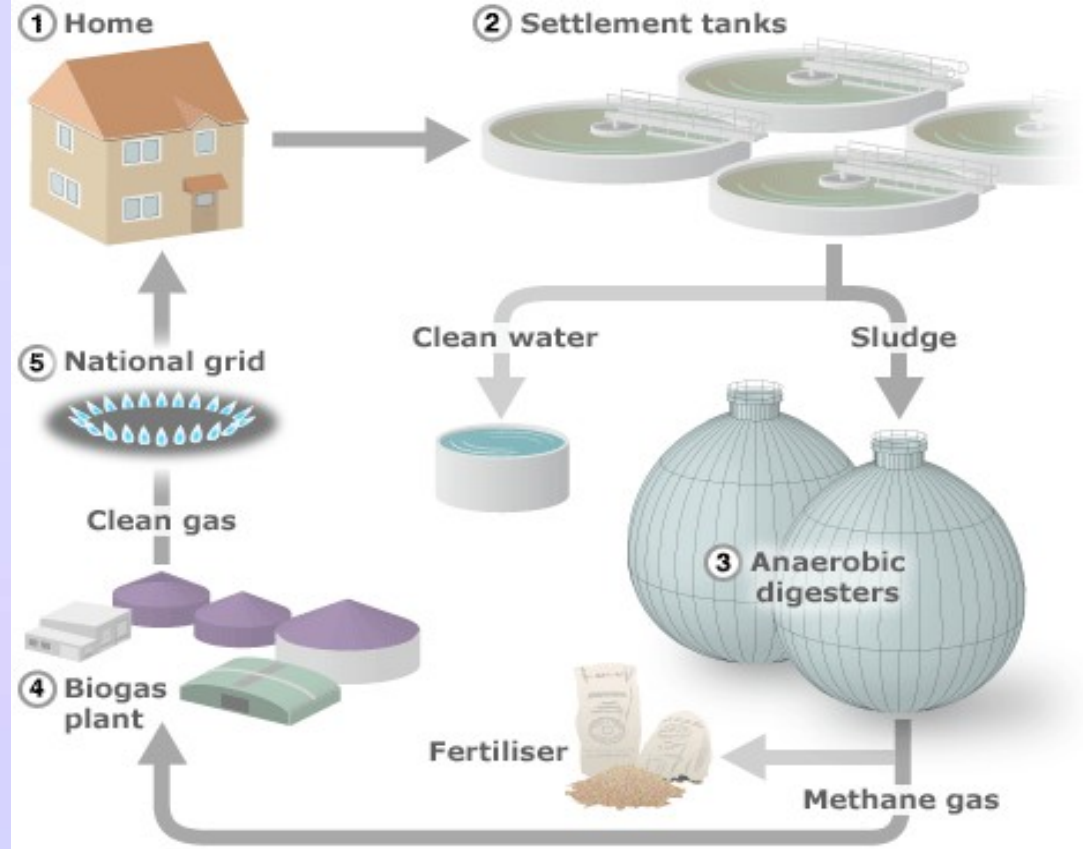
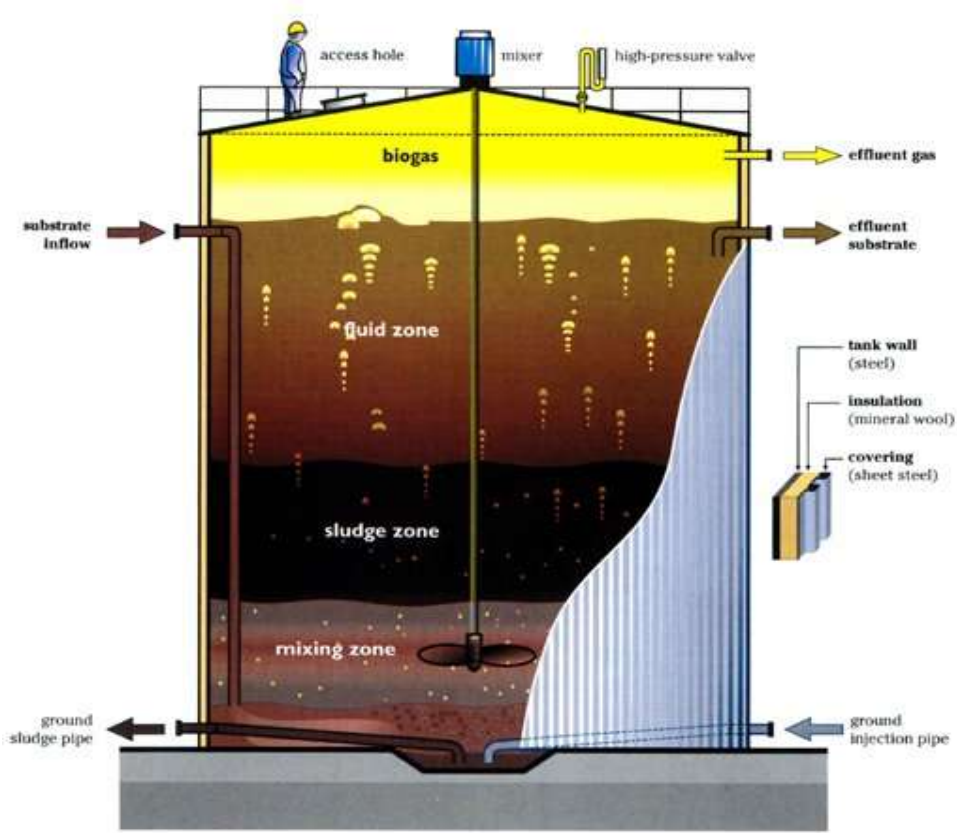
(c)



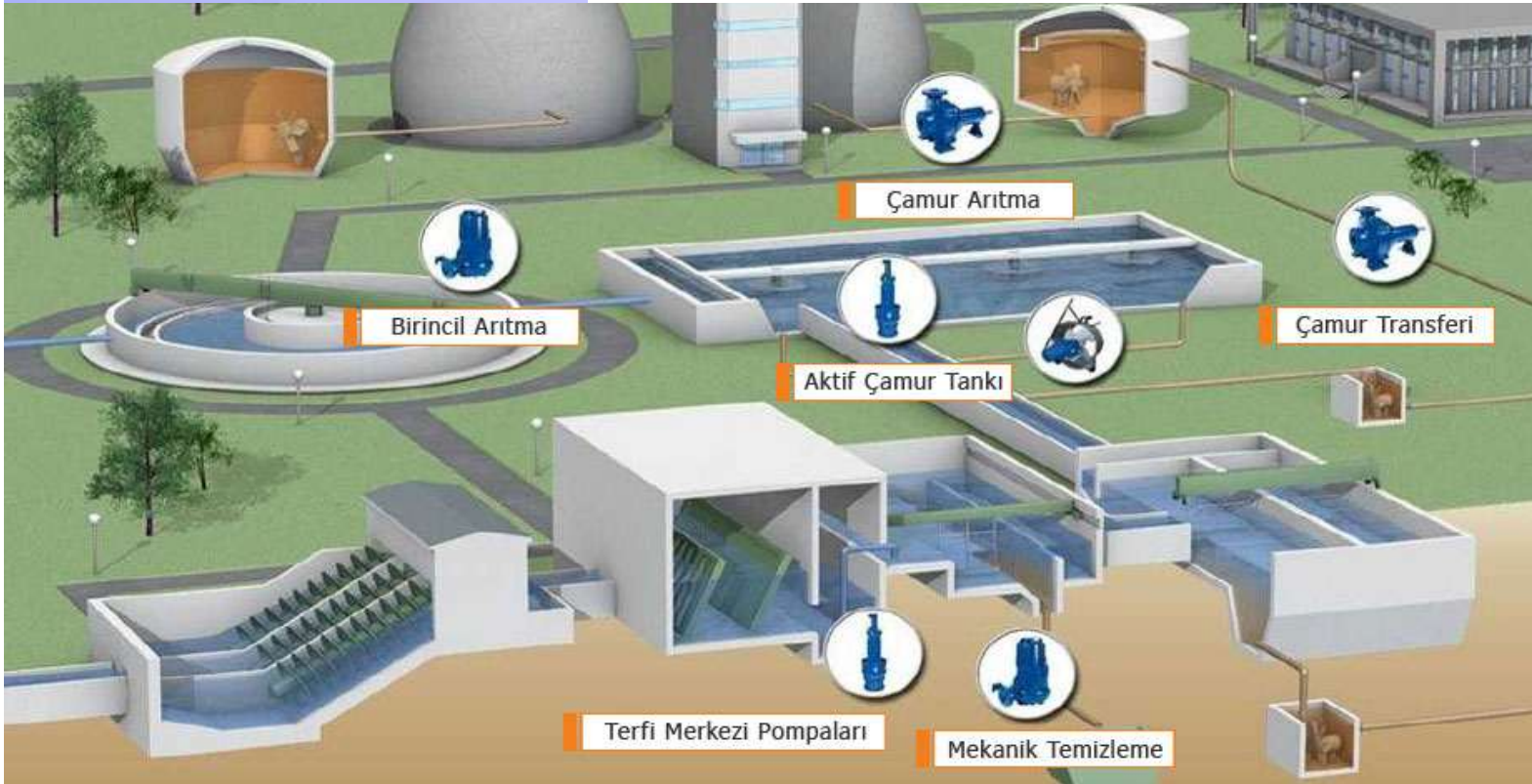
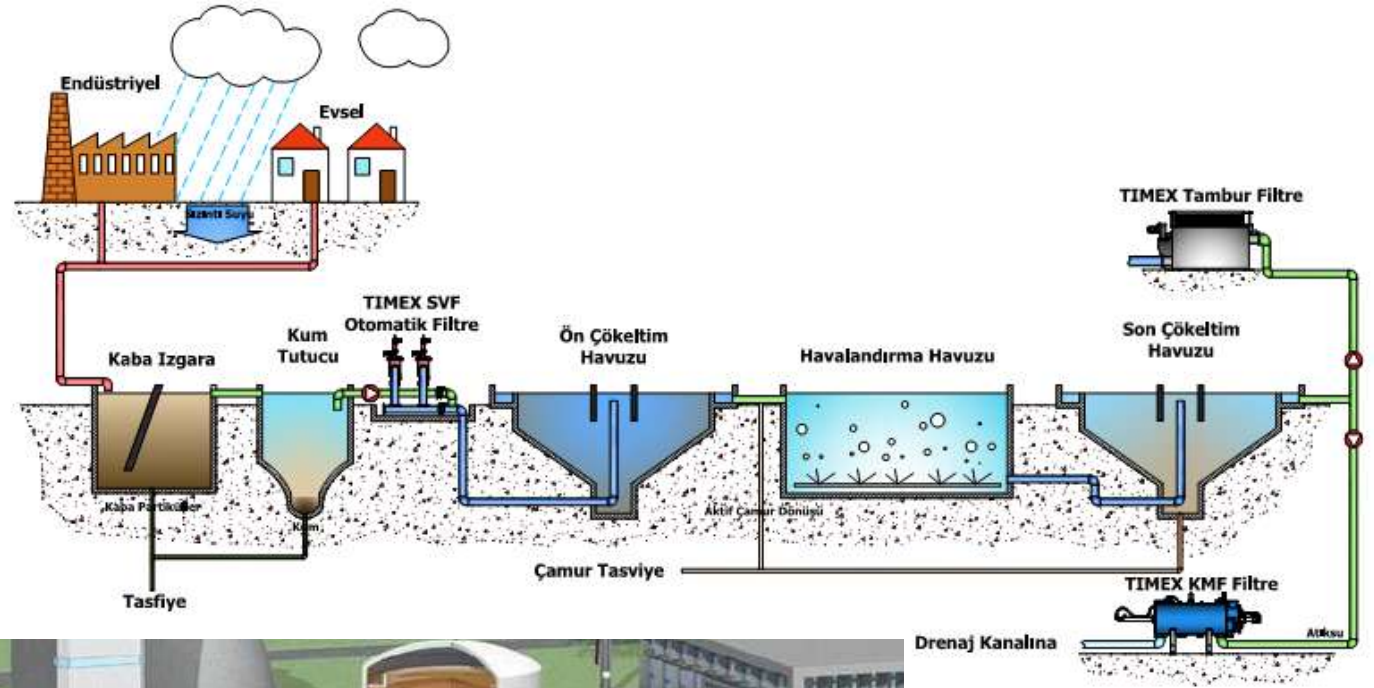
Şekil 2.3.

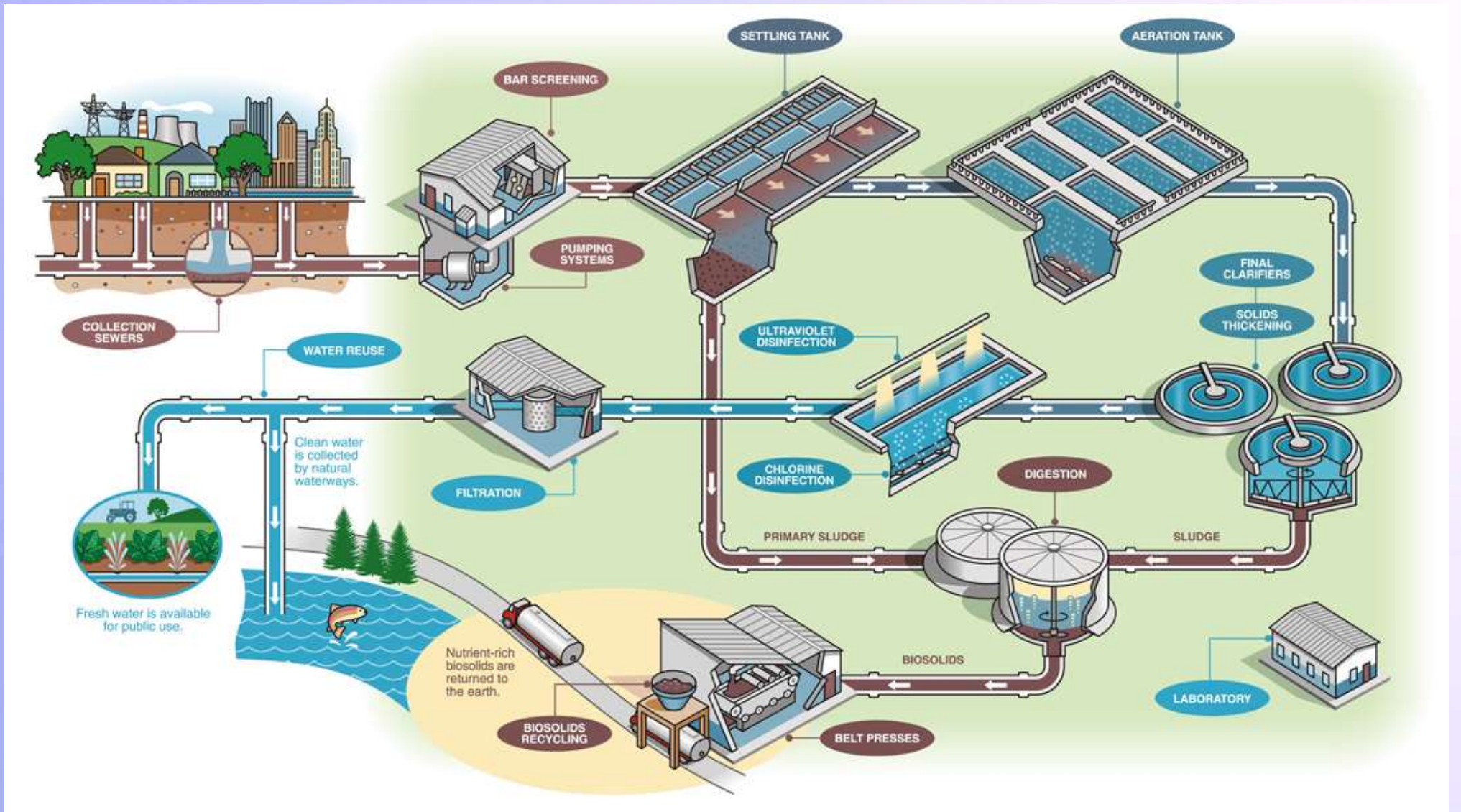
Biyolojik olmayan çamurlar için tipik akım diyagramları; a) Isıl işlem ve vakum filtre ile su alma, b) çok gözlü fırında yakma, c) Akişkan yataklı fırında yakma

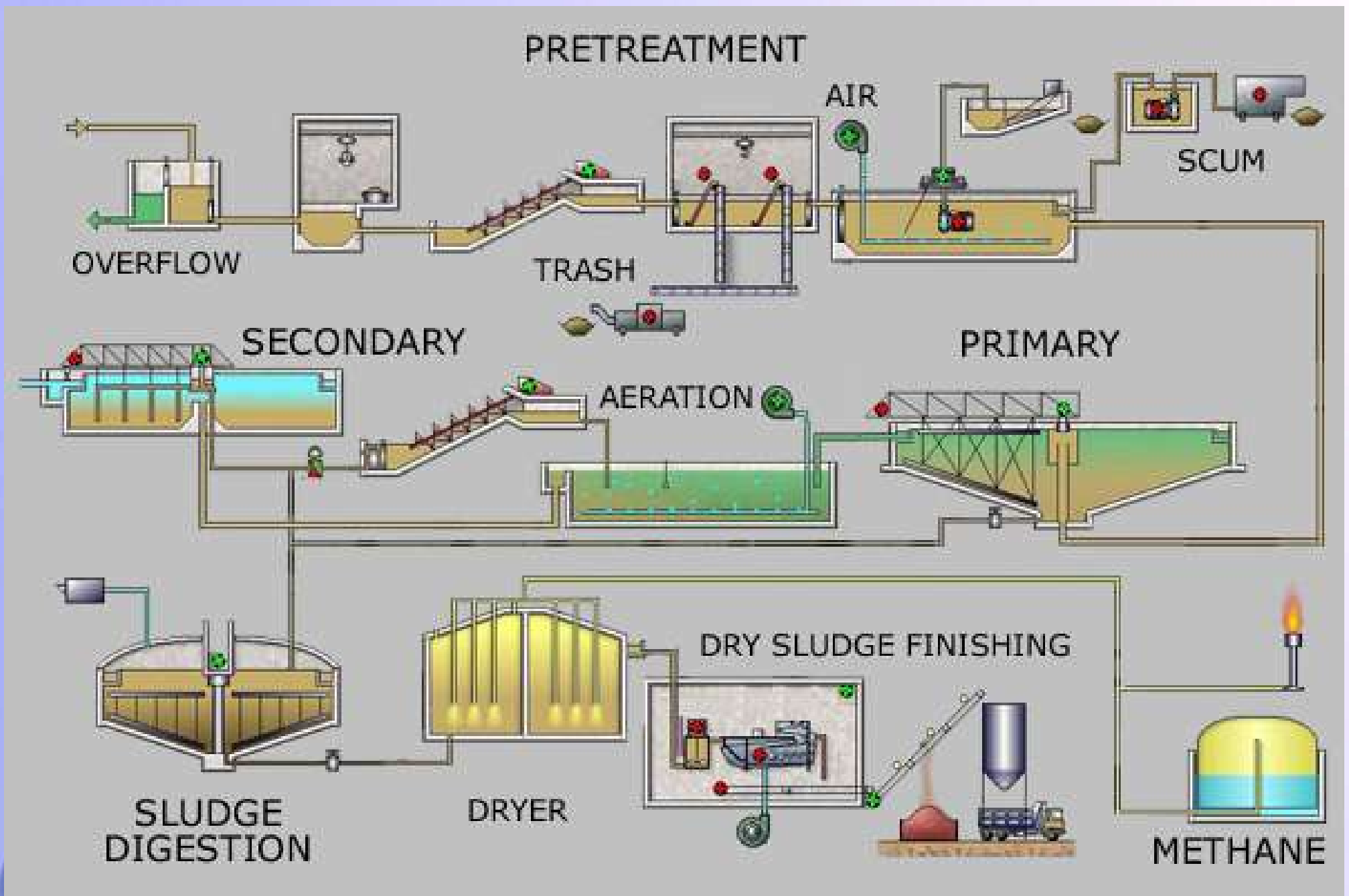




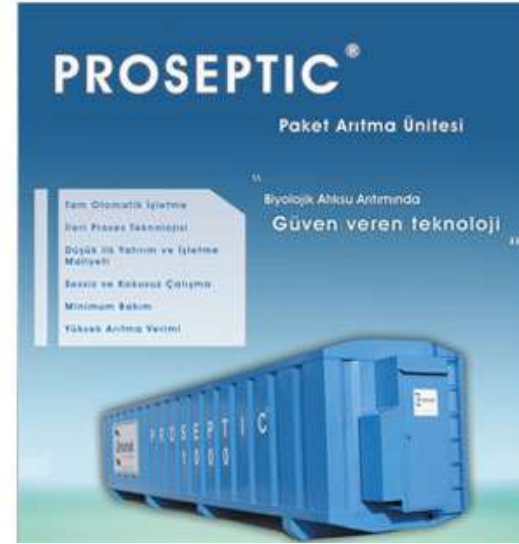
Anaerobik Çamur Çürütücüler







# PAKET ARITMA SİSTEMLERİ



**PROSEPTIC®**

Paket Arıtma Ünitesi

En Otomatik İşletme  
En İyi Paket Teknolojisi  
Düşük İlk Yatırım ve İşletme  
Maliyeti  
Bakım ve Koku Sorunlarının  
Minimum Bakım  
Yüksek Arıtma Verimi

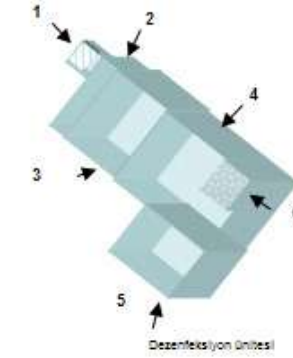
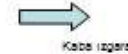
"Biyolojik Arıtımda  
Güven veren teknoloji"



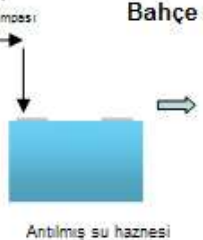
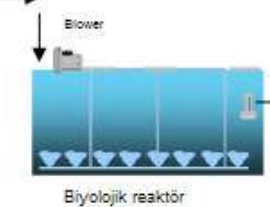
*Betonarme Uygulamalı Paket Arıtma Tesisi Akım Şeması*



Atıksu girişi

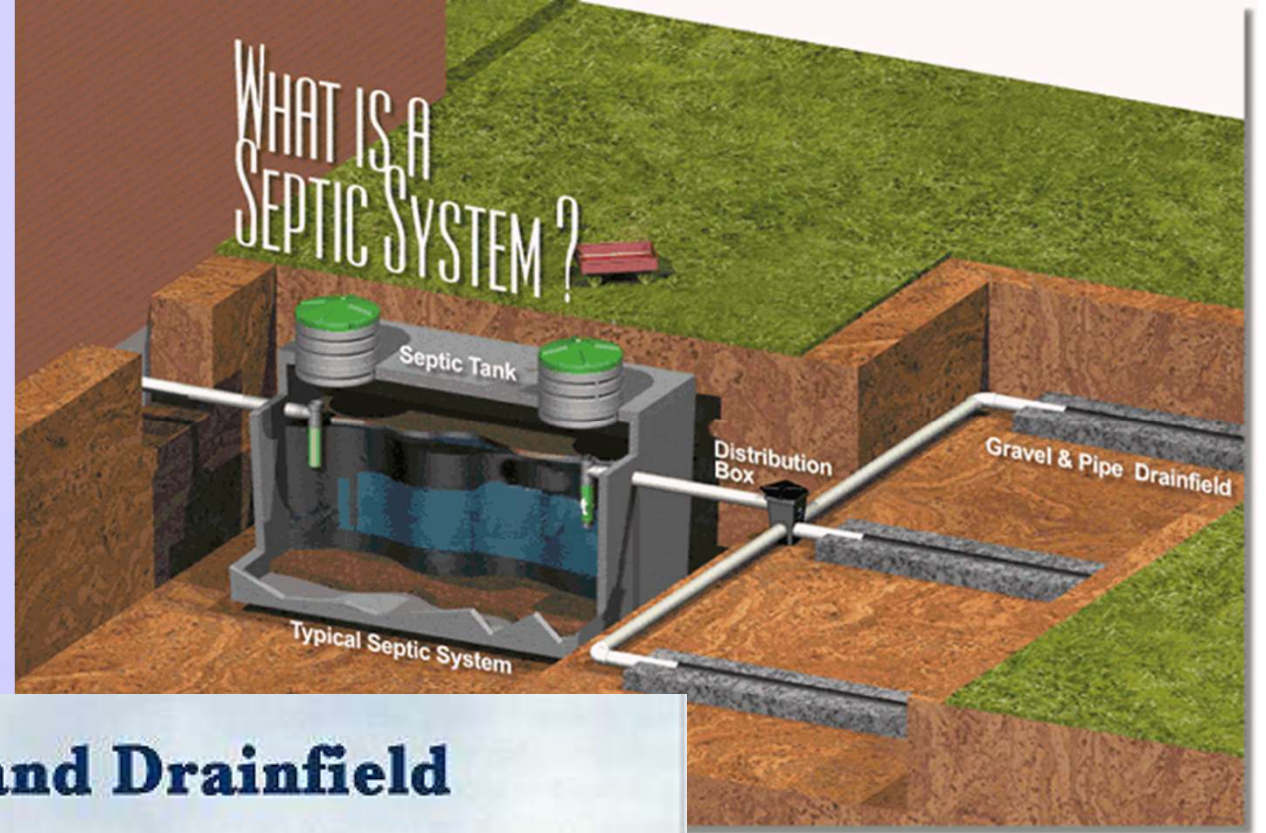


- 1 Giriş rögarı
- 2 Ön çöktürme haznesi
- 3 Dengeleme haznesi
- 4 Biyolojik reaktör
- 5 Temiz su haznesi
- 6 Makine odası





# SEPTİK SİSTEMLER



## Septic System and Drainfield



# KATI ATIKLAR

Teknolojik gelişmeler, hızlı nüfus artışı, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve buna benzer bir çok nedenden dolayı doğal kaynaklar hızla azalmaktadır. Doğal kaynaklardaki bu azalmaya karşın doğaya bırakılan atık miktarı da hızla artmaktadır. Bu atıkların önemli bir kısmını da ***kati atıklar*** oluşturmaktadır. Atıkların artması, özelliklerinin değişmesi, tabiatta uzun süreler bozulmadan kalabilen atıkların çoğalması gibi birçok etken çevre adını verdiğimiz ortamın kullanım amaçlarının dışına çıkmasına yani çevre kirlenmesine sebep olmuştur.

İnsanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her tür madde ve malzemeyi ***kati atık*** olarak tanımlamak mümkündür.



# Katı Atıkların Kaynakları

Katı atıkları genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür :

## 1. Evsel Katı Atıklar

-Organik: Mutfak atıkları, yemek artıkları, kağıt, dokuma ambalaj maddesi

-İnorganik: Kül ve cüruf, ev eşyası kırıkları

2. İri ve Hurda Çöpler: Eski ev eşyası, büyük bahçe artıkları, büyük ambalaj, araba lastiği vb

3. Bahçe Artıkları: Bitki artık, yaprak, ağaç dalları

## 4. Cadde Süprüntüleri

-Organik: Pazar yeri atıkları, cadde ağaçlarının dal ve yaprakları, kağıt atıkları, hayvan pisliği

-İnorganik: Cadde yüzeyi aşınmaları, uçucu toz, kül kış hizmetlerinde serpiyen maddeler

## 5. Sanayi Çöpleri

- Organik: Besin endüstrinin üretim artıkları, tabakhane, dokuma fab., ambalaj mad., kağıt, karton, plastik ahşap artıkları, testere talaşı, cila ve boya
- İnorganik: Çeşitli endüstri dallarının üretim artıkları, kül, cüruf ambalaj malzemesi, çelik, toprak kap, cam vd.

6. Mezbaha ve Ahır Atıkları: Bağırsaklar, işkembe muhtevası, kemik, boynuz, hayvan tırnakları vd.

## 7. Enkaz ve Toprak:

- Organik: Yapı kısmı ahşap ve plastik
- İnorganik: Taş, toprak, metal parçası



## Katı Atıkların Üretim Hızı

Günümüze nüfus artışı, gelişen endüstriyel faaliyetler, teknolojik gelişmeler ve tüketim atıklarının değişmesi ile atık miktarı artmakta ve atığın niteliği de değişmektedir. Bir kişinin bir günde ürettiği katı atık miktarına katı atık üretim hızı denir.

İstatistiksel verilere göre insanlar her yıl bir önceki yıla göre %2–5 oranında daha fazla çöp oluşturmaktadır.

Sanayileşme ve ekonomik büyüme, yalnızca çöp miktarını arttırmakla kalmamış beraberinde doğal kaynak azalımı, ham madde ve enerji israfı gibi problemleri de ortaya çıkarmıştır. Atık miktarının artması ile çevre ve halk sağlığı ile ilgili rahatsızlıklar artmaya başlamıştır.

Çöp üretimi ülkeden ülkeye değiştiği gibi, aynı ülkede bölgeden bölgeye ve aynı şehirde semtten semte değişmektedir. Örneğin Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre İl bazında bakıldığında Artvin ilinin çöp üretim hızı 1 kg/kişi.gün iken, Ankara ilinin 1,6 kg/kişi.gün'dür. Bölge bazında bakıldığında doğu Karadeniz bölgesi çöp üretim hızı 1 kg/kişi.gün iken, batı Marmara bölgesinin 1.9 kg/kişi.gün'dür.

# Katı Atık Üretim Hızını Etkileyen Faktörler

Ortaya çıkan çöp miktarını ve çöp üretim hızını etkileyen birçok faktör vardır. Bunların bazılarını şöyle sıralayabiliriz;

**Coğrafik konum:** Coğrafik konum iklimi belirler. Ilıman iklime sahip bölgelerin park ve bahçelerinden kaynaklanan atıklar fazladır. Ülkemizde ılıman ve karasal iklim yaşanmaktadır. Bu iki ayrı iklim türünün sebep olacağı atık, atık miktarı ve oluşum dönemi farklı olacaktır. Sebze ve meyve tüketimi de daha fazladır.

**Mevsim:** Genelde kışın oluşan çöp miktarı yazın oluşan çöp miktarından fazladır. Turistik bölgelerde yazın çöp miktarı fazla olabilir. Kışın çöp miktarının fazla oluşu, kalorifer cürufu ve soba külleri yüzündendir.

**Toplama sıklığı:** Toplama sıklığı fazla ise oluşan atık miktarı fazla olur. Gereğinden daha sık toplama işlemi yapıldığı takdirde toplumda atma isteği hızlanmakta dolayısıyla da üretim hızı artmaktadır.

**Mutfak öğütücülerinin kullanılıp kullanılmadığı:** Evde kullanılan öğütücü ile yiyecek atığı azalacaktır. Bu çöp üretim hızını azaltırken kanalizasyona ulaşan öğütülmüş çöp organik yükü arttığından evsel atık su arıtımında dezavantaja sebep olmaktadır.

**Toplumun sosyo -ekonomik yapısı:** Nüfus artışı değişen tüketim alışkanlıkları, teknolojik gelişim ile çöp üretimi artar. Büyük kentlerdeki çöp üretiminin kırsal alanlardan fazla oluşu bu sebeptendir. Toplumun gelir düzeyi, sosyal yaşantısı, beslenme alışkanlıkları değiştikçe katı atık üretim hızı da değişir.

**Belediyelerin geri çevirim uygulamaları:** Belediyeler tarafından geri çevirim uygulanıyorsa toplanan atık miktarı azalacaktır.

**Kanun ve yönetmelikler:** Özellikle ambalaj malzemeleri ile ilgili olanlar atık miktarını etkiler.

**Eğitim programları:** Halkın atık oluşturma alışkanlığında etkilidir.

# Katı Atıkların Özellikleri

Katı atık yönetiminde bileşenleri ve oranlarını bütün mevsimleri, hatta mümkünse ayları da kapsayacak şekilde araştırmak gerekir. Katı atık bileşenlerinin bilinmesi halinde çöpten nasıl yararlanılacağı ve en uygun nasıl bertaraf edileceği anlaşılır.

Sağlıklı bir bileşim oranları tespiti için bunların yanı sıra numune alınacak bölgeler rasgele seçilmeli ve veriler istatistiksel analize tabi tutulmalıdır.

Numune almada izlenecek yöntem şöyle olmalıdır:

- Numune yığını dört eşit parçaya bölünür.
- Parçalardan birisi tekrar dört eşit parçaya bölünür.
- Bu yeni dört eşit parçadan birisi seçilir.
- Analizlenecek parçanın toplam ağırlığı 80 kg. civarında olmalıdır.
- Analizlenecek parçanın ayrışmaya ve çürümeye uğramamasına dikkat edilmelidir.
- Parçanın tüm bileşenleri içermesine dikkat edilmelidir

# Fiziksel Özellikleri

Katı atıkların fiziksel özelliği, partikül boyutu, nem içeriği ve katı atık yoğunluğu gibi özelliklerinden oluşmaktadır.

## Partikül Boyutu

Katı atık içerisindeki materyal boyutu yada büyüklüğu Katı atıkların elek ve manyetik ayıklayıcılar ile ayıklanmasında önem tağımaktadır. Özellikle geri kazanılabilen atıkların tane büyüklükleri ayıklama işlemlerinde kullanılacak elek ve benzeri materyallerin seçiminde önemlidir. Kompostlaştırma işleminde olduğu gibi bertaraf yöntemlerinde de tane boyutu önemlidir.

## Nem İçeriği

Katı atıkların nem içeriği katı atıkların birim ağırlıkları içerisindeki su miktarı olarak da ifade edilebilir. Nem oranının ölçülmesinde belirli miktarlardaki katı atığın yaş ve kuru ağırlık farklarından faydalanılır.

Katı atıkların nem içeriğinin bilinmesi özellikle yakma tesislerinin tasarımı ve işletilmesi için son derece önemli bir fiziksel parametredir. Aynı zamanda taşıma işlemlerinde de nem oranı önemli bir parametredir. Bölgesel özelliklere ve sosyo-ekonomik yapıya bağlı olarak oldukça geniş bir aralığa sahip olan nem içeriğinin tipik değeri %20 olarak verilmektedir.

## **Yoğunluk**

Katı atıkların yoğunlukları coğrafik koruma, mevsime ve depolama süresinin uzunluğuna bağlı olarak değişir, bu nedenle dikkat edilmelidir.

Dikkat edilmesi gereken konu katı atığın sıkıştırılıp sıkıştırılmadığıdır. Katı atıkların yoğunlukları sıkıştırma işlemi sonunda 180 ile 450 kg/m<sup>3</sup> arasındadır.

# Kimyasal Özellikleri

Kimyasal kompozisyon, katı atıklardan enerji elde edilmesinde, geri dönüşümünde, yakılmasında ve bazı bertaraf işlemlerinde önemli bir parametredir.

Kentsel katı atıkların kimyasal özellikleri

Parametre	Bulunma oranı(%ağırlık)	
	Aralık	Tipik değer
Nem içeriği	15-40	20
Uçucu madde	40-60	53
Sabit karbon	5-12	7
Yanamayan madde	15-30	20
Yanan madde	-	-
C	40-60	47
H	4-8	6
O	30-50	40
N	0.2-1	0.8
S	0.05-0.3	0.2
Kül	1-10	6

# Isıl Değer

Katı atıkların ısıl değeri, bırakacağı kalıntı ve enerji içeriklerine göre belirlenir. Başka bir ifade ile birim katı atık miktarının yakılması neticesinde elde edilen enerji olarak da ifade edilebilir. Yakma sistemlerinin tasarımında kullanılan oldukça önemli bir parametredir.

Bir katı atığın kendi kendine yanabilmesi için ısıl değeri 1500-2000 kcal/kg, ilave bir yakıtla yanabilmesi için gereken alt ısıl değer 950-1300kcal/kg olmalıdır. Isıl değerin 1200 kcal/kg'ın altına düğmesi atığın ekonomik olarak yanmayacağını gösterir.

Ekonomik olarak yakılamayan katı atıkların yakma yöntemi ile bertaraf edilmesi zorlaşmaktadır. Eğer katı atıklar mecburen yakılmak zorunda kalınır ise bu durumda yüksek işletme maliyetleri ortaya çıkacaktır.

## Evsel çöplerinin bileşimi ve toplumlara göre değişimi

Katı Atık Bileşimi (%)	Belçika	Almanya	Fransa	İstanbul	İsveç	A.B.D
Kül	48	30	24	45	0	10
Kağıt	21	19	30	10	55	42
Organik Madde	23	21	24	36	12	23
Metal	2	5	4	1	6	8
Cam	3	10	4	1,5	15	6
Diğerleri	3	15	14	6,5	12	11

# Katı Atıklar ve Halk Sağlığı

öplerin tekniğine uygun bir şekilde uzaklaştırılmamaları halinde halk sağlığı ile ilgili problemler ortaya çıkar. Katı atıklar yoluyla 20 tip hastalığın taşınıp bulaştığı bilinmektedir.

öplerden hastalık taşıyan en önemli iki faktör, fareler ve sineklerdir. Sinekler 1 dm<sup>3</sup> çöpte 2500 sinek üreyebilir ve bunlar,dizanteri ve pek çok hastalığı taşıyabilir. Fareler sadece eşyaları tahrip etmekle kalmaz, ayrıca hastalık nakleden böcekleri de vücutlarında taşıyarak zararlı olurlar. Orta Çağdaki veba salgınının doğrudan fareler ile ilgili olduğu bilinmektedir.

# KATI ATIKLARDA GERİ KAZANMA VE GERİ DÖNÜŞÜM

Katı atıkların fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra ikincil ham madde olarak üretimi sürecine sokulmasına “*Geri Dönüşüm*” denir.

Katı atıkların toplama ve temizleme dışında her bir işleme tabi tutulmadan aynı şekli ile ekonomik ömrü doluncaya kadar defalarca kullanılmasına “*Tekrar Kullanım*” denir.

Tekrar kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsayan atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşimlerinin fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesine “*Geri Kazanma*” denir.

Türkiye de katı atık kompozisyonu içinde geri kazanılabilir atık (plastik, cam, metal, kâğıt) miktarı %12,07’dir. Yıllık toplam atık içinde kompost hariç üretilen ambalaj atığı miktarı 3 milyon tondur.

Atıkların geri kazanılması ile ülkeler ekonomik çıkar sağlar ve aynı zamanda katı atıkları azalır, ham madde israfını da önlemiş olurlar.

Geri kazanım işleminin önem ve gereği aşağıdakileri söylemek mümkündür;

- Katı atık miktarını ve hacmini azaltır.
- Depolama sahalarının kullanım ömrü uzar.
- Ham maddeden tasarruf sağlanır.
- Doğal kaynaklar korunur.
- Enerjiden tasarruf sağlanır.
- Çevre duyarlılığı artar.



## Geri Kazanılabilir Maddeler

- Kağıt/Karton,
- Cam,
- Metal,
- Plastik.

### Geri kazanılan atıkların ayrımı konusunda;

- Tüketici, kaynağından ayrı biriktirmekle
- Bertaraf, bu atıkları çöpten ayrı ve temiz bir biçimde ayırmakla
- Sanayi, toplanan bu atıkları yeniden işlemekle **sorumludur.**

Aksi takdirde geri kazanılan atık kalitesi düşecek aynı zamanda da dönüşüm maliyeti yükselecektir.

## Türkiye’de Geri kazanım Çalışmaları

Türkiye de oluşan katı atıklar kaynağından, nihai bertarafına kadar geçen sürede çeşitli ayrıma tabi kalırlar. Bunlar;

- Apartman kapıcıları
- Çöp konteynırlarını karıştırıp işe yarar olanları kullanan yada biriktirip bir sanayiye satan gelir seviyesi düşük kişiler,
- Gündüzleri sokaklarda arabaları ile hurda satın alanlar
- Çöp toplama araçlarında görevli işçilerdir.

Esasında katı atıklar Türkiye deki ev veya iş yerindeki çöp kabından çöp dökme veya depolama yerine kadar giden güzergâhın üzerinde muhtelif kişiler tarafından belli noktalarda ayıklama ve ayırmaya tabii tutularak geri kazanılmaktadır.

# KATI ATIKLARIN BERTARAFI

Katı atıklar genellikle insan sağlığını, faydalı bitki ve hayvan türlerinin yaşamını tehlikeye sokmamak, hava, su ve toprağı kirletmemek ve bu atıklardaki hammadde ve enerji potansiyelini kullanabilmek amacıyla çeşitli bertaraf işlemlerine tabi tutulmaktadır.

Mevcut ve kullanılmakta olan teknolojilere göre katı atık bertaraf yöntemleri aşağıda verilen dört yöntemden oluşmaktadır.

- Düzenli depolama
- Kompostlaştırma
- Yakma
- Piroliz

Atıkları bütünüyle yok etmek atıklardan kurtulmak “kütlenin korunumu” prensibine göre mümkün değildir. Bertaraf yöntemlerinin amacı, atıkları, çevreye ve insana zarar vermeyecek hale dönüştürmektir.

# Düzenli Depolama

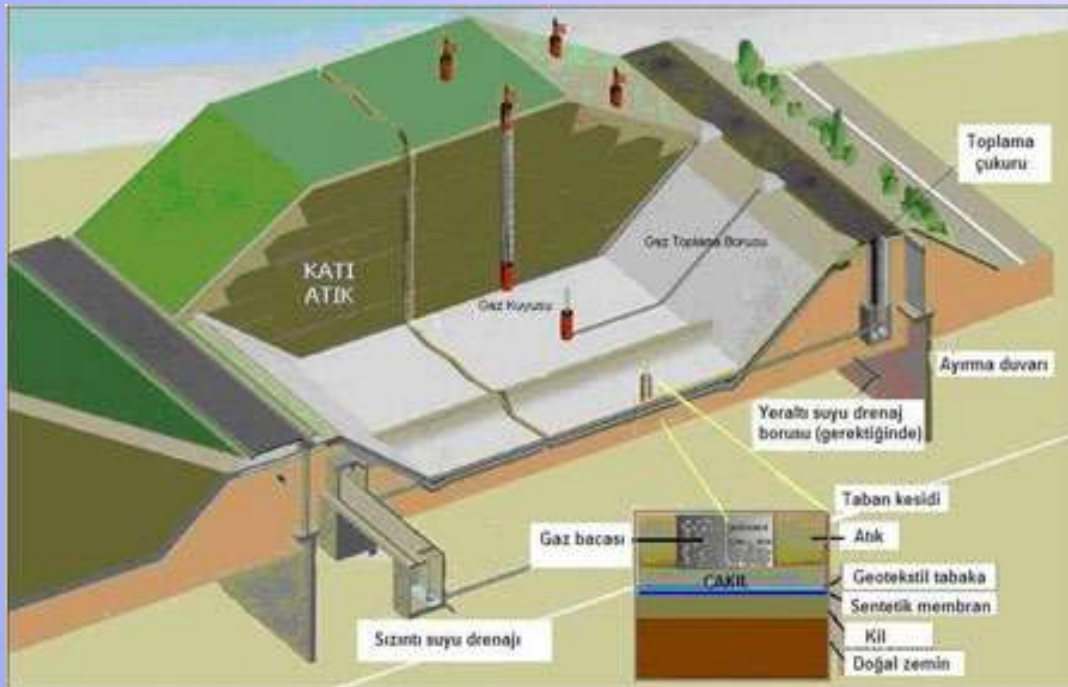
Katı atıkların çevreye zarar vermeyecek ve insan sağlığını riske sokmayacak şekilde araziye kontrollü bir şekilde depolanması aktivitesidir. Düzenli depolama işlemi uygun arazi seçildikten sonra depo zemininin hazırlanması, oluşacak sızıntı sularının toplanması atıkların serilmesi sıkıştırılması, dolan sahanın örtülmesi, oluşan gazın uzaklaştırılması gibi işlemleri kapsar. Yöntemin avantaj ve dezavantajlarını şu şekilde ifade edebiliriz.

Düzenli depolama yönteminin avantajları;

- Uygun arazi bulunduğu ekonomik bir yöntemdir.
- Ön yatırımı en az olan yöntemdir.
- Nihai imha metodudur.
- Esnek bir metottur. Katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla arttırılır.
- Kullanılıp kapatılan arazilerde regresyon amacı ile istifade edilebilir.

## Düzenli depolama yönteminin dezavantajları;

- Kalabalık yörelerde ekonomik taşıma mesafesi içerisinde uygun yer bulmak güçtür.
- Yerleşim yerlerine yakın deponi alanlar için halkın tepkisi ile karşılaşılabilir.
- Tamamlanmamış deponi alanlarda göçük ve yerel çökmeler olacağından devamlı bakımı gerekmektedir.
- Sıvı ve gaz sızıntıları kontrol edilmezse sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir.



## Düzenli Depolama Sahası Yer Seçimi

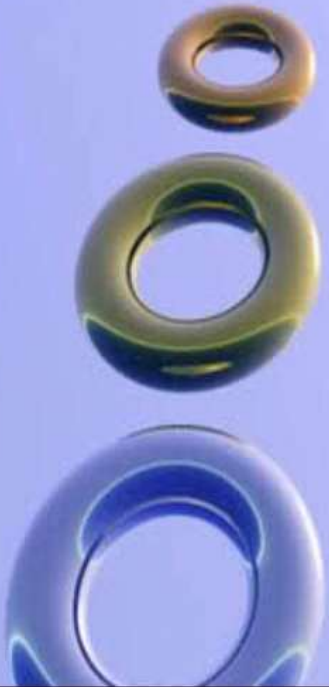
Uygun yer seçimi, inşa edilecek düzenli depolama tesisinin çevreye zarar vermeden işletilmesinin en önemli şartıdır.

### Düzenli Depolama için Uygun Araziler:

- Kurak, tuzlu, susuz, çorak ve verimi düşük araziler,
- Çok az ürün veren topraklar,
- İçinde su olmayan maden, taş, kum, çakıl ve kil ocakları,
- Yamaçlar (eğim 1/3 ten fazla olmalıdır),
- Büyük ulaşım yollarının birleşimi arasında kalan boş alanlar,
- Yeraltı suyunu kirletme açısından tehdit etmeyen yerler,
- Taşkın sahaları dışındaki yerler,
- Konutlara 1 km, hava alanlarına 3 km mesafede ve daha uzakta bulunan yerler.

Düzenli depolama tesisinde depolanması sakıncalı olan atıklar ise şunlardır:

- Radyoaktif atıklar
- Tıbbi atıklar
- Ayrışma sonucu klor ve benzeri gazlar çıkaranlar
- Patlayıcı maddeler
- Derişik baz ve asitler
- Sodyum klorür gibi kolay çözünür tuzlar
- Yağlar ve yağlı katı atıklar
- Çözücüler
- Hayvan leşleri



## Düzenli Depo Sahası Tabanının Oluşturulması

Katı atık depo alanlarının çevre bakımından en büyük olumsuzluklarından biri sızıntı suyu teşekkülü ve bunun yeraltına sızarak su rezervlerini kirletmesidir. Sızıntı suyunun doygun tabakaya ve yeraltı su seviyesinin ulaşmadan engellenmesi gerekmektedir. Bunu önlemek için depo sahasının tabanı geçirimsiz yapılmaktadır.

Katı atık depolama sahası dolgu alanının tabanı inÇa edilirken geçirimsiz zemin oluşumu aşamaları şu şekilde sıralanabilir.

Öncelikle deponi sahası olarak seçilen bölgedeki üst kısımdaki bitkisel toprak sıyrılarak alınır. Bu tabakanın üzerine tabi geçirimsizlik tabakası olan kil serilerek depo sahasının tabanında her yer sıkıştırılacaktır. Kil tabakası, kalınlığı toplam en az 60 cm olacak şekilde 30cm'lik 2 tabaka halinde serilerek sıkıştırılacaktır.

İçme ve kullanma havzalarının uzun mesafeli koruma alanında inşa edilecek düzenli depo sahası tabanında, 60 cm kil tabakasının üzerine, kalınlığı 2 – 8 mm arasında değişen yüksek yoğunluklu polietilen folye (HDPE) serilir.

### Drenaj Tabakasının Oluşturulması

Drenaj tabakası, sentetik tabakanın üstüne yerleştirilir. Drenaj tabakalarının amacı, sızıntı sularının birikinti oluşturmadan uzaklaştırılması ve buradan da arıtma tesisine gönderilmesi sağlamaktır. Sızıntı suları, depolama sahasının işletilmesi bittikten sonra da oluşmaya devam edeceği için, drenaj zeminleri çok uzun ömürlü olmalıdır. Başlıca şekilleri, alan drenaj sistemi, boru drenaj sistemi, birleşik drenaj sistemi.

## Depo Gazı Oluşumu ve Gaz Toplama Sistemleri

Çöp bileşimi içinde bulunan organik maddeler, çöpün depolanmasından sonra, depo kütlesi içersinde yeterli oksijen bulunmaması nedeniyle, aneorobik şartlarda parçalanmaktadır. Oluşan aneorobik ortamda organiklerin bozunması ile metan ağırlıklı bozunma gazları oluşmaktadır.

Metan havadan hafif olduğu için depo yüzeyine doğru hareket etmek istemekte, depo yüzeyine çıkma imkânı bulamadığı zaman bulunduğu alanda yatay olarak hareket ederek civar alanların toprak gazı içinde zenginleştirmektedir. Depo gazındaki metan, havanın oksijeni % 5 – %15 arasında karıştığında patlama olmaktadır. % 15 in üzerindeki oranda ise yangın tehlikesi söz konusudur.

Oluşan bozunma gazları sonucunda zehirlenme tehlikesi ve depo üzerinde ve çevresindeki bitkilerin kurummasına yol açar. Yapılan incelemelere göre metan gazı yaklaşık 1 m çöp depo derinliği için yatay olarak 10m mesafeye gidebilmektedir. Buda bitkilerin köklerinin oksijen almalarına engel olarak onları kurutur.

## Kontrolsüz depolama gazı emisyonlarının olumsuz etkileri:

- Sera etkisi,
- Patlama ve yangın tehlikesi,
- İnsan sağlığı için tehlike,
- Depolama sahasının üzerinde ve yakınındaki tarım ürünleri ve diğer bitkilere olumsuz etkileri,
- Koku oluşması.

## Çöp deponi gazının bileşenleri,

<b>Gaz</b>	<b>%hacim(kuru)</b>	<b>Gaz</b>	<b>%hacim(kuru)</b>
Metan	45-60	sülfürler	0-1
Karbondiyoksit	40-60	amonyak	0,1 – 1
Azot	2 – 5	hidrojen	0 – 0,2
Oksijen	0,1 – 1	karbondiyoksit	0 – 0,2

Deponi sahasının doldurulmasında yaygın olarak kullanılan metotlar, hendek, alan ve hücre metotları.

Atık yüksekliği işletme planında belirtilen maksimum yüksekliğe ulaştığında atığın üzerine toprak örtü serilmelidir. Bu tabakanın st eğimleri %5 ve %15 arasında olacak şekilde yapılmalıdır.

### rtnn Sağladığı Faydalar

- Rzgrda uuşabilecek atıkların vreye yayılmasının nlenmesi,
- Kokunun kontrol altına alınarak azaltılması,
- Taşıyıcı hayvanların mikrop taşımalarının engellenmesi,
- Kontrol dışı yapılabilecek ayıklanmanın engellenmesi,
- Sivrisineklerin üremesinin azaltılması,
- Kontrolsüz depo gazı sızıntılarının engellenmesi,
- Atık tabakalarının hava ile teması kesilmesi sebebi ile anaerobik faaliyetlerin hızlanmasını ve atıkların kısa sürede stabil olmasına katkı sağlaması.

## Düzenli Deponun Dolmasından Sonra Yapılacak İşlemler

Depo sahası doldurulduktan ve nihai son örtünün örtülmesinden sonra. Tamamlanmış depo kullanım maksadına göre hazırlanmalıdır. Son kullanım maksadı şunlar olabilir;

Yeşil alan; en yaygın kullanım şeklidir. Ekilecek bitki türü,

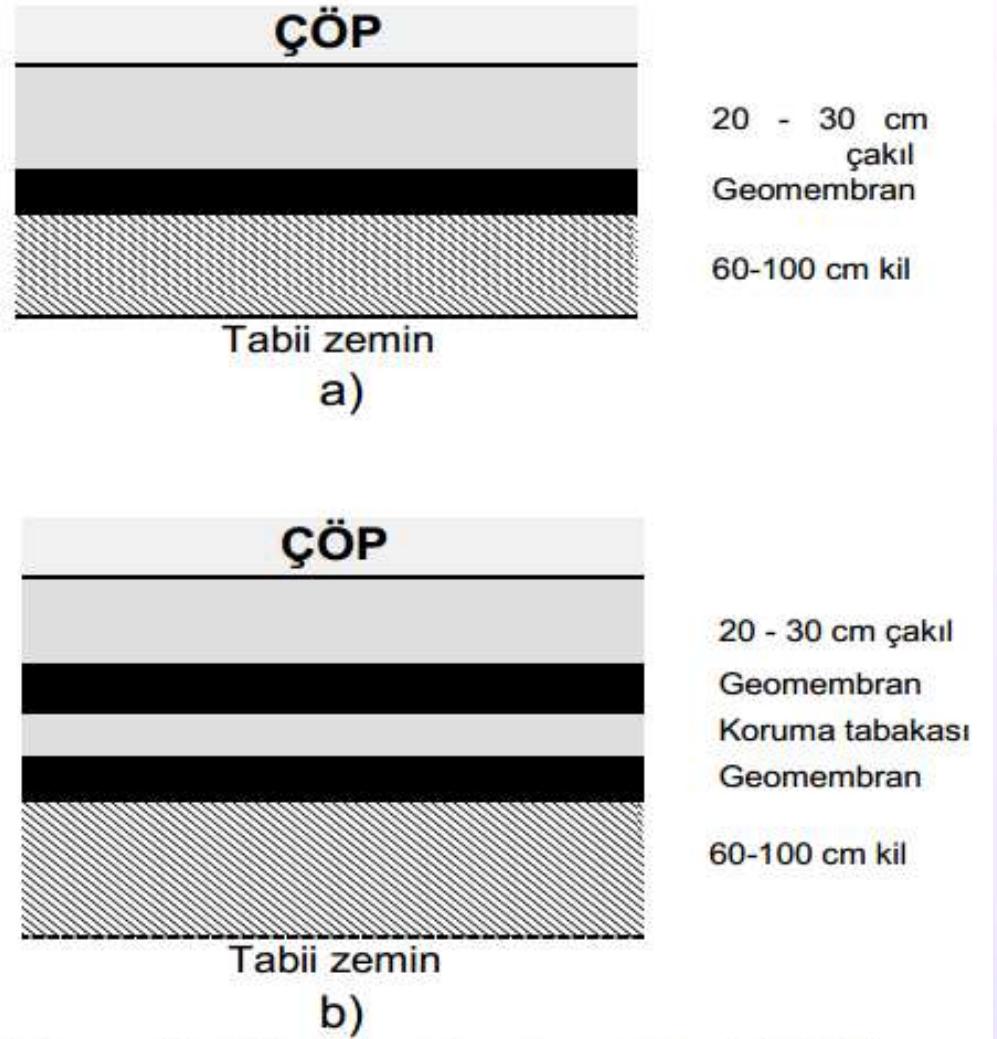
- İklima
- Örtü toprağının cinsine

Örtü toprağının kalınlığına göre tespit edilmelidir.

Tarım; hayvan yemi olarak kuru ot, arpa buğday ve mısır ekilebilir.

Mesire yeri, park, depo üzeri çocuk bahçesi, oyun alanı ve spor sahası olarak değerlendirilebilir.

Mera; genelde küçükbaş hayvan tercih edilir. Büyükbaş eski depolama alanları için tercih edilmektedir.



Taban geçirimsizlik tabakası oluşturulmasının örnek kesitleri

# Kompostlaştırma

Kompost, organik kökenli katı atıkların oksijenli ve oksijensiz ortamlarda ayrıştırılması suretiyle oluşturulan toprak iyileştirici madde demektir.

Kompost, gübre değildir. Gübre, toprağa bitkilerin gelişmesi için gerekli besin maddesi kazandırırken kompost, toprağın yapısal düzenini sağlar. Ancak kompost içerisinde belli oranlarda N, P, K ilavesi ile gübre eldesi mümkün olabilmektedir. Elde edilen bu gübrenin tarım alanlarına yararı, yapay gübrelere oranla fazladır.

Kompostlaştırma biyolojik bozundurma ile eş anlamlı kullanılabilir. Kompostlaştırma, organik (yada C içeren) maddelerin mikroorganizmalar tarafından (çoğunlukla bakteriler ve mantarlar) koyu kahve ya da siyah renkli ve toprağımsı bir kokusu olan sabit bir humus maddesinin kontrollü bir şekilde ayrıştırılması olarak tanımlanmaktadır.

Kontrollü bir şekilde ayrıştırılmasının amacı bozunmayı hızlandırmak, verimi en iyi hale getirmek ve ortaya çıkabilecek potansiyel çevre sorunlarını en aza indirmektir.

## Kompost olabilen atıklar

- Sebze ve meyve atıkları
- Çim kırıntıları
- Yapraklar ve bahçe kırıntıları
- Testere talaşı
- Geri dönüştürülemeyen kağıt atıklar
- Yün ve pamuktan, eski yada yırtık bez ve kumaş parçaları
- Çay torbaları, yumurta kabukları kahve telvesi



## Kompost olmayan atıklar

- Her türlü et ve artıkları
- Süt ve süten yapılmış yiyecekler
- Katı haldeki yağlar
- Sıvı haldeki yağlar
- Hastalıklı bitkiler
- Kemikler
- Taş gibi inorganik maddeler



# Kompostlaştırmaya Tesir Eden Faktörler

## Tane Çapı

Katı atığın içinde bulunan tanelerin çapı 8 mm den az olduğu zaman teknolojik imkanlara göre iyi kompost elde edilemediği görülmüştür.

## Karbon/Azot Oranı

$C/N > 45$  ise kompost reaksiyonunun optimum şartlarda cereyan edebilmesi için reaktörde kompostta azot ilave ederek besleme yapılmalıdır. Yapılan araştırma ve analizler çöpte optimum C/N oranının 20 – 25, bu değerın rastlanan maximum miktarının ise 50 olabileceğini ortaya koyuyor.

## Su Muhtevası

Mikroorganizmalar çoğalmaları için gerekli besini suda çözünmüş halde içlerine almaktadırlar. Suyun fazlası havalandırmayı engellemekte ve özellikle ortamı anaerobik bir hale dönüştürerek kokulara ve patojen mikroorganizmaların canlı kalmasına neden olmaktadır. Optimum su ihtiyacı ağırlıkça %45 - %55'dir.

## Sıcaklık ve pH

Kompostlaştırma mezofilik ve termofilik ortamda gerçekleşmektedir. Sıcaklığın 55-60 C civarına ulaşması, hatta bazı halde 70-75 C'ye çıkması yüzünden kompost içinde bulunan patojen mikroorganizmalar, solucan yumurtaları ve bitki tohumları tahrip edilirler.

Kompost bakterileri pH 6 – 7,5 arasında faaliyet gösterirler. Mantarlar ise pH 1 5,5– 8 arası faaliyet gösterirler. pH'ı 6'nın altına düşerse mikroorganizmalar özellikle bakteriler tükenir ve bozunma yavaşlar.

Eğer pH 9'a ulaşırsa N, NH<sub>3</sub>'e dönüşür ve organizmalar için kullanılabilir olmaktan çıkar. Bu da bozundurma işlemini yavaşlatır.

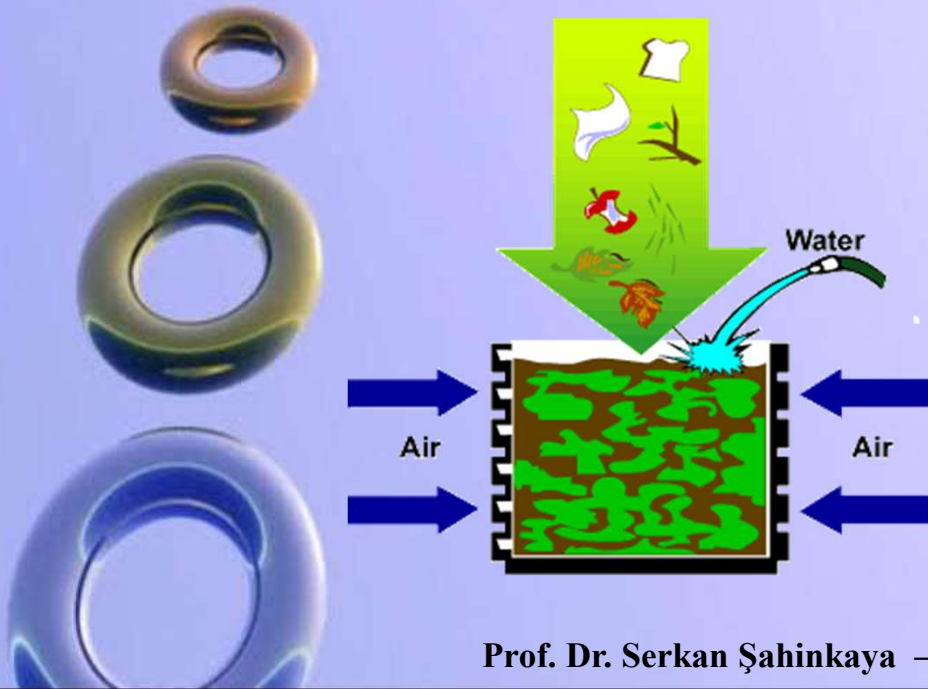
## Hava (Oksijen)

Oksijenin varlığı en önemli çevresel etkidir. Kompostların hızlanması için katı atığa yeterli oksijen verilmesi gerekir. Aksi halde ortam, anaerobik olur, sıcaklık düşer, patojenler ölmez, çürüme sonucu nahoş kokular çıkar ve kompostlanma süresi de artar.

# Zehirli ve zararlı kimyasal maddeler

Zehirli ve zararlı kimyasal maddeler kompostlaştırma reaksiyonunu engelleyici etkilerde bulunmaktadır. Endüstriden gelmiş katı atıklar içerisinde ki tehlikeli atık kapsamındaki zehirli ve zararlı maddeler bulunabilir. Bu maddeler Pb, Cd, Cu, Ni, Hg ve Zn gibi ağır metaller kompostlaşmayı engelledikleri gibi daha düşük ve belirli konsantrasyonlarda dahi kompost içinde bulunmamaları istenmektedir.

Ağır metal içerikli kompostun tarım yapılacak topraklara verilmesi halinde ağır metallerin bitkiler tarafından alınması ve insanlara ulaşan besin zincirine katılmaları tehlikesi bulunmaktadır.



# Kompostlaştırma Prosesinin Aşamaları

- Ayırma
- Parçalama
- Fermantasyon
- Olgunlaştırma için depolama

**Ayırma:** Cam, metal, seramik, plastik, taş, kül ve cüruf gibi katı atık bileşenleri kompost olamadıklarından projenin başlangıcında hemen çöplerden ayrılmalıdır. Ayrıca sanayi atıklarından ayrılmadan toplanan organik maddeler kullanılarak üretilen kompost yüksek seviyede ağır metal içerebilir.

**Parçalama (öğütme):** Öğütme ve parçalama ayrışmayı hızlandırır ve atığın her tarafının bakteri ve mantar istilasına uğramasına yol açar. Öğütme sonucu elde edilen tanelerin çok küçük olması hava girişini azalttığından arzu edilmez. Bu nedenle parçalama sonucu elde edilen tane boyutu 2 – 5 cm arasında kalmalıdır. Diğer yoldan çok ince malzemede 8 mm'lik elekten geçirilerek ayrılır.

**Fermantasyon:** Öğütmeden hemen sonra yığın haline getirilen çöpler veya bir çürütücü reaktöre konan katı atıklarda bakteri faaliyetleri artan bir hızla gelişir. Kompostlaşma için gerekli süre uygulanan işlemlere ve çevresel etkenlere bağlıdır. İmalatçılar 3 – 6 günlük bir sürenin söz konusu olduğunu ancak bunun ardından 2 haftalık bir olgunlaşma süresinin de gerekli olduğunu belirtmektedirler.

Bazı deneylerde bahçe atıklarınının 10 – 11 günde, C/N oranınının 78/1'e eğit olduğunu, çöplerde ise yaklaşık 21 günde kompostun oluştuğu gözlenmiştir. Kompost haline gelen katı atıklarda hacim azalması bahçe atıklarında %60 – 65 iken çok fazla gazete kağıdı içerenlerde %30 – 35'e düşmektedir.

**Olgunlaşma için Depolama:** Taze kompost depolamak için yeterli olacak kararlı halde ise arazi ıslahında, düşük kaliteli toprakların tarıma elverişli hale dönüştürülmesine kullanılır. Kompost elenebilir, elenen kompost bahçe ve çiçek üretiminde kullanılmaktadır. Olgunlaşmış kompost uzun süre depolanabilir. Olgun bir kompostın dokusu tarıma uygun bir toprağın dokusu gibidir.

## Kompostun Kullanıldığı Yerler

- Arazi ıslahında,
- Düşük kaliteli toprakların tarıma elverişli hale getirilmesinde,
- Çiçek ekiminde, bahçe yapımında komposttan faydalanılmaktadır.



# YAKMA

Yakma organik maddelerin oksijenle bir kimyasal reaksiyonu olup bunun sonucunda oksitlenmiş bileşikler ile alev ve ısı ortaya çıkmaktadır. Yanma, bileşiklerin yanması veya oksitlenmesi anlamına gelmektedir.

Katı atıkların yakılması, nihai depolama sonrasında bertarafı gereken atık miktarının azaltılması, atıkların hijyenik olarak bertarafının sağlanması amacıyla yapılmaktadır.

Katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre ise yakma tesislerinin amacı; katı atıkları zararsız hale getirmek hacmini azaltmak ve kısmen enerji elde etmek maksadını içermektedir.

Literatür bilgilerine göre bir atığın kendi kendine ilavesiz olarak yanabilmesi için kalorifik değerinin 1500 – 2000 kcal/kg olması gerekir.

## Yakma Tesislerinde Yakılması Yasak Olan Atıklar

Yakma geniş bir alandaki atıklara uygulanabilir. Katı çamur, sıvı veya gaz atık olabilir. Ancak Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre; evsel atık, evsel arıtma çamuru ve evsel katı atık benzeri endüstriyel katı atıkları yakmak maksadı ile inşa edilen yakma tesislerinde, ağırlık olarak katı atık toplam miktarının %1'ini geçen organik bağlı klor veya 1kg atıkta 50 mg'den fazla halojenli organik madde ihtiva eden tehlikeli atıkların yakılması yasaktır.

# Yakma Tesisinin Temel Birimleri

Bir yakma tesisinin temel birimleri aşağıdaki gibi olmalıdır.

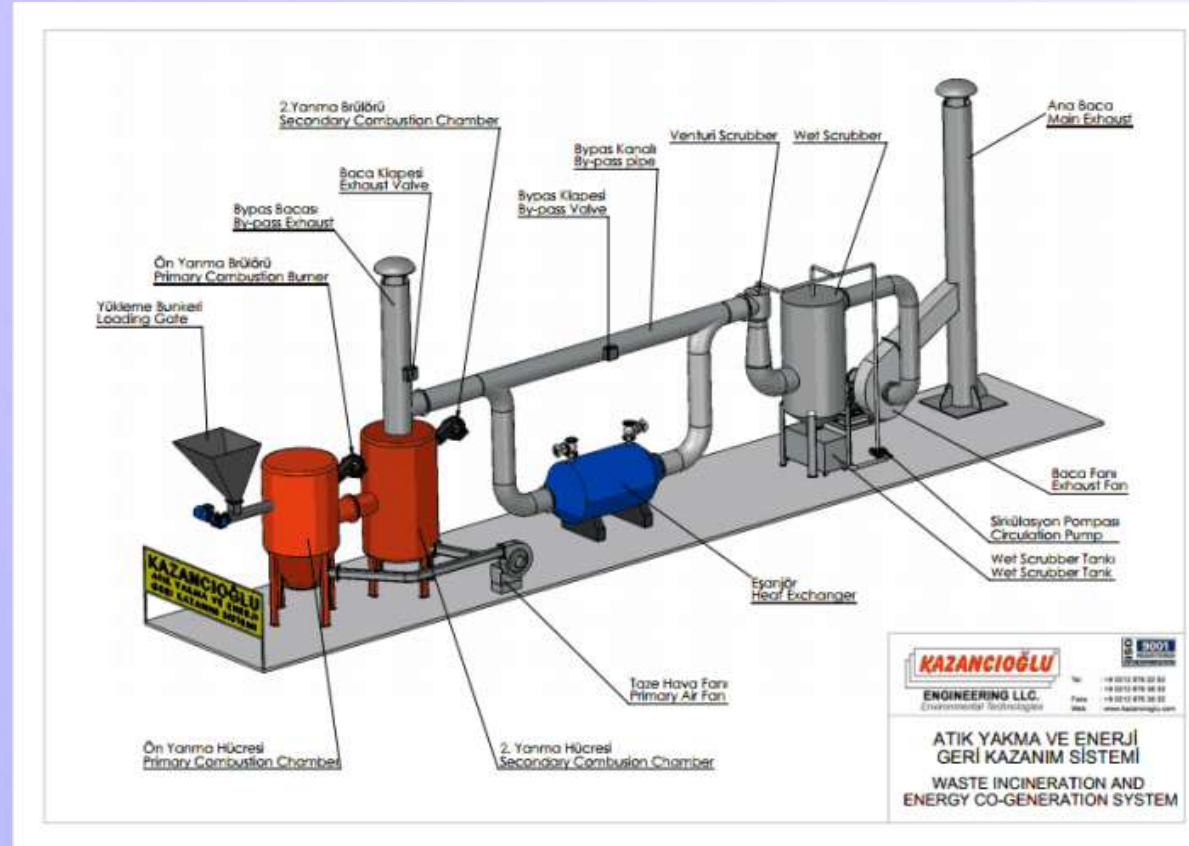
- Atık kabulü
- Ayırma, parçalama
- Temiz hava ilavesi ile kurutma ve fırında yakma, enerji üretimi
- Cürufların uzaklaştırılması, gerektiğinde cüruf yıkama
- Cüruf Şartlandırma: Metal giderme, elek ile sınıflama, kaba fraksiyonun parçalanması
  - Yakma fırınının üst kısmında kullanılmış (ikincil) hava ilavesi ile baca gazlarının ve tozlarının yakılması
  - Gaz soğutma
  - Baca gazının arıtılması
  - İleri gaz temizleme
  - Temizlenmiş baca gazlarının alıcı ortama (havaya) deşarj edilmesi
  - Atık su arıtma
  - Enerji değerlendirme (elektrik üretimi, buhar kullanımı)



# Yakma Prosesi Aşamaları

Bir yakma ünitesi aşağıdaki beş aşamadan oluşur.

- Kurutma
- Aktarma – dönüştürme
- Ateşleme
- Yakma
- Yakmayı tamamlama



## Yakmanın Avantajları

- Organik maddeleri kısa sürede gaz ve kül haline çevirir.
- Atık hacminde ortaya çıkan azalma %70 – 80 ağırlıkça, %60 -70 oranında olup bu nedenle gerekli düzenli depo hacmi azalmaktadır.
- Yanma artığı kül ve cüruf biyolojik olarak ayrışamaz.
- Yanma tam olmuş ise çöp dezenfekte olmuş, mesela tıbbi atıklar zararsız hale getirilmiş olur.
- Düzenli depolamada sağlık koruma problemleri ortaya çıkmaz.
- Çöp üretildiği yerde yakılırsa, tanıma mesafesi ve dolayısıyla tanıma masrafları azaltılmıştır.
- Yakma sonucu elde edilen ısı enerjisinden faydalanılabilir.
- Katı atıkların yakılması sonucu elde edilen ısı enerjisinden, sıcak su üretimi, sıcak hava üretimi ve Buhar üretimi yoluyla faydalanılabilir.



## Yakmanın Dezavantajları

- Depolanan kül ve cüruftaki kolay çözünen inorganik bileşenler yeraltı suyunu kirletirler.
- Cürufun su ile soğutulması ve baca gazlarının su ile yıkanması halinde yaklaşık olarak 1 ton çöp için 1 m<sup>3</sup> atık su ortaya çıkmaktadır
- Yakma bacasından 1 ton çöp için bunun yaklaşık %65'i 650 gr kirli madde gaz halinde ve noktasal olarak atmosfere verilmekte, geniş bir bölgenin katı atıkları tek bir noktada bertaraf edilmektedir.
- İyi yakılmayan katı atıklar nedeniyle kötü kokulu baca gazları ve kül ile cüruf yanında kötü kokulu, tam yanmamış organik maddeler ortaya çıkabilir.
- Yakma tesisi civarında oturanlar bir araç gürültüsü, toz ve egzoz gazlarından rahatsız olabilirler.
- Yakma tesiri, ilk tesis ve işleme masrafları açısından pahalıdır. Bir ton çöp başına bertaraf etme maliyeti, hava kirliliği kontrol donanımı dâhil, düzenli depolamanın yaklaşık 10 katıdır.

*Ülkemiz için yakma işlemi*, atık kompozisyonunun içindeki organik madde yüzdesinin yüksekliği, kışın artan kül oranı, buna bağlı olarak çöp (kalorifik değerinin düşük olması 1000 kcal/kg) ve ayrıca yüksek yatırım, işletme maliyetleri nedeni ile uygun bir bertaraf yöntemi değildir. Ülkemize 3 adet yakma tesisi mevcuttur. Toplam kapasite 44000 ton/yıl dır. 11000 ton/yıl tıbbi atık yakılmıştır.

# PIROLİZ

Fazla karbon içeren maddelerin yüksek sıcaklıklarda oksijensiz ortamda termik parçalanma reaksiyonu olarak tanımlanabilir. Bu olay sonucunda katı, sıvı, gaz ürünler elde edilir.

- **Katı ürünler;** indirgenmiş katı kalıntılar, karbonca zengin cürufu fazla katılar
- **Sıvı ürünler;** su, yağ, katran, alkol
- **Gaz ürünler;** CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, eter, propan

Piroliz anlaşılır bir dille; çöp yığınları içindeki cam ve metallerin ayrılmasından sonra geriye kalan ve işe yaramaz gibi görünen organik maddelerin; hava kullanılmadan ısıtılarak gaz, sıvı yakıt ve kömüre dönüştürülmesidir.

Pirolizde, katı atıklarda hem kimyasal hem de fiziksel değişimler meydana gelir. Örneğin plastikte oluşan en önemli değişim; yumuşama ve sonra tekrar katılaşmadır.

Çoğu zaman piroliz prosesi endotermiktir. Yüksek sıcaklıklarda ise ekzotermiktir.

Evsel çöplerin, arıtma çamurlarının, lastiklerin pirolizinde H<sub>2</sub>, CO, C<sub>n</sub>H<sub>n</sub> ve az miktarda da SO<sub>2</sub>, HF, NH<sub>3</sub> oluşmaktadır.

Yanma olayındaki kıyasla termik parçalanma ve yeni kimyasal bileşenlerin oluşması sırasında sadece  $H_2O$ ,  $CO_2$  ve  $CO$  meydana gelmekte ayrıca  $C$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  ve yüksek moleküllü bileşikler oluşmaktadır.

Birçok gelişmiş ülkede çöp yığınlarını ortadan kaldırmak için yakma ve gömme işlemleri yerine çöpün değerlendirildiği, atıkların içindeki işe yarar kısımların geri kazanıldığı piroliz işlemine başvurulmaktadır.

Organik maddeler oksijensiz ortamda ısıtılırsa ortaya çıkan termal parçalanma sürecine piroliz adı verilir. Oksijensiz ortamda  $500-600\text{ }^{\circ}C$ ' a kadar yapılan ısıtmada; gaz bileşenleri, uçucu yoğuşabilir maddeler, mangal kömürü ve kül açığa çıkar. Yüksek sıcaklığa çıktığında ise gaz bileşenleri ve odun gazı açığa çıkar.

### **Pirolizin Avantajları**

- Hava kirliliğini önler.
- İşlem gören katı atıklardan faydalı ürün elde edilmesi
- Katı atığın hacminin azalıp steril ürünler oluşması depo sahalarının ömrünü uzatır.
- Enerji ihtiyacı açısından sistem kendi kendini destekler.

# Yakma ve Piroliz Arasındaki Farklar

## Yakma

- Havanın oksijen ile oksitlenme reaksiyonlarıdır.
- Yanma sıcaklığı 800 – 1000 °C'dir.
- Ürünler
  - o Katı; oksitlenmiş cüruf,
  - o Sıvı; su,
  - o Gaz; CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> vs.
- Ekzotermik reaksiyonlar gerçekleşir.
- Çöpün değişen bileşimine bağlı ve ısıl değerine karşı duyarlıdır.

## Piroliz

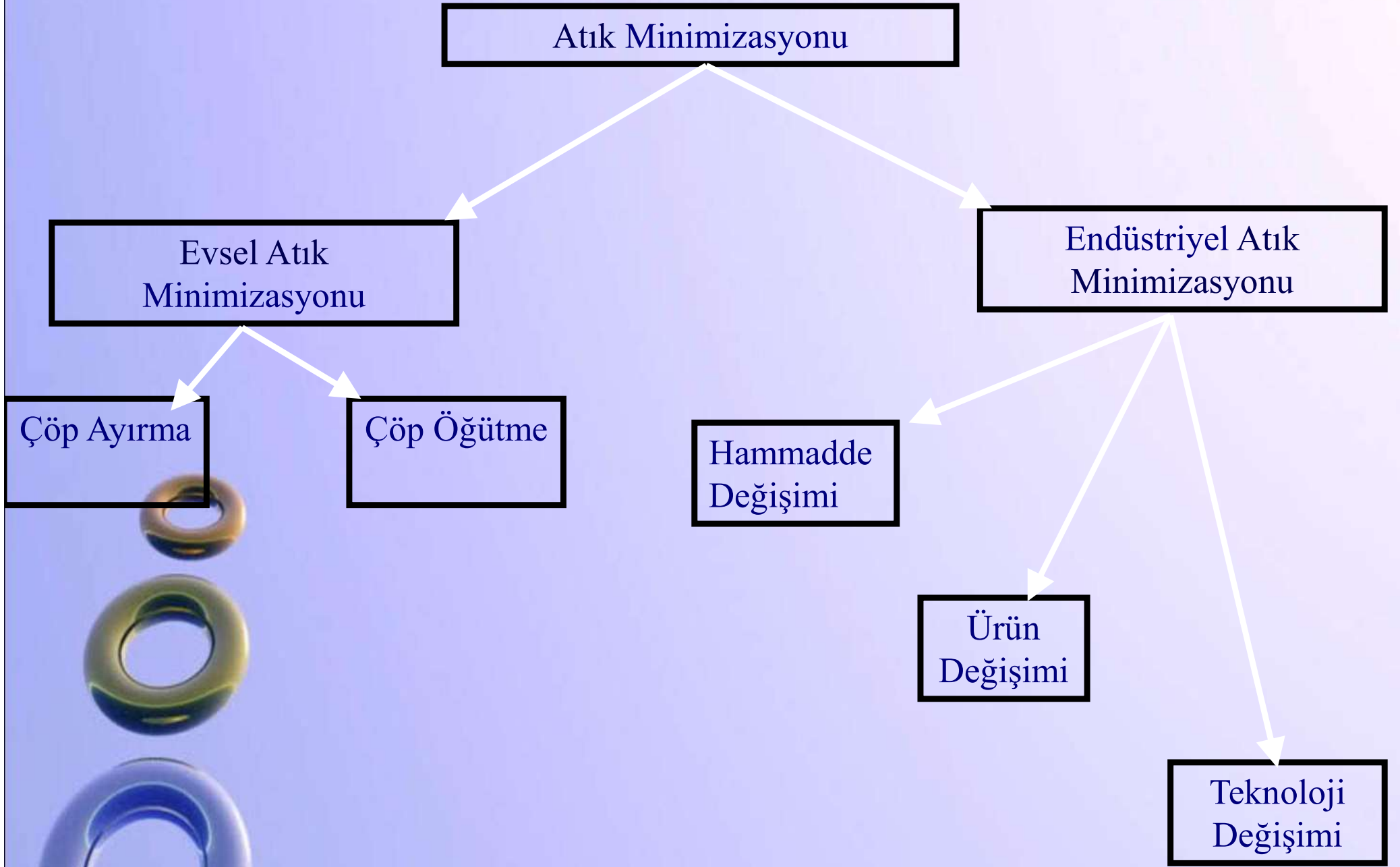
- Oksijensiz ortamda termik parçalanma reaksiyonlarıdır.
- Piroliz sıcaklığı 500 – 1000 °C'dir.
- Ürünler
  - o Katı; indirgenmiş katı kalıntıları, kömür,
  - o Sıvı; su, sıvı hidrokarbonlar,
  - o Gaz; H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>4</sub>, etan, propan
- Önce endotermik sonra ekzotermik reaksiyonlarla olur.
- Çöpün değişen bileşimine bağlı ve ısıl değerine karşı çok az duyarlıdır.

# Katı Atık Minimizasyonu

Atığın oluştuğu ilk aşamada katı atık oluşturmayacak veya azaltacak her turlu metot, proses veya işlemler “*katı atık minimizasyonu*” olarak tanımlanır.

Katı atık minimizasyonu evsel çöplerin ve endüstriyel çöplerin en aza indirilmesi olarak iki gruba ayrılabilir. Evsel öplerin azaltılması, çöplerin ayrı toplanması ve çöp öğütücülerin kullanılması şeklinde uygulanabilir. Endüstriyel öplerin azaltılması işlemi ise evsel çöplerin minimizasyonuna göre daha ayrıntılı ve şirketin tasarruf politikasını olumlu yönde etkileyeceği için önemlidir.





# Tehlikeli Atıklar

Atıldığı anda veya gelecekte insanlara, bitkilere veya hayvanlara zarar verebilecek her türlü atık veya atıklar bileşeni “**tehlikeli atık**” sınıfına girmektedir. Tabiata verebileceği zararlardan dolayı tehlikeli atıklar gerekli önlemler alınmadan diğer atıklarla birlikte depolanamazlar. Atıkların tehlikeli olup olmadığı çeşitli kuruluşların yayınladıkları listelere göre bulunabilir. Bu listelerdeki sınıflandırmalar maddenin tutuşabilirlik, korozyonluk, reaktivite ve zehirlilik özelliklerine bakılarak hazırlanmıştır.



Tehlikeli atıklar çevreye verdikleri zararlar açısından da değerlendirilebilir. Kısa ve uzun sürede oluşan zararlar olarak ikiye ayırabiliriz. Aşağıda bu zararların yapabileceği etkiler verilmiştir.

- Kısa sürede oluşan (akut) zararlar,
  - Ağız, solunum veya deri yoluyla alınma sonucu akut zehirlilik,
  - Kuvvetli paslandırıcılık,
  - Deri ve gözle temasta zarar verme özelliği,
  - Yangın tehlikesi oluşturma,
  - Patlama tehlikesinin bulunması,
- Uzun sürede oluşan (kronik) zararlar:
  - Uzun süreli maruz kalma sonucunda oluşan zehirlilik,
  - Kanser yapma özelliği,
  - Detoksifikasyon proseslerine karşı dirençli olma,
  - Yüzeysel veya yer altı sularını kirletme potansiyeli,
  - Koku gibi estetik olarak istenmeyen özellikler.



# TOPRAK KİRLİLİĞİ

Genel olarak çevrenin birbirine ayrılmaz bir şekilde bağlı, biri diğerine sürekli tesir eden, birindeki bir bozulmanın ötekine mutlaka yansıdığı toprak, hava ve su olarak tarif edilebilir. Toprak kirlenmesinin incelenmesinde müşterek tesirlerin beraber incelenmesi gereklidir. İnsanlar başından beri toprağa bağlı olmuşlardır ve böyle devam edecektir. Bundan dolayı arazilerin optimum şekilde kullanılması şarttır. Arazinin optimum kullanımı için topraklar sınıflandırılmalı ve her sınıf arazi en faydalı biçimde kullanılmalıdır. Yanlış arazi kullanımı da toprak kirlenmesi olarak değerlendirilmelidir.



# Toprağın Tarifi ve Yapısı

Toprak yerküremizi kaplayan çeşitli mineral ve organik maddelerin muhtelif oranlarda karışımından oluşan, köklü bitkiler için bir mekan ve besin kaynağı olan, bünyesindeki mikro organizmalarla birlikte canlı bir ortam olarak ele alınabilen bir varlıktır.

Toprağın bir kesiti alınıp incelendiğinde,

1. Katı maddeler (toprak taneleri)
2. Toprak taneleri arasındaki boşluk
3. Bu boşluktaki su
4. Aynı boşluktaki havadan meydana geldiği anlaşılır.



Bu bileşenlerin yüzde olarak dağılımını toprak cinsine göre değişir. Bununla beraber genel olarak hacimce %50 sini katı maddeler, %50 sini ise boşluk olduğu kabul edilir. Boşlukları dolduran hava ve suyun birbirine oranları çok değişiktir. Toprağın katı kısmı ise inorganik ve organik olmak üzere iki kısımda incelenir. İnorganik maddeler organik maddelere nazaran çok daha fazladır. Toprak kirlenmesi bakımından toprak tanelerinin büyüklüğü ve kimyasal yapısı ile toprağın su tutma kabiliyeti toprağın önemli özelliklerinden ikisini teşkil eder.



# Toprak Kalitesi Kavramı

Toprağın bir doğal kaynak olarak öneminin anlaşılabilmesi için önce toprağın temel işlevlerinin neler olduğunun bilinmesi gerekir:

1. Tarımsal (gıda üretimi)
2. Altyapısal (inşaat/altyapı zemini)
3. Ekolojik (bioçeşitlilik, besin döngüsü)
4. Hidrolojik (su kaynaklarının beslenmesi, alıcı ortam)

Toprak kalitesi kavramı toprağın bu işlevleri ile doğrudan ilgilidir.



## Toprağın işlevlerini yerine getirmede maruz kaldığı önemli tehditler şunlardır:

- Erozyon
- Organik madde azalması
- Biyoçeşitlilik kaybı
- Tuzlanma
- Hidrolojik, hidrojeolojik riskler
- Arazi bozunumu ve tarım arazisi kaybı
- KİRLENME

Toprak Kalitesi = Kavramı Toprak işlevlerinin toprağı tehdit eden unsurlar tarafından değişime veya zaafa uğratılması sonucu çevre ve insan sağlığı üzerinde risklerin oluşması



# Toprak Kirliliği eşitleri:

Toprak kirliliği 2 çeşittir: pozitif ve negatif.

**Pozitif toprak kirliliği:** İstenmeyen maddeler tarafından toprak verimliliğinin azalması pozitif toprak kirliliğidir.

Çözünebilir tuzların topraktaki konsantrasyonunun artması tuzlaşma olarak adlandırılır ve bu pozitif kirliliktir.

Fosforlu gübrelerle gübrelenen toprakların Cd konsantrasyonunun artması pozitif kirliliktir.



**2. Negatif toprak kirliliği:** Toprakların verimliliği içermiş olduğu minerallere bağlıdır. Mineraller toprağın üst kısmında bağlıdırlar. Üst katmanı tahrip eden maddeler toprak verimliliğini azaltırlar.

Toprağın mineral kapsamını azaltmak yoluyla veya toprağın üst katmanını bozarak toprak verimliliğinin azalması negatif kirlilik olarak adlandırılmaktadır.

a) Mineral kapsamının azalması: Toprağın mineral kapsamını azaltan faktörler yoğun tarım, yanlış sulama, aşırı otlatmadır.

b) Toprak erozyonu: Toprak erozyonuna neden olan faktörler; ormansızlaşma, rüzgar ve su erozyonuna karşı zayıf koruma. Ağaçsız ve bitki örtüsüz tepelik alanlarda yağışlı mevsimlerde yağmur suyu yüzey toprağının taşınmasına yol açar.

c) Kumul taşınımı: Kuvvetli rüzgar kumulları çöllerden verimli topraklara taşır ve buraları çölleştirir



# Toprak kirliliğinin bazı etkileri:

- Kirleticilerin su kaynaklarına ulaşarak su canlılarını öldürür,
- Kirli topraklarda yetiştirilen ürün ve hayvan yemlerinde bulunan toksik maddelerin son kullanıcılarına taşınır,
- Kirli toprakların uzun süreli ürün ve hayvan yemi yetiştiriciliği yapılamaz,
- Toprak strüktürü bozular (kil iyonik yapısı bozular),
- Toprak dayanıklılığı bozular,
- Tesisat ve boru hatlarının aşınması, paslanması, korozyonu
- Buhar ve hidrokarbonun binalara girişine neden olabilir,
- Toksik toz oluşabilir,
- Çocukların oynadığı alanlarda çocukları zehirleyebilir.
- Toprak verimliliğini azaltır
- Azot fiksasyonunu azaltır
- Erozyonu artırır
- Yüksek toprak ve besin element kaybı



# Toprak İçin Kirletici Kaynaklar

Toprak kirlenmesi insan faaliyetleri neticesinde toprağın tabii yapısının bozulması, fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşiminin olumsuz yönde değişmesi ve toprağın özelliği itibariyle faydalı kullanılabilirliğinin azalması veya yerinde kullanılmaması şeklinde tarif edilir. Buna göre toprağın çeşitli özelliklerini menfi yönde etkileyen her türlü müdahale toprak için kirlenme olarak değerlendirilmelidir. Mesela verimli ziraat topraklarınının yapı alanları olarak kullanılması doğru değildir.

Toprağı kirleten faaliyetler aşığıda özetlenmiştir:



# Toprak İçin Kirletici Kaynaklar

1. Belediye öp döküm yerleri,
2. Çeşitli sanayi kuruluşlarının katı artıklarının toprağa atılması,
3. Arıtma tesislerinden çıkan çamurların dökülmesi,
4. Fosseptik muhtevalarının boşaltılması,
5. Sıvı artıkların toprağa verilerek uzaklaştırılması,
6. Tarım koruma ilaçlarının toprakta birikmesi,
7. Gübreli ziraat yapılması (Bilhassa suni gübreler),
8. Partikül ve aerosol halindeki hava kirleticilerin toprakta birikerek toprağı kirletmesi,
9. Sulama sonunda topraktaki tuz miktarının artması.



# Toprak Kirliliğinin Kaynakları:

## 1. Noktasal Kaynaklar

- Depolama, nakil, arıtım ve proses tesislerinden olan döküntü ve sızıntılar
  - Atık depolama ve bertaraf sahaları
  - Yasal olmayan uygunsuz atık bertaraf sahaları

## 2. Noktasal olmayan (Difüz) Kaynaklar

- Tarımsal faaliyetler
- Madencilik, petrol arama ve işletme faaliyetleri
- Atmosferik salınımların birikimi



# Çöp Döküm Yerleri

Katı atıkların içerisinde bulunan kirleticilerin toprakta taşınarak yeraltı veya yerüstü sularına karışması çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler:

1. Hidrolojik Faktörler
2. Toprakla ilgili faktörler olmak üzere iki kısımda ele alınır.



# Çöp Döküm Yerleri

Belirli bir döküm yerinin hidrojeolojik şartları belirlenirken aşağıdaki faktörlerin göz önüne alınması gerekir.

1. Yeraltı su yüzeyinin derinliği
2. Yeraltı su yüzeyinin mevsimlere göre değişimi
3. Yeraltı suyu hızı
4. Yeraltı suyu hareketinin yönü,
5. Yeraltı ve yerüstü su yataklarının bugün ve gelecekteki kullanım şekilleri,
6. Yeraltı ve yerüstü sularının mevcut kalitesi,
7. Yeraltı ve yerüstü sularının birbiriyle olan girişimleri,
8. Yüzey sularının ekolojisi,
9. Döküm yerlerindeki toprak ve taban kayasının özellikleri.



# Çöp Döküm Yerleri

Toprağın yeraltı suyu özelliklerine ve yer altı-yerüstü suyu girişimlerine olan tesirleri aşağıdaki özelliklerine bağlıdır:

1. Toprak yatağının özelliklerine
2. Kil yüzdesine
3. Killerin mineral yapısına
4. Toprağın tabii yoğunluğuna
5. Boşluk oranı
6. Toprak nemi

Çöp döküm yerlerinin toprak ve su kirlenmesine olan tesirlerinin incelenmesi için, çöp döküm yerinde toprak yapısı ve yüzeyaltınının etraflı bir şekilde incelenmesi gereklidir.



# Sanayi Atıklarının Toprağa Dökülmesi

Sanayi atıkları ile birlikte toprağa verilen kirleticilerin cinsleri ve miktarları sanayi tipine bağlı olarak çok değişkendir. Bu tip kirleticiler toprağa verilmeden önce aşağıdaki hususların göz önünde tutulması gereklidir:

- 1.Zehirli toksin bileşikler
- 2.Bu tip kirleticilerin uzaklaştırılması ile ilgili sınırlayıcı yönetmelikler
- 3.Böyle kirleticilerin toprağa verilmeden önce ayılması ve mümkün olan ön arıtmanın yapılması
- 4.Arazide mümkün olan uzaklaştırma tipleri
- 5.Böyle bir uzaklaştırma yerinde ortaya çıkacak kirleticilerin toplanması, arıtılması ve uzaklaştırılması



# Sanayi Atıklarının Toprağa Dökülmesi

Çeşitli kuruluşlardan toprağa verilen atıklardaki zehirli bileşikler genel olarak sıralanmıştır:

-Radyoaktif atıklar

-Patojenler

-Kanserojen maddeler

-Patlayıcı maddeler

-Ağır metaller

-Zehirli organik bileşikler

-Atıkların ayrışması sonucunda ortaya çıkan ve zehirli maddelerin stabilizesini bozan maddeler



# Aritma Tesisi Çamurları

Aritma tesislerinde oluşan çamurlar çeşitli kademelerde işlem gördükten sonra son uzaklaştırma yeri olan toprağa verilebilir, çöplerle birlikte muamele edilebilir veya toprak ıslahında kullanılabilir. Atıksuların ve atıksu tasfiye tesislerinin plan ve işleyişleri çok farklı olduğu için çamur özellikleri de çok değişkendir. Birinci kademedeki ham çamur, biyolojik olarak kararlı olmadığından görünüş ve koku problemlerine sebep olur.

Anaerobik olarak çürütülmüş çamur, ham çamura nazaran çok fiziksel ve kimyasal yapıya sahip olup, biyolojik olarak kararlıdır.



# Aritma Tesisi Çamurları

Toprağa verilebilecek çamur yükünün hesabında:

- Ziraata kullanılması halinde optimum bitki büyümesinin temin edilmesi
- Toprağın alıcı ortam olarak düşünülmesi halinde özümleme kapasitesi
- Toprağın mevcut azot konsantrasyonu
- Toprağın ve mahsulün özelliklerine bağlıdır.

Müsaade edilebilir yük ayrıca çamurun metal muhtevasına, toprak tipine, toprağın pH değerine ve bitki türüne bağlı olarak değişir.



# Fosseptik Muhtevalarının Boşaltılması

Merkezi kanal şebekesi olmayan yerleşim bölgelerinde kullanılmış suların uzaklaştırılması fosseptiklerle yapılır. Fosseptik uygulamaları değişik tiplerdedir. Sızdırmaz tipe inşa edilenler diğerlerine nazaran daha sık boşaltılması gerekir. Vidanjörlerle alınan fosseptikler muhtevası uygun yerlere dökülerek uzaklaştırılır.

Vidanjör döküm yerleri kuru dere yatakları ise, daha çok yüzey sularını kirletmiş olur. Dökülen fosseptik muhtevasının özellikleri de önemli bir unsurdur.



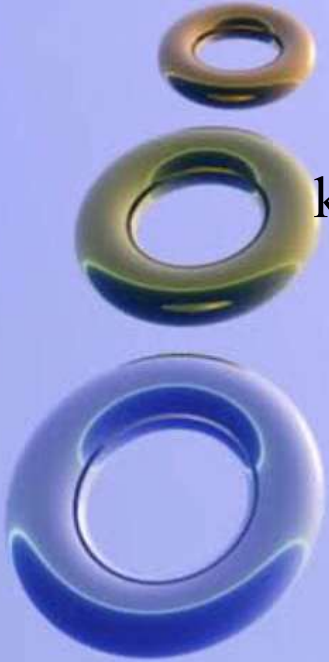
# Sıvı Atıkların Toprağa Verilmesi

Alıcı ortam olarak kullanılacak uygun bir su kaynağının bulunmaması halinde sıvı atıklar değişik tasfiye tesislerinden geçirilerek, bazen de tasfiye edilmeksizin toprağa verilebilir/sulamada kullanılabilir. Sıvı atıkların toprağa verilmesi iki farklı maksat için uygulanır :

-Sıvı atıkların uzaklaştırılması.

-Suyun kıt olduğu yerlerde sıvı atıkların toprağa sulama suyu olarak kullanılması.

Kirlenme açısından durum farklı olmakla beraber, sulama suyu olarak kullanılması halinde sistem daha kontrollüdür.



# Sıvı Atıkların Toprağa Verilmesi

Sıvı atıkların araziye verilmesi halinde sıvı atıklarla ilgili aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

-Sıvı atığın debisi,

Mevcut debi

Mevcut max debi

Gelecekteki debi

Gelecekteki max debi

-Mevcut tasfiye tesisi ve arıtma verimi,

-Sıvı atıkların içeriği.



# Tarım Koruma İlaçları (Pestisitler & Herbisitler)

Pestisitler; bitki hastalıkları, zararlı böcekler ve yabancı otlar gibi tarımsal ürünlerin azalmasına sebep olabilecek çeşitli etmenlere karşı kullanılan kimyasal bileşiklerin hepsine birden verilen genel isimdir. Bunların tümü karbon, hidrojen ve klorür içerdiklerinden Klorlu hidrokarbonlar olarak da adlandırılır. Toprakta çok uzun zaman bozulmadan kalabilirler, özellikle hayvanlar için son derece zehirli maddelerdir.



# Gübreli Ziraat

Büyük miktarda suni gübreler tarım arazilerine verilmektedir. Bu gübrelerin asıl bileşeni azot ve fosfordur. Bilhassa azot toprak içinde taşınarak yeraltı sularına karışır. Ayrıca ziraat alanlarındaki fazla azot ve fosfor bileşikleri yağmur suları ile taşınarak yüzey sularına karışır ve ötrofikasyona sebep olur. Tarım arazilerine verilen gübre miktarları tipik olarak 20-200 kg N /ha ve 10-50 kg P/ha arasında değişmektedir. Gübreli ziraat tekniğine uygun ve yetiştirilecek mahsulün ihtiyacına göre verildiği takdirde, toprakta biriken azot ve fosfor miktarında artış olmaz.



# Partikül ve Aerosollar

Havada bulunan partikül halindeki kirleticiler ve çeşitli şekillerden oluşan aerosollar toprakta birikerek toprak kirlenmesine sebep olurlar. Bunlar diğer kirletici kaynaklara göre daha az önemi haizdir.



# Sulama Suyu

Sulu ziraat yapılan bölgelerde, sulama suyunun kalitesi önemlidir.

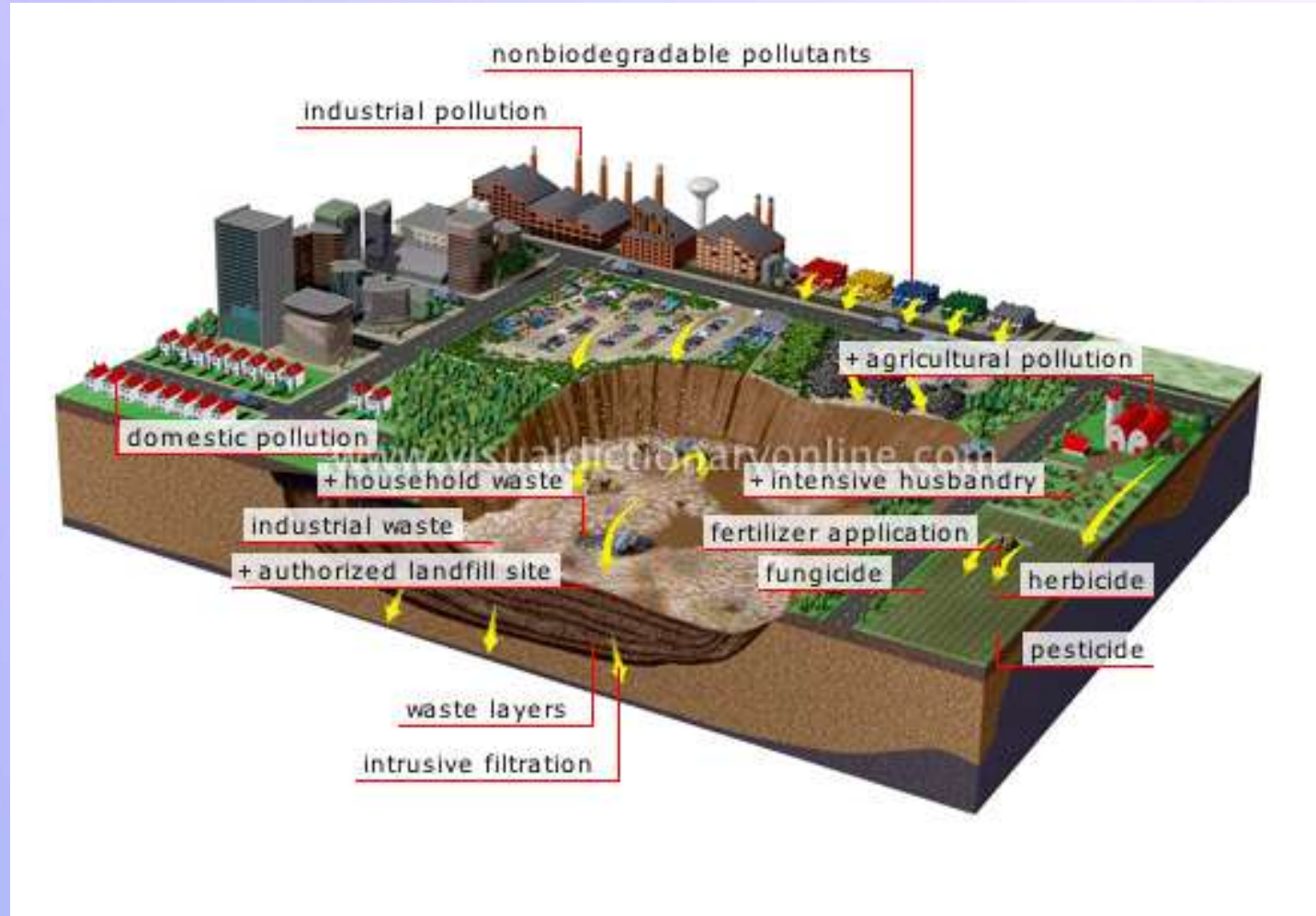
Sudaki iyonların durumuna göre toprakta zamanla tuzlama meydana gelir. Sulama suyunda gözönünde bulundurulması gereken kalite parametreler şunlardır:

- Toplam katı madde veya elektriksel iletkenlik
- Sodyum muhtevası genel olarak SAR olarak verilir.
- Bikarbonatlar
- Klorürler
- Bor
- Diğer iyonlar
- pH



# Sulama Suyu

Sulama suyunun ihtiva ettiği tuzlar zamanla toprakta birikerek toprakta tuz konsantrasyonu artırır. Sulama sularındaki sodyumun sebep olduğu tehlikeler, toprağın sodyum adsorbsiyon oranı ile tariflenir.



# Toprak Kirliliğinin Kontrolü

Toprağın kirlilikten korunması, toprağa gelen atık yükünün kontrolü (kirliliğe yol açmayacak şekilde düzenlenmesi) veya atığın (sızıntı suyunun) topraktan izolasyonu yoluyla mümkündür.

□ Eğer atık toprağa doğrudan uygulanıyorsa, uygulanacak kirletici yükünün toprağın özümleme veya kirlilik depolama (tampon/filtreleme) kapasitesini aşmayacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

□ Bu kapasitenin belirlenmesi kirleticinin ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bilinmesine büyük ölçüde bağlıdır.



# Toprak Kirliliğinin Yönetimi

## 1.ORGANİK KİRLİLİK

## 2. İNORGANİK KİRLİLİK

Toprakların organik ve inorganik kirleticilerle kirlenmesinin önlenmesi amacıyla pekçok yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan en yaygın olarak kullanılanları;

- Kirleticiye herhangi bir müdahalede bulunmadan kirlenmiş alanın kullanımını yasaklamak,
- Kirleticiyi bölge içerisinde hareketsiz kılarak bölgeyi kontrol altına almak,
- Kirlenmiş toprağı son bertaraf alanına taşıyarak depolamak,
- Toprağı yerinde (in-situ) veya arazi dışında (ex-situ) arıtmak şeklindedir.



# Organik Kirleticilerin Topraktan Giderimi

A. Biyolojik İyileştirme (Biyoremidasyon) organik kimyasalların mikroorganizmalar kullanılarak parçalanması.

İngilizcede “Bioremediation” olarak ifade edilen bu yaklaşım “biyoremidasyon” olarak dilimize geçmiştir ve Türk Dil Kurumunun Biyoloji Terimleri Sözlüğünde “bir çevre kirleticisini uzaklaştırmak için mikropların kullanılması” olarak ifade edilmektedir .

1. Mikrobiyel Çoğaltım (Bioaugmentation)

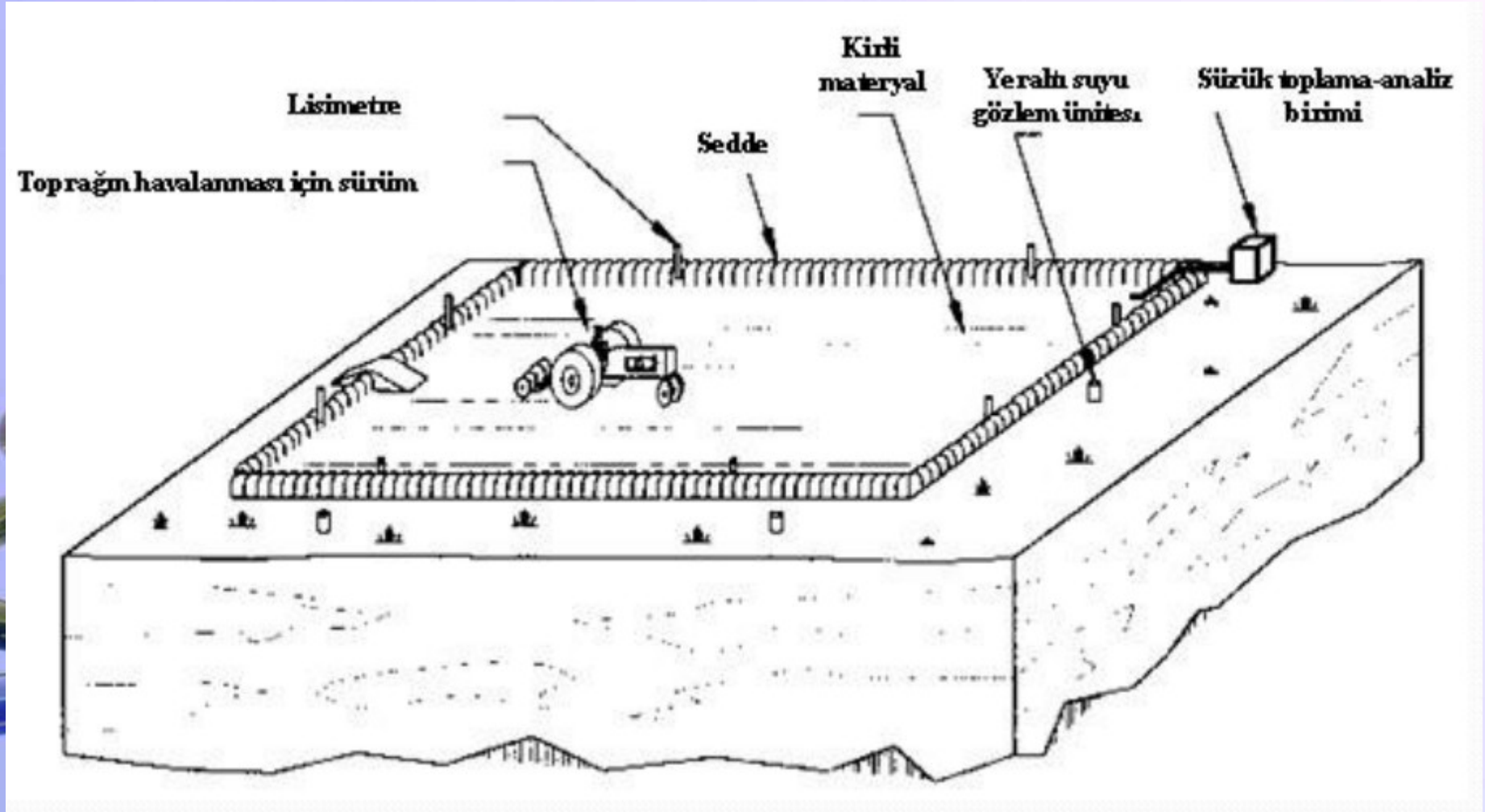
2. Mikrobiyel Uyarım (biostimulation)

Toprak çevresel koşullarının optimizasyonu veya besin maddelerinin ilavesi çoğunlukla biyolojik uyarım (biostimulation) olarak tanımlanırken, ortama özel kirleticileri ayrıştırma yeteneği olan mikroorganizmaların ilavesi ise biyolojik artış (bioaugmentation) olarak tanımlanır .



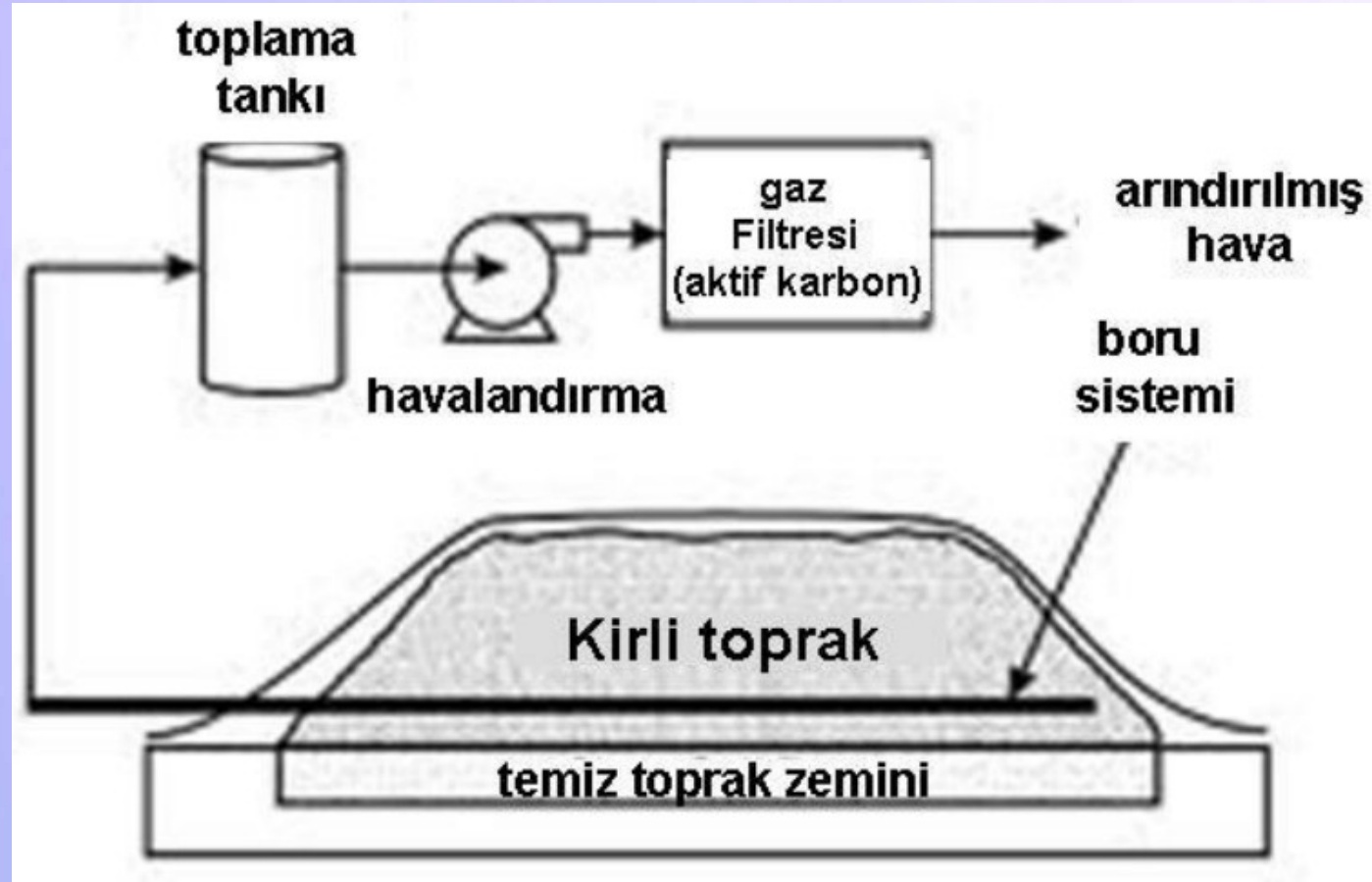
# Güncel Biyolojik İyileştirme Uygulamaları

## 1. Arazide Yayma-İşleme Yolu ile Gerçekleştirilen Biyolojik İyileştirme



# Güncel Biyolojik İyileştirme Uygulamaları

## 2. Arazide Yığma Yolu ile Gerçekleştirilen Biyolojik İyileştirme



# İnorganik Kirleticilerin Toprakta Giderimi

Bazı inorganik kirleticilerin kaynakları:

Kimyasal	Başlıca kullanım şekli ve toprak kirletici etmen olarak kaynağı
Arsenik	Pesitist, hayvan yemi katkısı, kömür ve petrol, maden alanları ve deterjanlar.
Kadmiyum	Kaplama, plastik ve boyalarda pigment, plastiklerde sertleştirici ve piller.
Krom	Paslanmaz çelik, krom kaplanmış metaller, pigmentler, erimez briket üretimi.
Bakır	Maden ocakları, küller, gübreler, rüzgarla taşınan bakır içeren tozlar.
Kurşun	Petrol, benzin, ve kömürün yakılması; demir ve çelik üretimi
Civa	Pestisitler, sentetik polimerlerde katkı maddesi, metalurji, termometreler.
Nikel	Petrol, benzin ve kömürün yakılması; alaşım üretilmesi, metal kaplama, piller.
Çinko	Galvanize demir ve çelik, alaşımlar, piller, pirinç, kauçuk üretimi.

# İnorganik Kirleticilerin Toprakta Giderimi

Ağır metal kirliliğine uğrayan toprakların ıslahındaki temel yaklaşımlar;

1. Toprakların yerinden alınıp izin verilmiş belirli atık depolama alanlarına taşınması.

2. Çimento ile katılaştırma.

3. Toprağın yıkanması.

4. Kirleticilerin fiziksel olarak ayrılması.

5. Elektrokimyasal prosesler.

6. Fitoremediasyon.



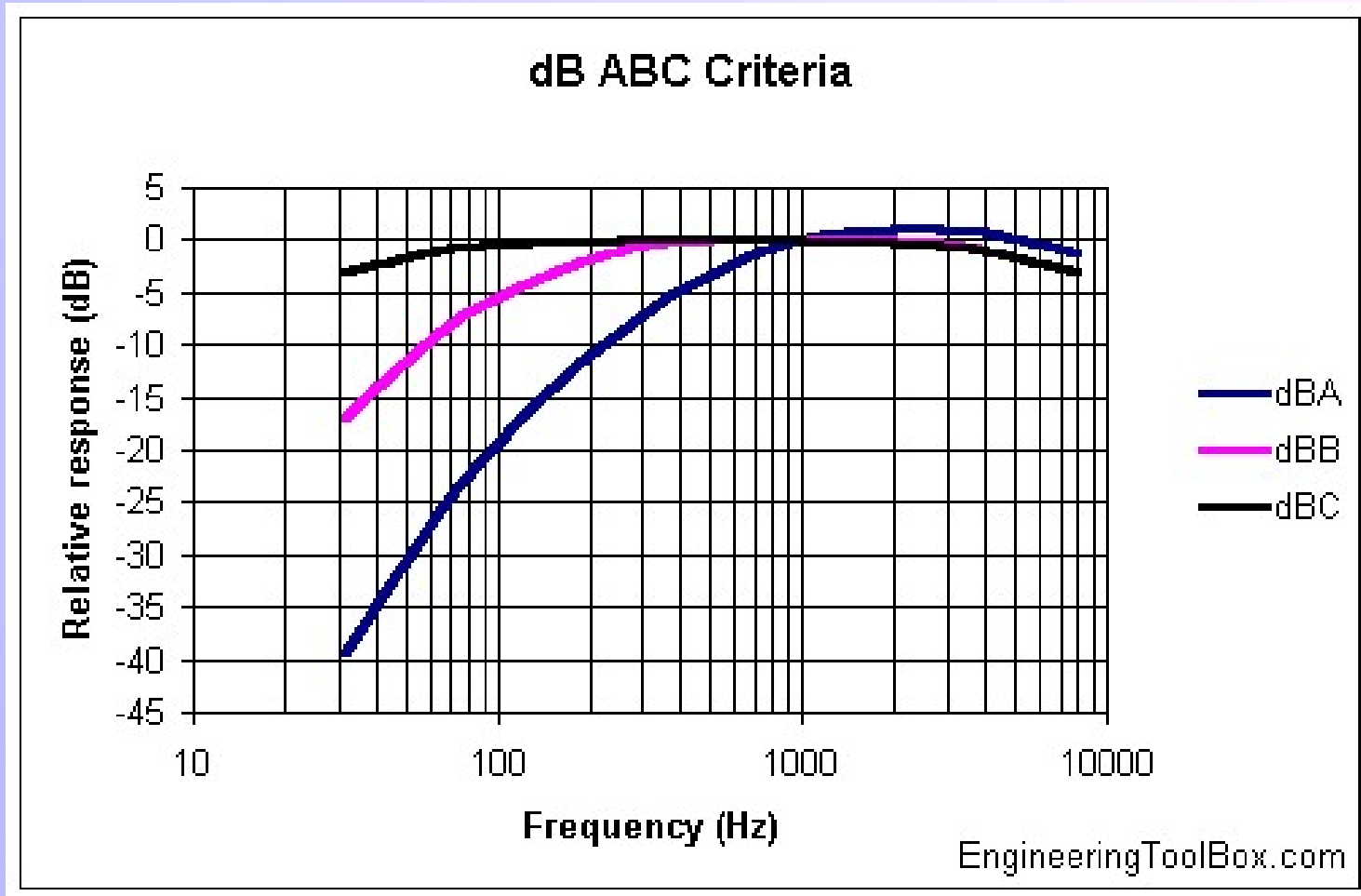
# GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ

## Ses Nedir?

Ses, dalgalar halinde yayılan enerji olup, tamamen fiziksel bir olaydır. Sesi, iletiildiği ortamdaki moleküllerin bir titreşimi olarak da ifade edebiliriz. Kulağa varan bu ses enerjisinin sürekli oluşu, kulakta bazen geri dönüşü zor veya imkansız işitme kayıplarının oluşmasına neden olacaktır.

## Desibel (dB) nedir?

Belirli bir referans güç ya da miktar seviyeye olan oranı belirten genelde ses şiddeti için kullanılan logaritmik ve boyutsuz bir birimdir. Desibel daima iki değer arasındaki karşılaştırmadır. Birimi dB dir. Bel biriminin 10'da biri olup logaritmik oranın 10 ile çarpımı, sonucun Bel yerine **dB** olarak elde edilmesini sağlar.



Desibel biriminin, farklı frekansları ağırlıkla ölçen üç filtresi (çeşidi) vardır: (A), (B) ve (C). ***dB (A)*** birimi, diğer iki birime kıyasla, çoğunlukla insan kulağı tarafından algılanabilen sesleri ifade ettiği için daha yaygın kullanılır.

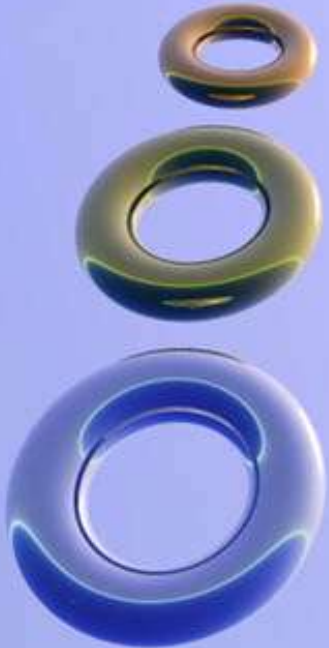
Sesin yayıldığı ortamlar içinde havanın özel bir önemi vardır. Çünkü havanın yoğunluğu sıcaklıkla değişebildiği için bu tür ortamlarda sesin yayılma hızı da değişiklik göstermektedir. Buna göre 21°C’de bir ses dalgasının yayılma hızı ortalama 344 m/sn’dir. Aşağıda da görüldüğü gibi sesin havadaki yayılma hızları ile katılardaki yayılma hızları arasında büyük bir fark vardır. Ses, katı ortamda daha hızlı yayılmaktadır. Sesin havadaki yayılma hızı, havanın ideal gaz olarak kabul edilmesi ile,

$$C=331,5 \sqrt{\frac{T}{273}}$$

Ses hız (C, m/sn) ve T, K cinsinden sıcaklık değeri.

Bazı ortamlar için sesin yayılma hızı

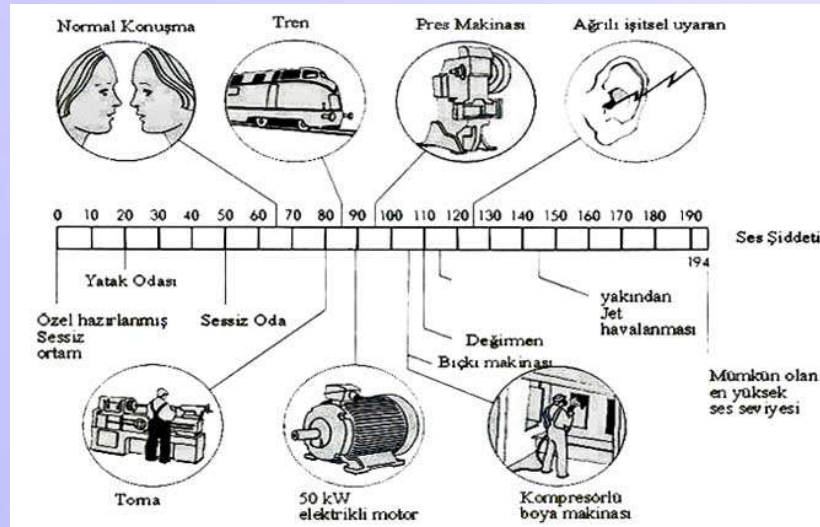
Ortam	Yayılma hızı (m/sn)
Hava	344
Su	1400
Sert kauçuk	1400-2400
Tahta	3300-4300



# Gürültünün Tanımı ve Etkileri

Beğenilmeyen ve insan üzerinde istenmeyen etkiler meydana getiren seslere **gürültü** denir. Hoşa giden rahatlatıcı seslere insanların ihtiyacı vardır. Sesin uyumsuz, düzensiz ve istenen düzeyden yüksek çıkması o sesin gürültü olarak tanımlanması için yeterlidir. Genel olarak ise beğenilmeyen, hoşa gitmeyen veya dinlenilmesine tahammül edilemeyen kısaca bir değeri olmayan sese/seslere gürültü denir.

Değişik gürültü düzeylerinin duyulmaları, kulakta farklı şekilde hissedilmektedir. İnsanın dayanabileceği ses şiddeti 0-120 dB arasındadır. Ses şiddetinin 120 dB'in üstünde olması insan kulağında fiziksel zarar meydana getirebilir. Acı verebilir ve işitme kaybına neden olabilir. Genelde, 85 dB 'in üstü gürültü düzeylerinde zamanla meydana gelen işitme rahatsızlıklarının oluşmaktadır.



Düzeyi yüksek ses (gürültü); rahatı, emniyet hissini ve dolaylı olarak da çalışma verimliliğini olumsuz yönde etkiler. Gürültünün giderek artması kişiler üzerinde önce rahatsızlık duygusuna neden olmakta, arkasından konuşmayı zorlaştırmakta ve en sonunda da işitme kabiliyetini azaltmaktadır.

Düzeyi yüksek gürültü içinde uzun süre çalışmanın, ya da bulunmanın, işitme gücü üzerinde olumsuz ve onarılamayacak sonuçlar doğurduğu bilinmektedir.

Aşırı gürültü içinde kısa süreli bulunmalar bile geçici sağırlığa yol açabilmektedir. Bu tür sağırlık birkaç dakika içinde ortadan kalkabilir ya da haftalarca, hatta aylarca sürebilir. Bu gibi geçici sağırlıklar, daha önceden var olan işitme duyusu eksilmelerinin de üzerine katılmaktadır.

İleri yaşlarda zaten meydana gelecek işitme düzeyindeki azalmalara bir de çalışma ortamındaki yüksek gürültü düzeyi eklenince kişilerde işitme kaybı daha erkene yaşlara çekilmiş olabilmektedir.

Kulak çınlaması, işitme duyusunun azalmasının önemli belirtilerinden biridir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında, gecikmeden ele alınması gereken bir tehlikenin varlığını bildirir.



# Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Dünya Sağlık Örgütü'nün “İnsanın fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik durumudur” biçiminde tanımladığı insan sağlığı çeşitli yönlerden bir risk oluşturan çevre sorunlarından biriside gürültü kirliliğidir. Uzun yıllar gürültünün yalnızca işitme sistemine ilişkin sorunlar yarattığı kabul edilmişti. Ancak yapılan bilimsel çalışmalar ile sağlık üzerindeki etkileri daha belirginleşmiş olup gürültünün çeşitli fizyolojik etkileri ve bunların az veya çok kronik, patolojik etkilere dönüşüm üzerinde sürdürülmektedir. Psikolojik etkilenme ve insan performansı üzerinde etkileri ise daha açık biçimde ortaya konmuştur.

Gürültü etkilenmesini; işitsel, fizyolojik, psikolojik ve insan performansı yönlerinden ayrı ayrı incelenmek gerekmektedir. Gürültüden etkilenen kişiler ise;

- Gürültü kaynağı ile doğrudan ilişkili olanlar (endüstri işçileri, ağır taşıt ve makine sürücüleri),
- Kaynağın bulunduğu çevreyi kullananlar veya dolaylı ilişkilerde bulunanlar olarak iki grupta toplamak olanaklıdır.

## Gürültünün etkileri;

1. Fiziksel etkiler (İşitmede etkilenme),
2. Fizyolojik etkiler,
3. Psikolojik etkiler,
4. Performansın etkilenmesi (İş verimi ve diğer aktiviteler ile bozucu girişim etkileri),

Gürültünün etkisi insan fizyolojisi ve psikolojisi üzerinde değişik bir takım sorunlar yaratabilir. Bu etkiler ses düzeyine, gürültüye maruz kalma süresine ve kişiye bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak sınıflandırırsak yarattığı etkiye göre gürültü düzeyleri 5 kategoriye ayrılır.



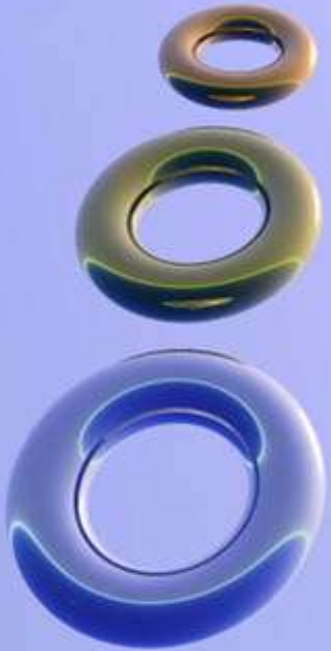
**1. Derece Gürültü Düzeyi:** Sosyal etkiler yapan (iletişim üzerine negatif etkiler gibi) Rahatsızlık duygusu, öfke, kızgınlık, konsantrasyon ve uyku bozuklukları ortaya çıkar. 30-60 dB (A) arası gürültülerdir.

**2. Derece Gürültü Düzeyi:** 1. derecedekilere ek olarak fizyolojik bozukluklarda yapar. Solunum ve kalp atışlarının hızlanması, beyin sıvısı basıncında bozukluklar ortaya çıkar. 60-90 dB (A) arası gürültülerdir.

**3. Derece Gürültü Düzeyi:** Sosyal, psikolojik ve fizyolojik etkilerinin yanında baş ağrıları ve geçici duyma bozuklukları yaratır. 90-120 dB (A) arası gürültülerdir.

**4. Derece Gürültü Düzeyi:** Tüm önceki etkilerinin yanında sağlığa neden olur. 120-140 dB (A) arası gürültülerdir.

**5. Derece Gürültü Düzeyi:** 140 dB (A) ve üzerindeki gürültülerdir. Ciddi beyin tahribatı (felç) ve şok etkisinden dolayı kalp krizleri gibi önemli rahatsızlıklara neden olur.

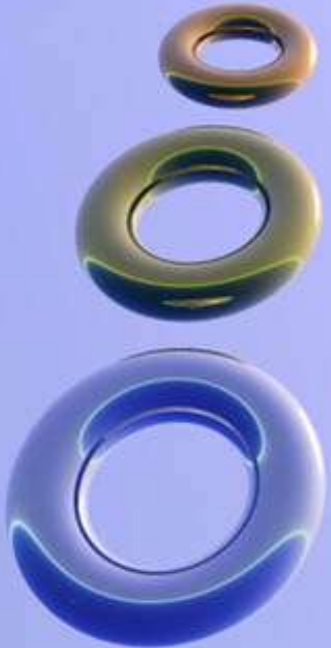


# Gürültü Düzeyleri

Yüksek seslerin yoğunlukları birbirinden farklı olduğu için ses düzeyleri logaritmik bir düzlem üzerinde, aynı sayıda birimlerle belirtilerek ölçülür. Buna göre bazı seslerin yaklaşık dB düzeyleri ile bunlara karşılık gelen anlatımsal ifadeleri aşağıda verilmiştir.

Bazı ses düzeylerinin anlatımsal ifadeleri

dB Değerleri	Ses türü
0	Duyuma Eşiği
20	120 m'den fısıltı sesi
65	0.90 ile 1.20 m arasındaki bir mesafeden normal konuşma sesi
75	Bir bürodaki makinenin, büronun diğer bir yerinden duyulması
95	Yakın bir yerdeki otomatik tornanın sesi
110	Basıncılı hava ile çalışan perçin tabancası
130	Ağrı duyma eşiği

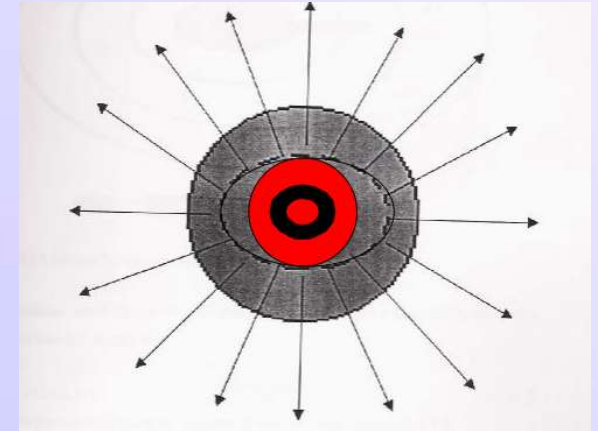
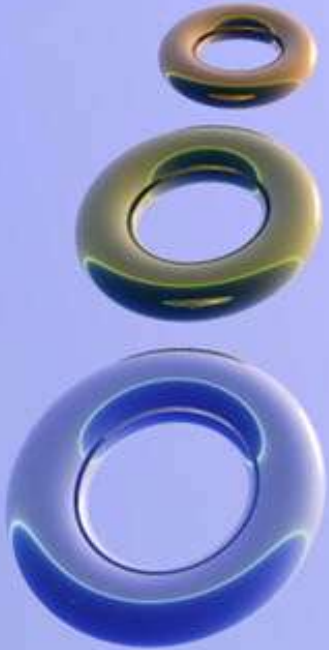


# Gürültü Kaynakları

Bilindiği üzere sesin taşınımı için genel ortam, atmosferdir. Oluşan ses, yayılma ortamı basıncında salınımlara, dalga oluşumuna neden olur. Sesin kaynakları üç şekilde tanımlanmaktadır. Bunlar;

- **Noktasal kaynaklar;** bunlar genelde tek bir ses kaynağının çıkardığı sesler olup, tek bir insan, tek bir makine veya herhangi bir başlı başına çalışan bir ses kaynağı olabilir. Noktasal kaynaklarda sesin yayılımı küresel şekilde olmaktadır. Noktasal kaynaklardaki sesin mesafe ile değişimi ise genelde ses basıncı, kaynaktan uzaklaşan mesafenin ikiye katlanmasıyla yaklaşık 6 dBA'lık bir azalma göstermektedir.

$$L_p = L_w - 20 \log_{10} (r) - 8 \text{ dB}$$

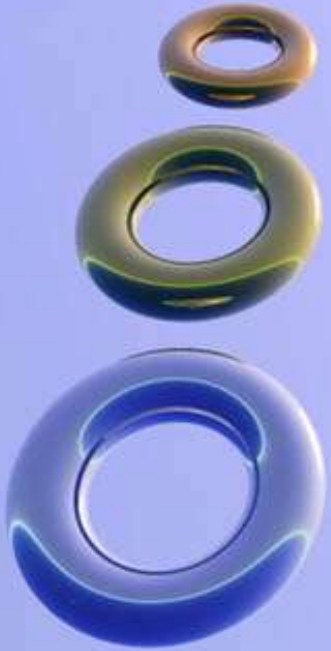


- **Çizgisel kaynaklar;** bu tür kaynaklara en güzel örnekler karayolları veya demir yolları gibi örnekler verilebilir. Burada amaç birden fazla noktasal kaynağın yan yana gelerek bir çizgi şeklinde oluşturmuş oldukları yapıları ifade etmektedir. Çizgisel kaynaklarda sesin yayılımı silindirselsel şekillerde olmaktadır. Çizgisel kaynaklarda ise sesin mesafe ile azalması mesafenin iki katına çıkması ile birlikte ses düzeyinde 3 dB değerinde bir azalma olmaktadır.

$$L_p = L_w - 10 \log_{10} (r) - 5 \text{ dB}$$



- **Düzlemsel kaynaklar;** bu tür kaynaklar ise belirli bir ortamdaki birden fazla noktasal kaynağın oluşturmuş olduğu yapılar olup, bunlara en güzel örnek stadyumlar veya asansör boşlukları verilebilir. Genelde düzlemsel kaynaklarda sesin yayılım düzlemsel şekilde olup, mesafe ile ses düzeyinde azalma olmamaktadır. Düzlemsel gürültü kaynaklarına daha az rastlanır.



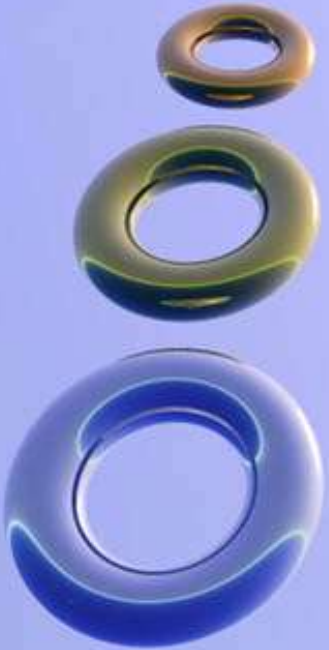
# Gürültü Tipleri

Gürültünün tipi, onun sahip *frekans spektrumuna, ses düzeyinin zamanla değişmesine ve ses alanının yapısına* bağlıdır.

1. Frekans spektrumuna göre,
  - Sürekli geniş bant gürültüsü
  - Sürekli dar bant gürültüsü

2. Zamana bağlılığa göre,
  - Kararlı gürültü
  - Kararsız gürültü
  - Dalgalı gürültü
  - Kesikli gürültü
  - Vurma (Darbe) gürültüsü

3. Ses alanının yapısına göre,
  - Serbest alan
  - Çınlama alanı



# Gürültü Kirliliği Kaynakları

## *Yapı Dışı Gürültüler:*

Yapıların dışında yer alan kaynaklardan üretilen ve gerek yapı içindeki hacimleri ve gerekse yapı dışındaki açık alanları kullanan kişileri etkileyen gürültülerdir. Bunlar da şu şekilde gruplandırılabilir:

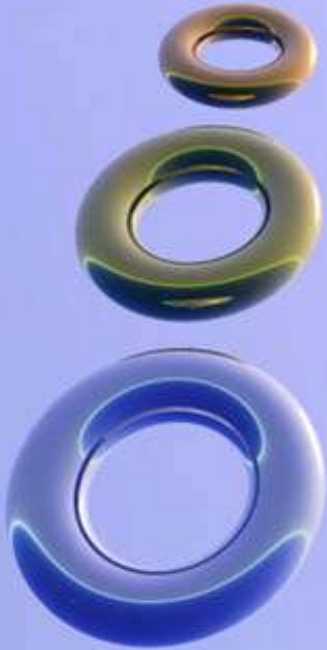
**a)** Ulaşım gürültüleri (karayolu, demiryolu, denizyolu, uçak ve havaalanı gürültüleri)

**b)** Endüstri gürültüleri (endüstriye ait araç, gereç ve makineler ile iş yerlerindeki çeşitli faaliyetlerden doğan gürültüler)

**c)** Yapım (şantiye) gürültüleri (yol ve bina yapım işlerinin ve yapım makinelerinin gürültüleri)

**d)** İnsan etkinliklerine ilişkin gürültüler (yüksek sesle konuşma, bağırma, çocuk sesleri, spor alanları, atış alanları, radyo TV ve müzik sesleri vb.)

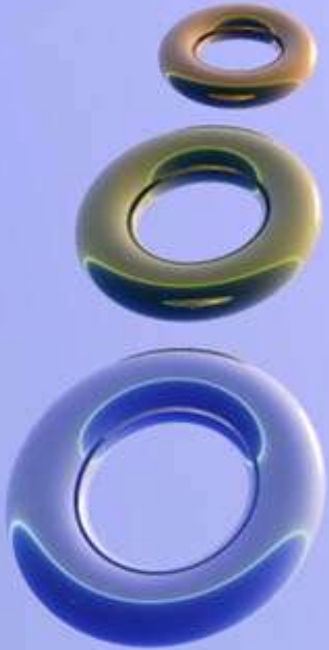
**e)** Eğlence ve ticari amaçlı gürültüler (açık hava sinemaları, eğlence yerleri, yükseltilmiş reklamlar, satıcı sesleri, kaset ve plakçılarının müzik sesleri gibi).



## *Yapı İçi Gürültüler*

Yapıların içinde yer alan kaynaklardan doğan seslerdir.

- a) Konuşma sesleri
- b) Adım sesleri
- c) Ev araçlarının gürültüleri (çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi vb)
- d) Yükseltilmiş müzik sesleri
- e) Darbe ve eşya sürtünme sesleri
- f) Kapı çarpmaları
- g) Büro gürültüleri
- h) Garaj gürültüleri
- i) Çeşitli makine ve donatımların gürültüleri (asansör, sıhhi tesisat, soğutma sistemleri, havalandırma ve ısıtma sistemleri, çöp bacaları ve hidrofor gibi)
- j) Yapı içinde yer alan her türlü işyerinden gelen özel gürültüler

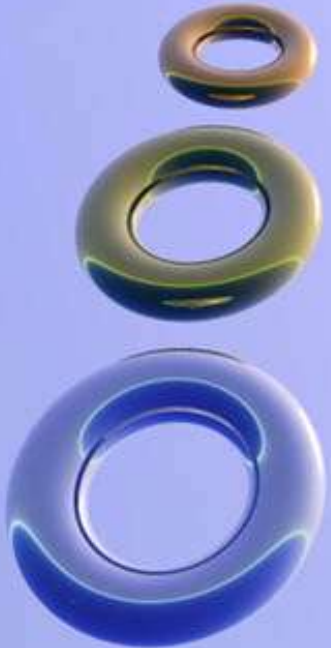


# Karayolu Ulaşımı Gürültüsü

Trafiğin artması caddelerimizi devamlı çoğalan bir gürültü kaynağı haline getirmektedir. İnsanlar genellikle caddeler civarında yerleşmiş bulduklarından ve ticari hayatın gelişmesi de bu civarlarda olduğundan gürültünün yarattığı sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır.

Ulaşım gürültüsü düzeyini etkileyen, kara trafiğinde kaynaklara ilişkin faktörler 9 çeşittir. Bunlar;

- 1 – Trafik yoğunluğu
- 2 – Trafik kompozisyonu ( ağır taşıt yüzdesi )
- 3 – Trafik akım cinsi (duraklı, duraksız )
- 4 – Ortalama hız
- 5 – Tek taşıtların türleri
- 6 – Yol kaplaması cinsi
- 7 – Yol eğilimi ve kesiti
- 8 – Dönemeç ve kavşaklar
- 9 – Yol genişliği olarak sıralanabilir.



## Demiryolu Ulaşımı Gürültüsü

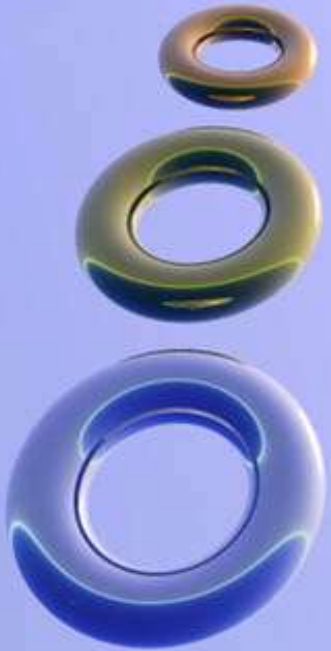
Yerleşim bölgelerinin içinden veya çok yakınından geçen, yolcu ve yük taşımacılığında önemli yeri olan raylı sistemler, kara ulaşımı gürültüsü kadar yaygın olmamakla birlikte gürültü özellikleri nedeniyle büyük bir rahatsızlık kaynağı olmamaktadır. Bir lokomotif tarafından çekilen veya belirli bir itiş gücüne sahip vagonların deviniminden doğan demiryolu gürültüsünün yol ulaşımı gürültüsünden farkı, benzer özellikli bir dizi ayrık gürültü olaylarından oluşmasıdır. Demiryolu ulaşımı doğuş biçimleri açısından hava doğuşlu seslerin yanında katı ortam doğuşlu (darbe) seslerini de üretmektedir.



Hat işlemlerinden doğan gürültü düzeylerini etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir;

- Tren ipleri (yük, yolcu ve hızlı ulaşım trenleri),
- Yapısal özellikleri (Lokomotif motor, fren, egzoz, vagonların ağırlık, ve tekerlek özellikleri v.b.),
- Tren bileşimi (kompozisyonu, lokomotif ve vagon sayısı),
- Tren ulaşım hacmi,
- Trenlerin geçiş hızları,
- İz koşulları,
- Rayların tipleri (cıvatalı, kaynaklı, balastlı, balastsız ve enine bağlantılı sistemleri),
- Tren yolu strüktürünün tipi (hemzemin, yükseltilmiş, tünel gibi),

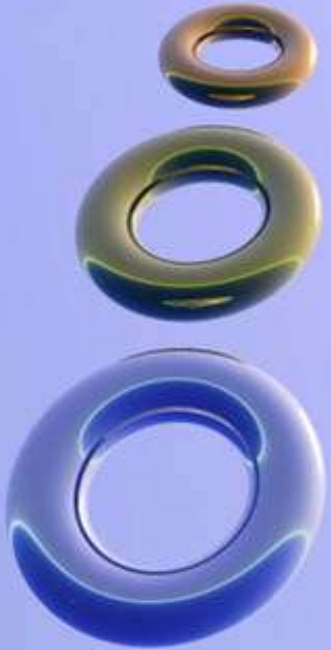
Ve ayrıca, istasyon yakınlarında yapılan lokomotif ve vagonları birleştirme, ayırma, götürme, yükleme, bakım ve tamir işlemlerinden doğan gürültülerdir.



# Havayolu Ulaşımı Gürültüsü

Havayolları özellikle endüstri devriminden sonra büyük gelişmeler göstermiş, bu gelişmeler sonucunda havaalanı çevresinde yaşayan bireyler artan gürültü düzeylerinden etkilenmişlerdir. Uçak teknolojisinin ilerlemesi ve uçuşlardaki artışlar sonucunda hava trafiği daha yoğunlaşmış, gürültü daha önemli duruma gelmiştir.

Modern havaalanları, apronlar, taksi yolları, yolcu terminalleri pistler kargo ve bakım alanları arasında hareket ettiği kompleks yol serisinden oluşmaktadır. Bütün bu kaynakların etkileri benzer koşullar altında çalışan uçak tiplerinin ölçülmesiyle en iyi şekilde değerlendirilir. Zemin gürültüsünden yerleşimleri korumak gereklidir. Özellikle gece kalkışları ve gece yapılan test çalışmaları konut bölgeleri için sorundur. Değişik uçak tipleri zemin trafiğinin yoğunluğuna ve havaalanı olanına bağlı olarak manevra yaparlar. Bunun için problemin incelenmesinde gürültü seviyesine etki eden yerel şartlar ele alınmalıdır.



## Endüstri ve Donanım Gürültüleri

Hammaddeleri işlenmiş hale sokarak değerlendirmeye yarayan işlem ve araçların tümü şeklinde tanımlanan endüstri ya da sanayi, bilim ve teknoloji gelişiminin yanı sıra kentlerin içinde, konut yerleşmelerinin yakınlarında yer alan fabrika yapıları ve işyerleri ile gürültü kirliliği kaynaklarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Kent dışındaki endüstri bölgelerinin düzensiz yerleşimlerle kent sınırlarının içine girmesi, kent içinde de gelişi güzel dağılmış işyerlerinin veya bilinçli yerleştirilmiş hafif endüstri alanlarının çeşitli nedenlerle artması sorunu ağırlaştırmaktadır.

Endüstriden kaynaklanan gürültüyü ses kaynağında azaltmak için;

- 1- Darbe etkisini sıkmak veya basma ile değiştirmek,
- 2- Dişli sistemle çalışan makineleri kemer sistemle değiştirmek,
- 3- Sesli makine parçalarını az sesli metalden veya toz metalden yapmak,
- 4- Sesli makine parçalarını veya tüm makineyi özel bir kabukla örtmek,
- 5- Makine parçalarını iç mukavemeti yüksek olan metalden yapmak,
- 6- Gürültüyü yutan özel macunlarla sesli makine parçalarını kaplamak,
- 7- Pnömatik makine veya çekicilerde ses yutucuları kullanmak,
- 8- Makine ve araçlara düzenli bakım yapmak ve tüm parçaları yağlamak gerekmektedir.

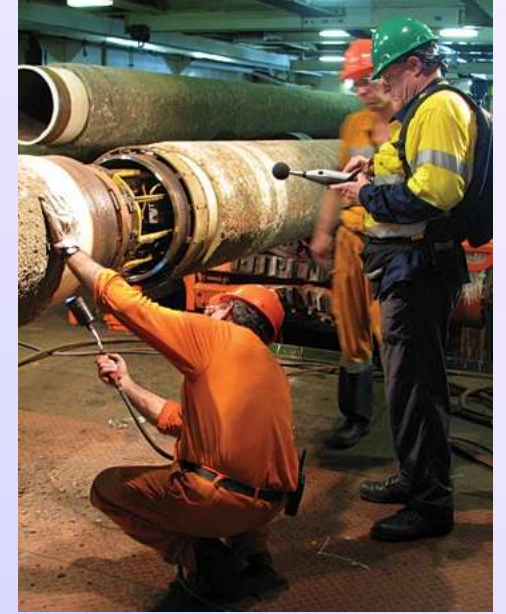
## İnşaat (Şantiye) Gürültüsü Kaynakları

Şantiye gürültülerini, insan sağlığı açısından değerlendirdiğimizde konunun iki boyutu olduğu görülür. Birinci boyut direk şantiyede, inşaat makinelerinde çalışan insanların gürültüden etkilenmesi, ikinci boyut ise şantiye çevresinde yaşayan insanların gürültüden etkilenmesidir.

İnşaat makinelerinin birçoğunda gürültü düzeyi, insanda otolojik (kulakla ilgili) bozuklukları oluşturması bakımından sınır değer olarak kabul edilen 90 dBA'nın üzerindedir. Genellikle yaptıkları işin özelliği açısından kulak koruyucu kullanmayan bu insanların işitmelerinin zarar görmemesi, çalışma saatlerinin düzenlenmesi ile mümkündür. Şantiye gürültülerinin diğer boyutu ise son derece önemli olan ve çok sayıda insanı ilgilendiren büyük bir çevre sağlığı problemi oluşturan boyuttur. Problemin büyüklüğü şantiyede günlük çalışma sürelerinin düzensiz ve yasalara uygun olmaması ile ilgilidir



# Gürültü Ölçümü



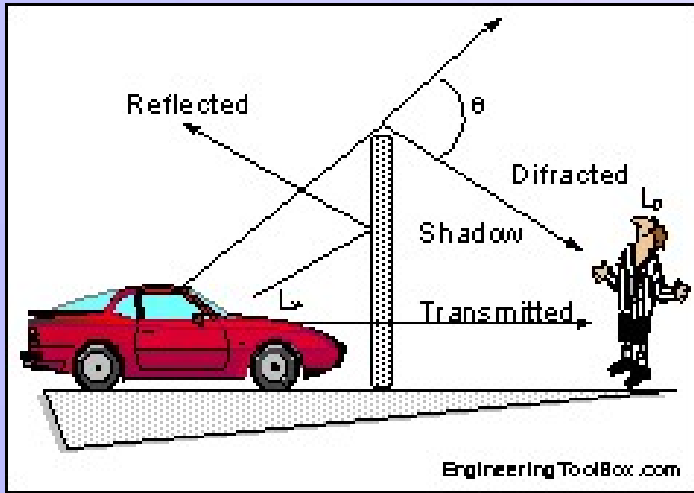
# Gürültüye Karşı Alınabilecek Bazı Önlemler

- Hava alanlarının, endüstri ve sanayi bölgelerinin yerleşim bölgelerinden uzak yerlerde kurulması,
- Motorlu taşıtların gereksiz korna çalmalarının önlenmesi,
- Kamuoyuna açık olan yerler ile yerleşim alanlarında elektronik olarak sesi yükseltilem müzik aletlerinin çevreyi rahatsız edecek seviyede olmasının önlenmesi yada konut alanlarında bu tür faaliyetlere izin verilmesinin yasaklanması,
- İşyerlerinde çalışanların maruz kalacağı gürültü seviyesinin en aza indirilmesi (“Gürültü Yönetmeliği”ne bknz),

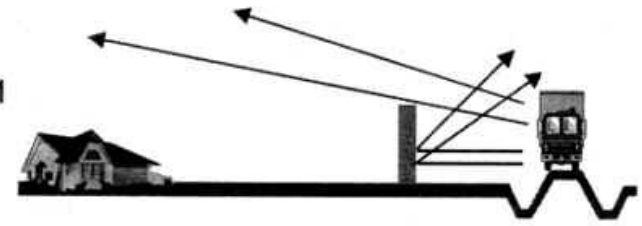


- Yerleşim yerlerinde ve binaların içinde gürültü rahatsızlığını önlemek için yeni inşa edilen yapılarda ses yalıtımı sağlanması,
- Yerleşim yerlerinde ve konutlarda Radyo, televizyon ve müzik aletlerinin seslerinin rahatsızlık verecek seviyede yükseltilmemesi
- Trafikteki gürültüyü azaltmak için bireysel araç kullanımı yerine toplu taşımanın yaygınlaştırılmasının sağlanması,
- Motorlu taşıtlarda ses yalıtımlarının yapılması sağlanmalı, özellikle küçük motor bisiklet türü araçlarda susturucuların kullanılmasının sağlanması gerekmektedir.

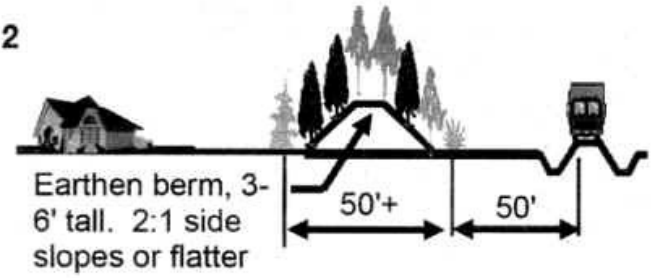




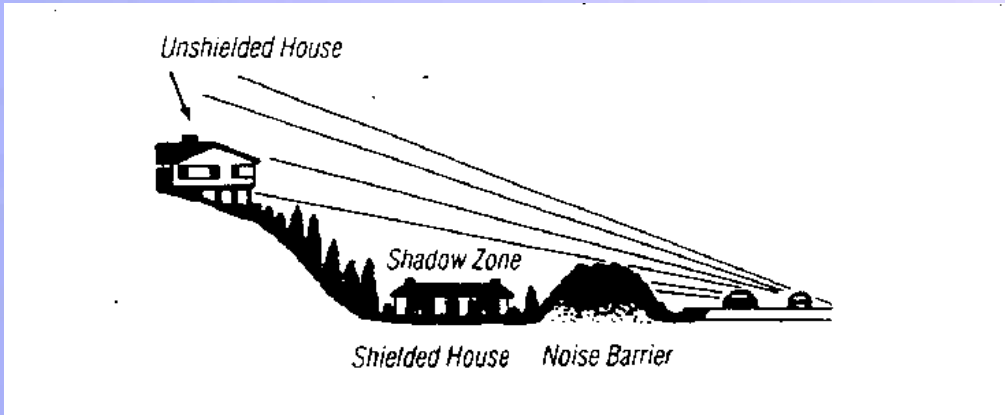
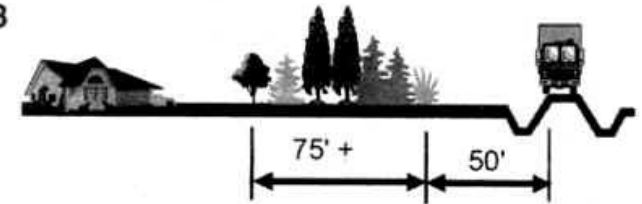
example 1



example 2

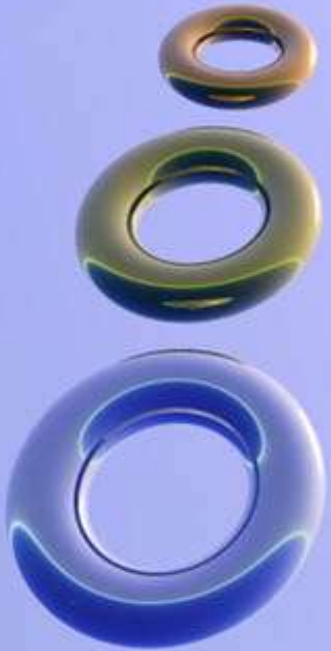
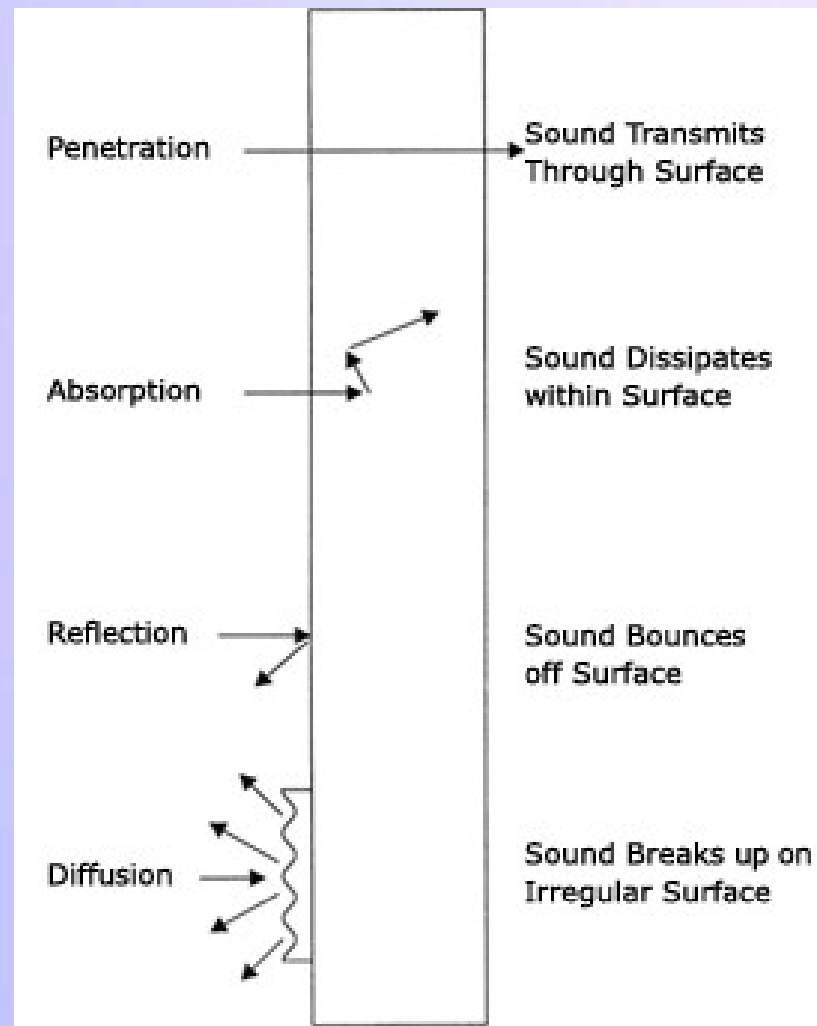


example 3



Şekil. Akustik Panellerle Gürültü Azaltımı.





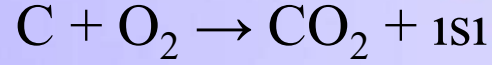
**Şekil.** Akustik Panellerle Gürültünün Azaltılması.  
(Ses Alanı ve Dağınık Alan)

# HAVA KİRLENMESİ

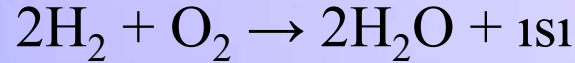
Atmosferi oluşturan gazların karışımı olan hava normal koşullarda azot (%78,09), oksijen (%20,95) karbondioksit (%0,03) ve çok düşük oranlarda bulunan diğer gazları içerir. Normal havanın canlılara ve doğaya zarar verici hale gelmesi kirletici unsurların fazlalaşmasıyla olur. Buna göre Hava kirliliği, “atmosferde toz, gaz, duman, koku, su buharı şeklinde bulunabilecek kirleticilerin insan ve diğer canlılarla, eşyaya zarar verecek düzeye yükselmesi” şeklinde tanımlanır.



Havayı kirleten en önemli etken, yanma olayıdır.



Bu reaksiyona göre, fosil yakıt adını verdiğimiz gaz, petrol veya kömürün yakılmasıyla oluşan CO<sub>2</sub> ve bunun yanı sıra bu tür kayıtlarda bol miktarda bulunan hidrojenin,

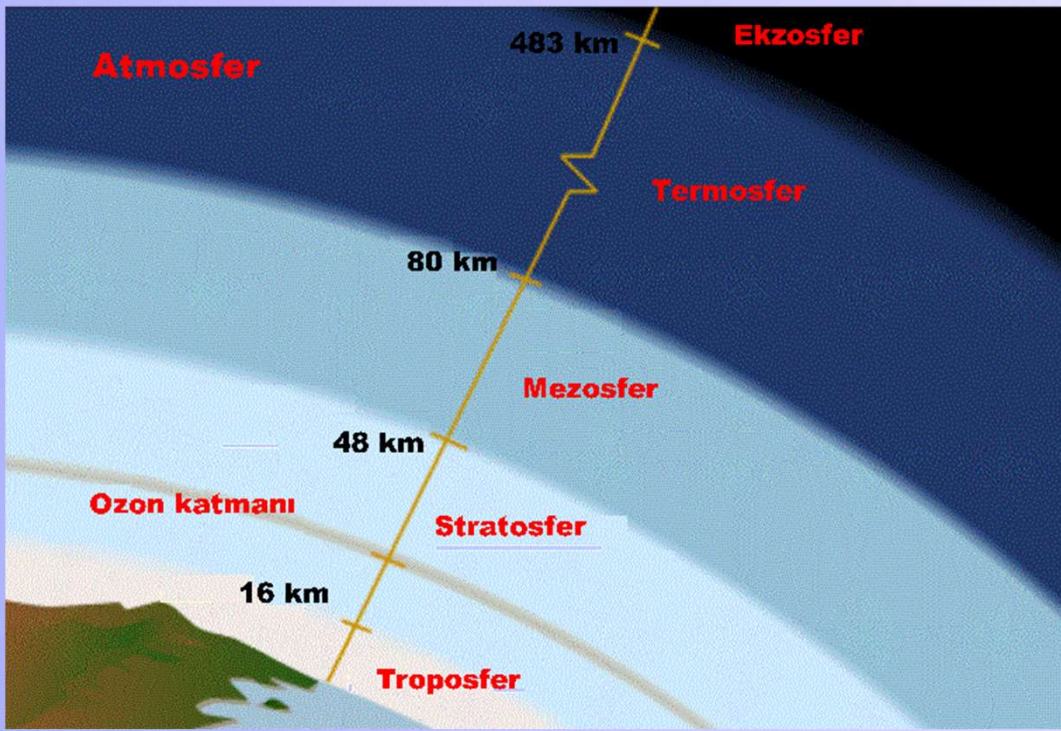


Yanmasıyla açığa çıkan, su buharı gerçekte hava kirleticisi sayılmazlar. Ancak yakıt içeriğinde bulunan safsızlıklarla, hava veriliş oran ve şekline, ve de yanma sıcaklığının gereğinden az veya çok oluşuna bağlı nedenlerle yukarıdaki reaksiyonların tam olarak gerçekleşmemesi nedeniyle oluşabilen CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, uçucu kül ve yanmamış hidrokarbon kalıntıları gibi reaksiyon ürünleri kirletici sayılırlar.

**Hava kirlenmesi**, bina dışı açık havada bir veya daha fazla kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve yaşamaktan zevk duyulabilecek çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunmasıdır. Toz, duman, yapay sis (smog), buhar, iri partiküller, gazlar ve kötü kokulu maddeler kirleticilere birer örnektir. Klasik bir yanma olayının sonucu olan su buharı ve CO<sub>2</sub>, kirletici sayılmazlar. Ayrıca su buharı, sıcaklıkla ve yüzeysel su varlığıyla ilgili bir değişken olup, hava da % 1 – 3 kadar bulunabilmektedir.

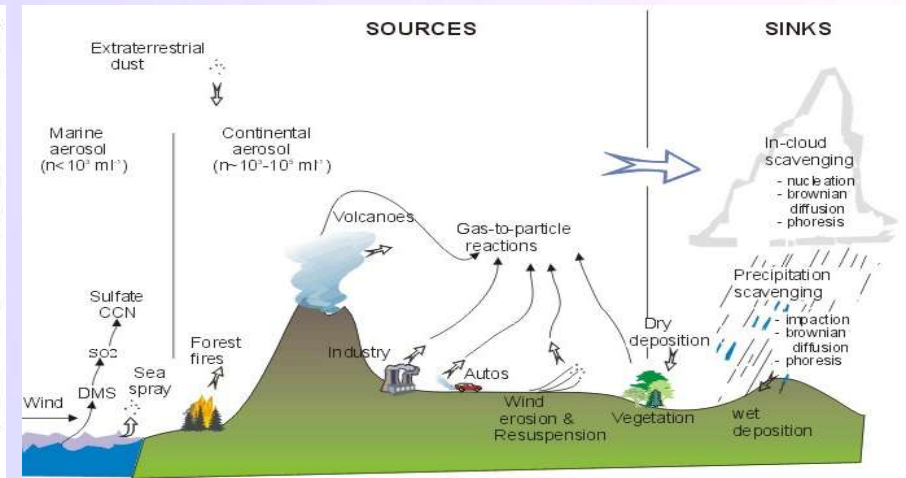
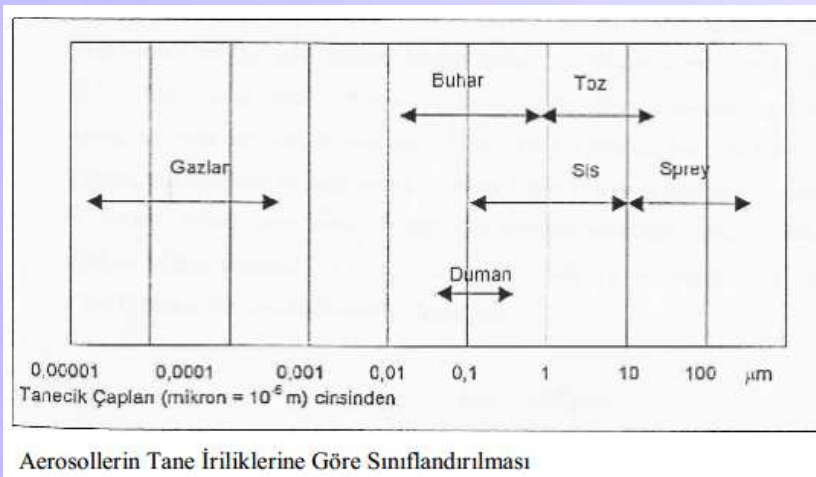
Temiz ve kirli havadaki bileşenler

Bileşen	Temiz Hava (%)	Kirli Hava (%)
Azot (N <sub>2</sub> )	79,00	Değişmez
Oksijen (O <sub>2</sub> )	20,95	Değişmez
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	0,032	0,04
Karbonmonoksit (CO)	0,00001	0,004 – 0,007
Metan (CH <sub>4</sub> )	0,00015	0,00025
Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )	0,0000001	0,00002
Ozon (O <sub>3</sub> )	0,000002	0,00005
Kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> )	0,00000002	0,00002
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	0,0000001	0,000002



Akım özellikleri nedeniyle yerden 19 km yükseklikte alt ve orta atmosfer arasında bir sınır tabaka olan ve birkaç santimetre kalınlığında ozon birikmesinden meydana gelen bir tabaka vardır. **Ozon tabakası** denilen bu tabaka, güneş radyasyonunun mor ötesi (UV) kısmını filtreleyerek az bir kısmının yeryüzüne ulaşmasını sağlar.

Dünya, üzerine düşen güneş ışınlarından çok, dünyadan yansıyan güneş ışınlarıyla ısınır. Bu yansıyan ışınlar başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulur, böylece dünya ısınır. Işınların bu gazlar tarafından tutulmasına **sera etkisi** denir.



Hava ortamında askıda duran partikül halindeki maddelerin iriliklerine ve yoğunluklarına bağlı olarak, ancak belirli bir süre bu hali sürdürebilirler. Daha sonra yere çökerek, atmosferden uzaklaşırlar. Havada askıda buldukları dönem için, “**aerosol**” olarak isimlendirilen bu tanecikler toz, buhar, sis, duman, sprej gibi isimler alırlar. Doğrudan sanayi veya ısınma tesislerinin atık gazlarıyla havaya atılan kül, kömür, çimento tozları, kum, talaş, toprak gibi maddeler de bu sınıfa girerler.

Çökme eğilimleri yüzünden havada yaklaşık 40 mikrondan daha iri partikül maddeye pek rastlanmaz. Sağlık etkileri açısından 10 mikrondan iri aerosoller burundan, 5 mikrondan iri olanlar ise üst solunum yollarından kolayca geçemediğinden, insan sağlığına doğrudan etkileri önemsizdir. Oysa 3 mikrondan ince olan tozlar aynı nedenle sağlık etkileri en büyük olan kirleticilerdir. Özellikle duman, buhar gibi mikron-altı ölçeklerde olabilen aerosoller, solunum yollarından geçerek akciğerlerin alveol adı verilen keseciklerine kadar girmekte ve olumsuz sağlık etkileri yaratmaktadır.

# Hava Kirleticileri

**1. Gaz Kirleticiler:** Hava kirlenmesine sebep olan gaz kirleticiler, normal sıcaklık ve basınç altında gaz formunda bulunan maddeler ile normal basınç ve sıcaklık altında katı veya sıvı halde bulunan maddelerin buharından meydana gelir. Gaz kirleticilerden en önemlileri: **CO**, hidrokarbonlar,  $H_2S$ , azot oksitler (**NO<sub>x</sub>**),  $O_3$  ve diğer oksitleyiciler ile kükürtoksitlerdir (**SO<sub>x</sub>**).

$CO_2$  normal olarak kirletici değil ise de atmosferdeki konsantrasyonunun senede 0,7 ppm artması, kirletici sınıfına sokmuştur.  $CO$ , karbonlu maddelerin tam yanmamasından ileri gelir.



**Kükürt oksitler**, 6 farklı kükürt oksidinden oluşur ve SO<sub>x</sub> olarak kollektif bir parametre ile ifade edilir. Bu oksitler SO (Kükürtmonoksit), SO<sub>2</sub> (kükürtdioksit), SO<sub>3</sub> (kükürtrioksit), S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (kükürtseskioksit), S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (kükürtheptaoksit) ve SO<sub>4</sub> (kükürttetraoksit) tir. Bunlar arasında en önemlileri SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub>' tür.

Kükürt oksitleri (SO<sub>x</sub>), kükürt ihtiva eden maddelerin yakılması sonucu oluşur. Havadaki kükürt oksitler arasında en önemli pay kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) gazına aittir. SO<sub>2</sub>, renksiz, yanıcı ve patlayıcı olmayan hafif kokulu bir gazdır. Koku eşiği 0,5 ppm, tad eşiği 0,3 ppm'dir. 3,0 ppm' de kokusu rahatsız edici hale gelir ve boğucu bir hisse yol açar. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenmeyle kükürtrioksit (SO<sub>3</sub>) ve sülfatlara dönüşür. Kükürtrioksit sülfirik asidin anhidriti olup; yağmur veya yoğuşmuş nem (sis) damlalarıyla birleşerek havada bu asidin damlacıklarının oluşmasına yol açar. Sülfatlar ise çoğunlukla 0,2-0,9 µm çapa sahip katı tanecikler şeklinde olup, görünür ışığın 0,4-0,7 µm olan dalga boyları ile girişim yaparak görüş mesafesini azaltır ve güneş radyasyonunu engelleyerek yerel iklimlerde soğumaya yol açar. Bu yüzden kent atmosferinde SO<sub>2</sub>'nin tipik seviyelerinde, bağıl nemin de %50'den fazla olduğu günlerde önemli görüş kayıpları ortaya çıkar.

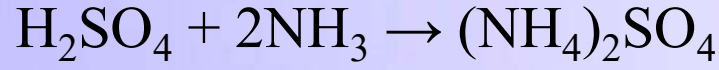
Atmosferdeki SO<sub>2</sub>'nin büyük bir kısmı SO<sub>3</sub> haline yükseltgenir. SO<sub>3</sub> de su buharı ile sülfürik asit haline dönüşür.



Atmosferdeki endüstride çok miktarda kullanılan ham maddelerden birisidir. Amonyanın en büyük tüketicisi gübre endüstrisidir. Amonyanın taşınması ve kullanılması esnasında yeterince önlem alınmadığı zaman atmosferin amonyakça zenginleşmesi kaçınılmazdır. NH<sub>3</sub>, nemli hava ve SO<sub>2</sub> varlığında hızlı bir şekilde amonyum sülfat tuzunu oluşturur.



Atmosferde SO<sub>2</sub>'nin yükseltgenmesi ile oluşan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile NH<sub>3</sub>'ün etkileşmesiyle de aynı tuz oluşur.



Bu oluşan iyon ve moleküller yağmur suyunun pH'ını da düşürerek, yağmur suyuyla beraber asit yağışlarını meydana getirmektedir. Asit yağışları yerüstü ve yeraltı su kaynaklarında pH değerini düşürerek doğal dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Ayrıca asidik yağışlarla yıkanan topraktaki besin maddeleri suda daha çok çözünerek suyla birlikte topraktan kaçıp gitmekte ve toprağın verimi düşmektedir.

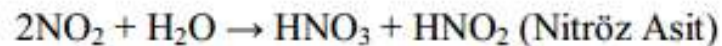
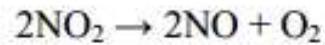
SO<sub>x</sub>'lerin insan sağlığına etkileri ise aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Kükürtdioksitin İnsan Sağlığına Etkileri

Konsantrasyon, ppm	Maruz Kalma Süresi	Etkiler
0-0,6	1-4 gün	Belirgin değil
0,15-0,25	3-10 dakika	Solunum sisteminde etkiler
1,0	Ani	Solunum sisteminde rahatsızlık
1,0-5,0	1 saat	Göğüs sıkışması
10- 20		Göz yaşarması, burun kanaması

**Azot oksitler (NO<sub>x</sub>)**, havadaki en önemli kirletici gazlardandır. Yanma sürecinde yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan NO ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan NO<sub>2</sub> gazlarının toplamından oluşur. Nox gazları NO<sub>2</sub> eşdeğeri ile tanımlanır. Yanma kaynaklı olan bu gazlardan asıl zehirli olanı NO<sub>2</sub>'dir. NO daha çok NO<sub>2</sub> ham maddesi olduğu için önem taşır. Her iki gazda doğal azot çevriminin birer parçasıdır. Atmosferdeki yarılanma ömürleri düşük olup, normalde dünya atmosferinde 1 ppb'den daha az konsantrasyonda olmaları beklenir. Oysa kentsel atmosferde bu derişimler 40-80 ppb ve hatta 300-1400 ppb değerlere kadar yükselmektedir.

Doğal ve yapay kaynaklardan yılda atmosfere karışan toplam NO gazının yaklaşık 650 milyon ton olduğu hesaplanmıştır. Bunun yaklaşık 110 milyon tonu yapay kaynaklı olup yanma sonucu meydana gelen yüksek sıcaklık bölgelerinde (motorlarda, santrallerde, fabrikalarda, fırınlarda, yangınlarda vs) oluşur. NO<sub>2</sub> gazının esas kaynağı NO gazıdır. NO gazının bir kısmı hava oksijeniyle yükseltgenerek NO<sub>2</sub> haline dönüşür. Ancak NO<sub>2</sub> yüksek sıcaklıklarda dayanıklı değildir ve hemen parçalanarak oksijen ve NO gazını verir.



Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalardan NO<sub>2</sub> gazının NO gazından yaklaşık 4 kat daha toksik olduğu anlaşılmıştır. NO<sub>2</sub>, burun ve boğazı tahriş eden, akciğerlerdeki alveollerde iritasyona yol açan kötü kokulu bir gazdır. NO<sub>2</sub>'nin kokusunun alınma sınırı 1-3 ppm'dir. Havadaki konsantrasyonu 10 ppm' in üzerinde çıkınca gözde ve mukozada yanmalar meydana gelir. Hayvanlar üzerinde yapılan denemelerde konsantrasyon artmasıyla lme götüren zehirlenmeler meydana geldiği ve 100 ppm' de ise çok kısa zamanda ölümlerin meydana geldiği tespit edilmiştir



**Karbon monoksit (CO)**, renksiz, kokusuz ve havanın ortalama mol ağırlığına yakın bir gaz olup, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de renksiz ve kokusuz olması dolayısıyla varlığı fark edilemeyen bir kirleticidir. Atmosferdeki yarılanma ömrü oldukça uzundur (2,5 ay). Karbon monoksit yapay ve doğal olmak üzere iki kaynaktan gelir.

Yapay CO kaynakları başlıca beş gruba ayrılır. Bunlar;

1. Nakliye (gemi, uçak, otomobil vs),
2. Binalar (ısınma, temizlik vs),
3. Endüstri (demir-çelik vs),
4. Atıkların yakılması,
5. Karışık (orman yangınları, zirai atıkların yakılması vs).

Yapay kaynaklı CO oluşumu başlıca aşağıdaki kimyasal işlemler sonucu oluşur.

- Yanmanın tam olmadığı yerlerde,
- Yanmanın çok yüksek sıcaklıklarda yapıldığı yerlerde,
- Yüksek sıcaklıklarda CO<sub>2</sub> ile C'un bir arada olduğu hallerde.

İnsan sağlığı bakımından bilinen en eski gaz zehirlenmeleri, tam yanmamış artık gazların solunması dolayısıyla karbonmonoksit ile tercihli olarak bir kompleks ( $\text{COHb}=\text{Karboksihemoglobin}$ ) yaparak dokulara oksijen iletimini engellemesi şeklide görülür. Ayrıca karboksihemoglobinin, dokulara ulaşabilen oksihemoglobin kompleksinin hücrelerde oksijeni serbest hale getirebilmesini zorlaştırdığı belirlenmiştir. Kanın  $\text{COHb}$  oluşturma hızı, oksijenle oksihemoglobin ( $\text{O}_2\text{Hb}$ ) oluşum hızından 210 kat daha fazladır. Böylece hava içinde 209.000 ppm olan oksijen varlığının en az 1/200-1/250 kadar bir karbon monoksit derişimine ulaşıldığında, karbon monoksit hemoglobini tamamen bağlar. Buda yaklaşık olarak 750-1000 ppm kadardır.

Karboksihemoglobin oluşumu tersinir bir reaksiyonudur. Yani temiz havaya çıkarılan hasta, eğer daha önce başka organda kalıcı bir etki meydana gelmemişse, zamanla kanındaki  $\text{COHb}$ 'nin kendiliğinden parçalanmasıyla sağlığına kavuşur.

İnsan sağlığı üzerinde CO'in etkileri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

CO'nun Kandaki Karboksihemoglobin Yüzdelerine Göre Belirlenen Etkileri

<b>% COHb</b>	<b>Etkiler</b>
<1	Belirli bir etki yok.
1-2	Davranışlarda bozukluk emareleri görülür.
2-5	Merkezi sinir sistemi etkilenir. Zamanı algılama, görüş parlaklığı fark etme yeteneği azalır.
5<	Kalp ve damar fonksiyonları zarar görür.
10-80	Baş ağrısı, yorgunluk ve bitkinlik hissi, koma solunum yetmezliği ve lm.

## 2. Partikül Halindeki Kirleticiler:

Ortalama gaz molekül büyüklüğü olan 0,0002 um çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde *partikül* sınıfına girer. Bu tanıma göre maddenin yoğunluğuna bağlı olarak, en iri partikülün 500 um (0,5 mm) çapta olması gerekir.

*Tozluluk* ister doğal ister yapay nedenlerden kaynaklansın, görüş mesafesini kısaltan, güneş ışınlarının absorplandığı bandı değiştiren, insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etki yapan bir kirlilik türüdür. Tozları oluşturan maddenin kendisi kimyasal bakımdan aktif olabildiği ve çeşitli şekillerde insan sağlığını etkileyebildiği gibi, üzerine adsorpladığı diğer kirletici gazların da, havada bulunan konsantrasyonlarından çok daha yoğun olarak hassas canlı dokularına ulaşmasına neden olabilir.



Bu kirleticileri menşelerine ve dane büyüklüklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

### ***I. İnce tozlar (dust):***

- a. Kömür, kül ve çimento gibi maddelerin imal edilmesi, taşınması veya kullanılması sırasında havaya karışan katı zerrecikler
- b. Mekanik atölyelerden doğrudan havaya karışan ince toz zerrecikleri
- c. Kum yıkama ve püskürtme tesislerinden işletme esnasında atmosfere karışan ince zerreciklerden ibarettir.



***II. Kimyasal dumanlar (Füme):*** Buharların süblimleştirme damıtma veya yoğunlaştırma neticesinde meydana gelen bir metal oksittir. Tipik kimyasal dumanların çapları oldukça düşük olup 0,03-0,3 mikron arasındadır.

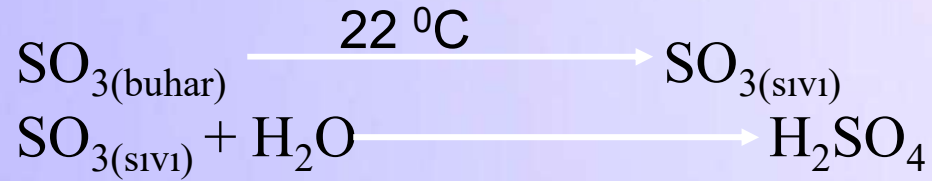
**IV. Yanma Dumanları (Smog):** Karbonlu maddelerin yakılması sırasında yanmanın tam olmaması neticesinde meydana gelir. Yanma sırasında hidrokarbonlar, organik asitler,  $SO_x$  ve  $NO_x$  meydana gelmesine rağmen, sadece yanma karbonlu maddelerin tam olarak yanmaması neticesinde ortaya çıkan katı zerrecikler “yanma dumanı” olarak isimlendirilir.



**V. Sprey:** Herhangi bir sıvı maddenin atomlarına ayrılması neticesinde meydana gelen sıvı zerrecikleridir.



**III. Kimyasal Buharlar (Mist):** Herhangi bir buharın kimyasal olarak yoğunlaşması meydana gelen sıvı zerreciklerdir. Buna en iyi örnek Sülfürik asit buharlarının ortaya çıkışıdır.

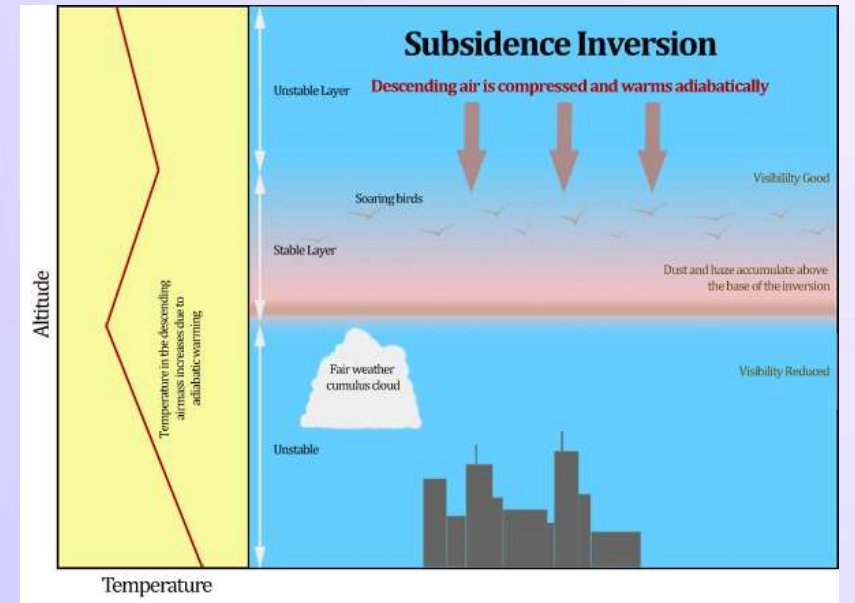
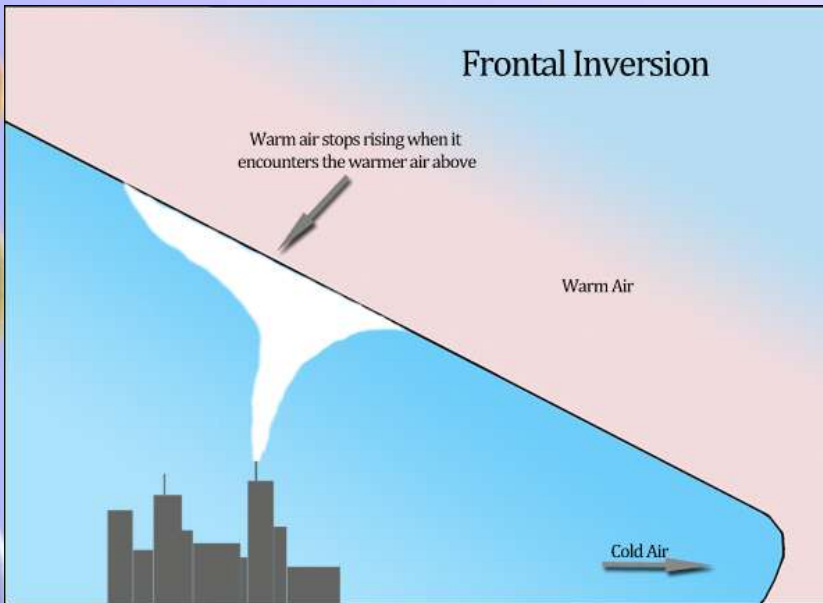
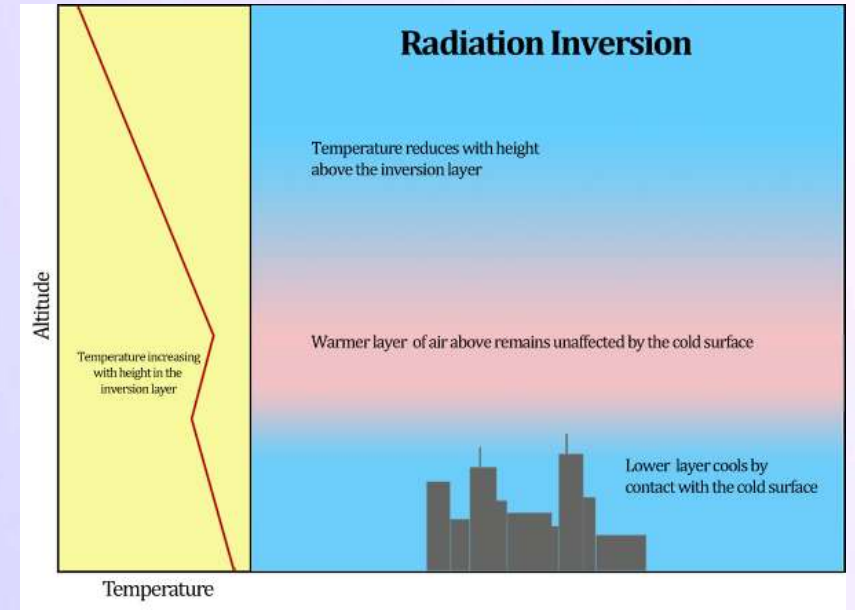
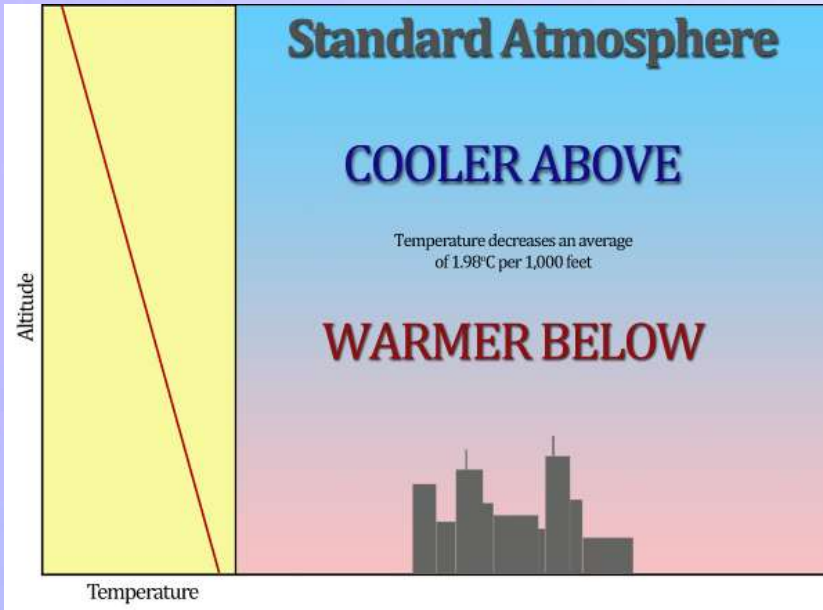


# İnversiyon Olayı

Normalde yeryüzünden yükseklerle çıkıldıkça, sıcaklık her 200 metrede  $1^{\circ}\text{C}$  azalır. Ancak bazı durumlarda yerden yükseldikçe sıcaklık azalmaz, tersine artar. İşte bu olaya **sıcaklık terslenmesi (inversiyon)** denir. Sıcaklık terslenmesi daha çok soğuk kış mevsiminde görülür. Yeryüzünün karla örtülü olduğu, durgun ve bulutsuz kış gecelerinde yerden yansıma çok olduğundan yeryüzü çok soğur. Oysa yerden yüksek olan katmanlarda, soğuma bu kadar hızlı gerçekleşmediğinden, bu katmanlar yeryüzüne oranla sıcak kalır. Bu nedenle yukarı çıkıldıkça hava soğuyacağı yerde, belirli bir yükseltiye kadar ısınır.



# İnversiyon Türleri:



İnversiyonlu sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında, şehir içi bölgelerinde ciddi hava kirlenmesi sonucu ölümcül atmosferik şartlar oluşmaktadır. Bazı şehirler dağ eteklerine veya vadide kurulmuştur. Ağaçlarla, tepelerle veya dağlarla çevrili şehirlerde hava hareketi çok yavaştır. Bu tür şehirlerde yüksek binaların bulunması da hava sirkülasyonunu ayrıca önemli ölçüde engellemektedir. Yüksek basınç şartlarının hüküm sürdüğü açık hava ve düşük rüzgarlı günlerde, bu tür şehirlerde rüzgar hızı durma noktasına gelmektedir. Özellikle ısınma amaçlı olarak kalitesiz katı ve sıvı yakıt kullanılan şehirlerde bacadan atılan kirleticiler havadan daha ağır olduklarından yere doğru çökme eğilimindedirler. Meteorolojik şartların katkılarıyla yere doğru çökelen ve biriken kirleticiler ölümcül etkilere sahiptirler.

1930'da Belçika'nın oldukça büyük endüstri havzası olan Mense vadisinde duman ortalığı alt üst etmiştir. Bunun sonucunda 63 kişi ölmüş ve binlerce kişi hastalanmıştır.

1948 yılında hava kirlenmesinden Londra'da 700-800 kişinin öldüğü kayıtlara geçmiştir.

1952 yılında İngiltere'de inversiyonlu günlerde kükürt dioksit ve dumanın insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etki şekilde verilmiştir.

# Kirletici Kaynaklar

Hava kirleticilerin pek çoğu tabii olaylar neticesinde atmosfere verilmektedir.

Tabii olarak meydana gelen partiküller: çiçek tozu zerrelere, mantar sporları, orman yangını dumanları ve volkanik olaylarla ortaya çıkan ince tozlardan ibarettir.

İnsan faaliyetleri neticesi sonucunda ortaya çıkan kirleticiler, yakma tesislerinden, ulaşım vasıtalarından ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanır.

Yakma tesislerinden ortaya çıkan kirletici emisyonlar, partikül halindeki kirleticiler olup uçucu küller, yanma dumanları, kükürt, azot, organik asitler, aldehitler, amonyak ve karbon monoksitten ibarettir.



## *Hava kirliliği kaynakları özelliklerine göre farklı sınıflara ayrılır.*

*İnsan faaliyetleri esas alınarak yapılan sınıflandırma:*

- Doğal Kaynak
- Yapay (antropojenik) Kaynak

*Kaynak hareketine göre:*

- Hareketli (mobil) Kaynak
- Durağan (stasyonar) Kaynak

*Kaynak yapısına göre:*

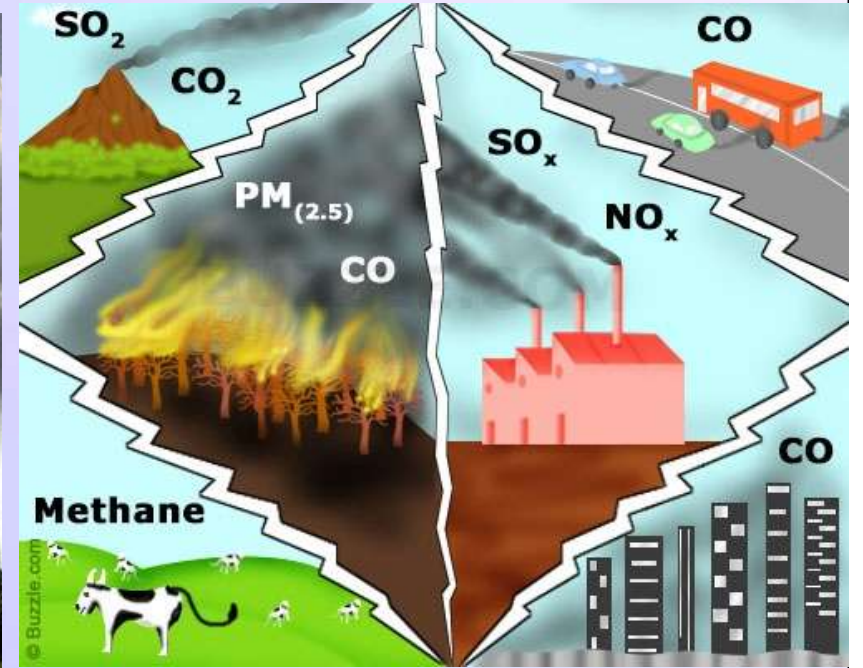
- Nokta Kaynak
- Çizgisel Kaynak
- Alan Kaynak

*Kaynak türlerine göre:*

- Yakıt Yakılması
- Endüstriyel
- Ulaşım
- Diğer (Katı atık yakılması, orman yangınları, inşaat vb.)

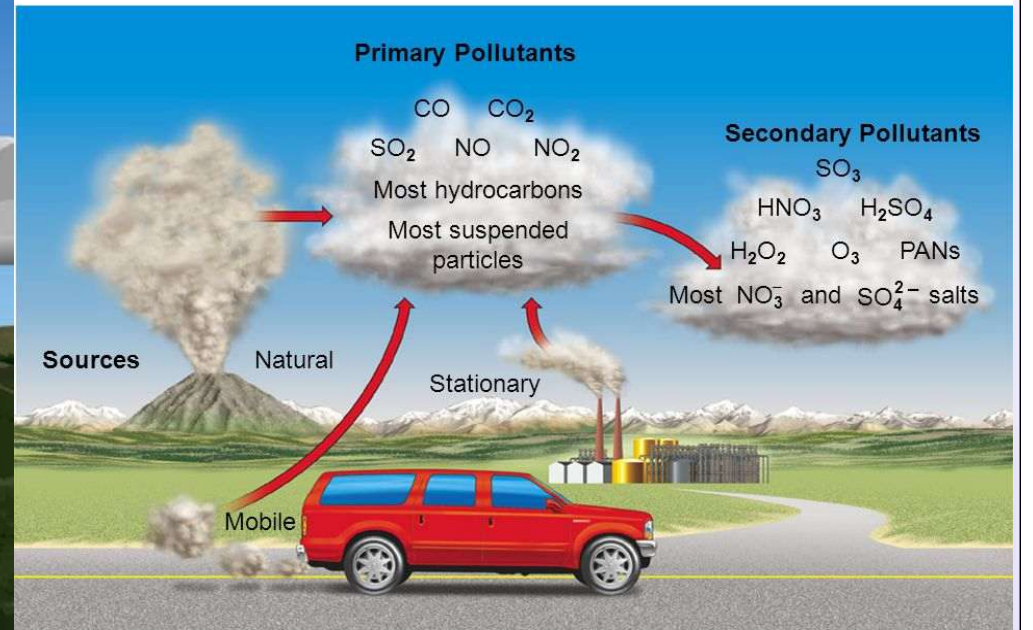
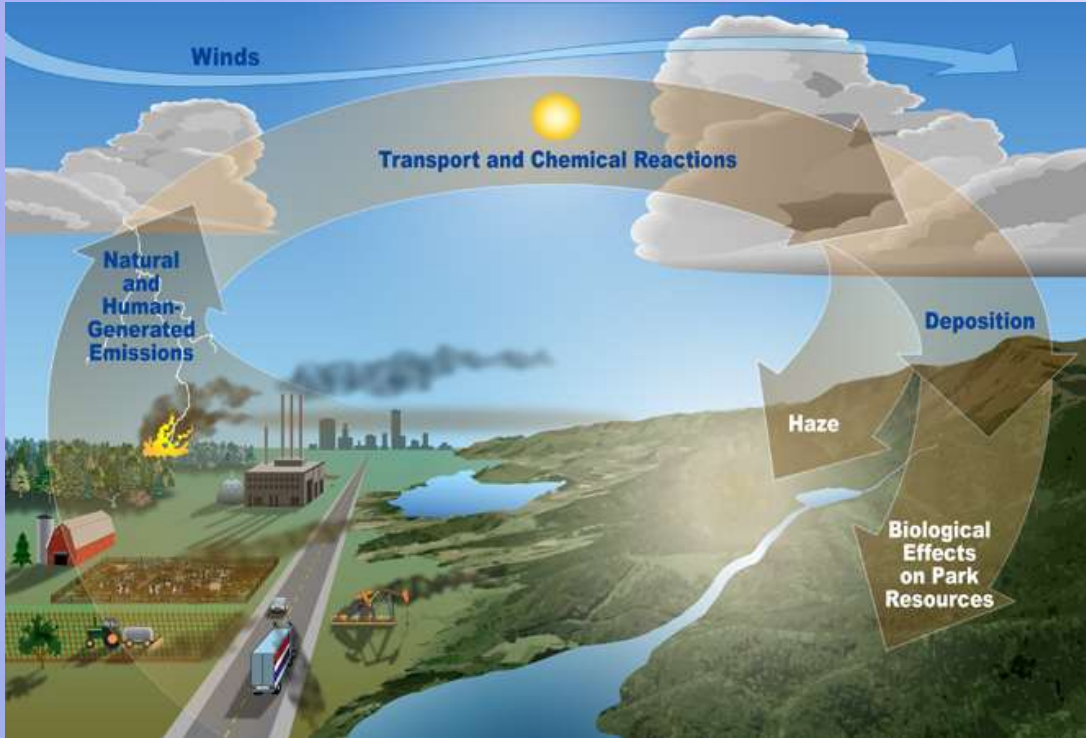
Ulaşım vasıtalarının sebep olduğu en önemli kirleticiler egzoz gazlarıdır. Otomobillerin sebep olduğu partikül halindeki kirleticiler duman (*smog*) ve kurşun zerrecilerinden ibarettir. Duman motordaki eksik yanmadan meydana gelmekte, kurşun ise benzine darbe önleyici olarak ilave edilen “*kurşun tetraetil*”den dolayı ortaya çıkmaktadır.

Sanayi tesislerinden atmosfere verilen emisyonlar çeşitli fabrikalara göre değişir. Her tip sanayi için sebep olduğu kirletici ayrı ayrı etüt edilmelidir.



# İkincil Kirleticiler

Hava kirleticilerin sınıflandırılmasında diğer bir yöntemde kirleticileri birincil ve ikincil tip olarak ayırmaktır. Birincil tip kirleticiler, atmosfere herhangi bir kaynaktan verilen kirleticilerdir, ikincil tip kirleticiler ise birincil tipteki kirleticilerin tersine atmosferden teşekkül edilen kirleticilerdir. Otomobil egzozlarından bırakılan bileşikler özellikle ikincil kirleticilerin oluşturulmasında büyük öneme sahiptir.



© 2005 Brooks/Cole - Thomson

## Primary vs. Secondary

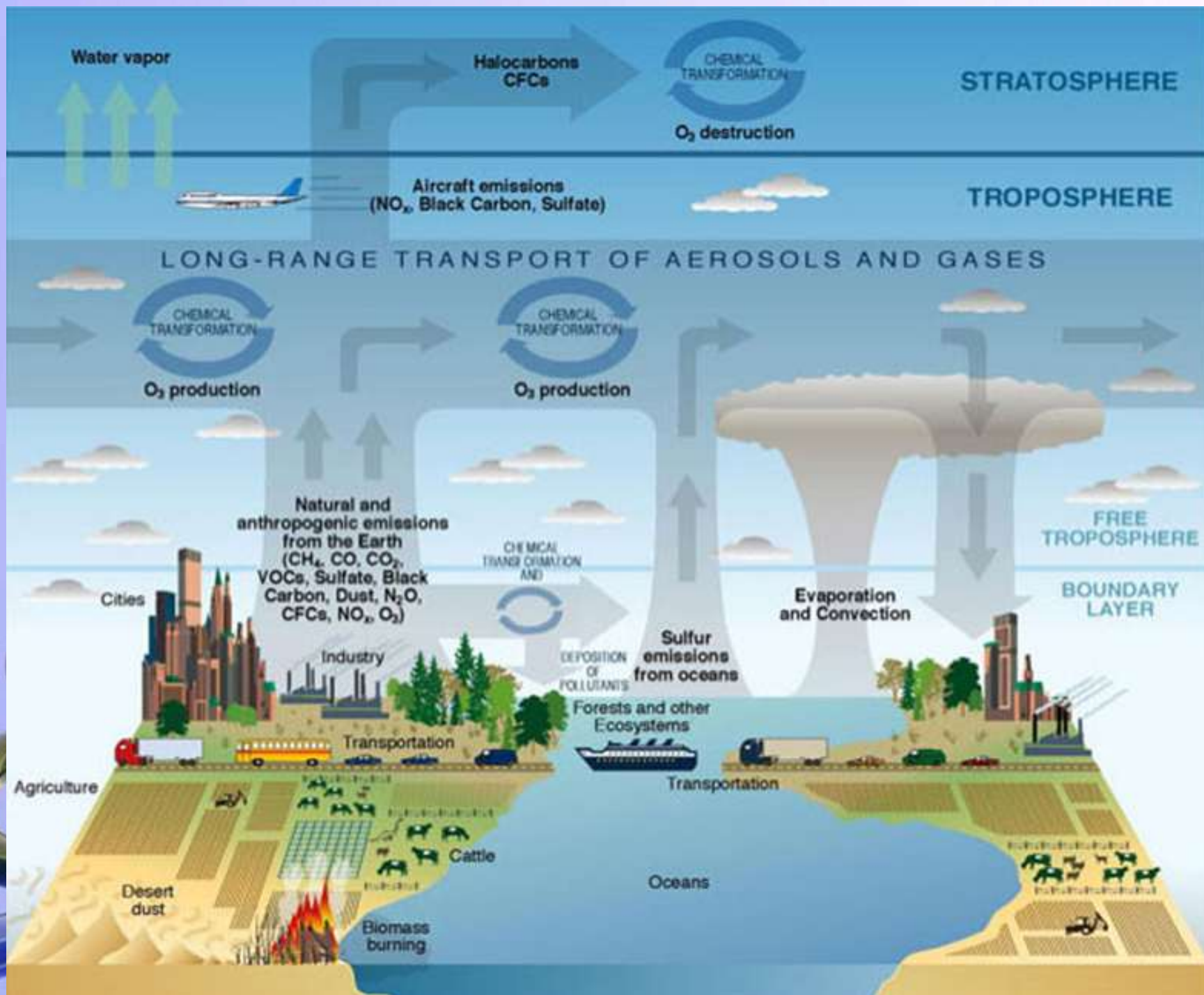
# Meteoroloji ve Hava Kirlenmesi

Dünyayı saran atmosfer tabakasının kalınlığı 150 km olmasına karşın gerçek hava kütesinin % 95'i sadece 20 km'lik bir kısımda bulunur. Bu tabakaya *troposfer* adı verilir. Hava kirlenmesi ile ilgili problemler bu tabakada cereyan eder.

Meteorolojik olayların hava kirlenmesi üzerinde tesiri vardır. Herhangi bir hava kirlenmesi problemi üç elemandan meydana gelir.

1. Kirletici kaynağı
2. Kirleticinin hareketi ve taşınması
3. Kirleticiye maruz kalan unsurlar





**Kirleticilerin atmosferde taşınımı.**

## Hava Kirliliğine Neden Olan Fiziksel Etkenler

Hava kirliliğinin izleme ve kontrolünü yönetebilmek için hava kirliliğine neden olan fiziksel etkenler ve bunların arasındaki ilişkiler ve kullanıcıların görev ve amacı bilinmelidir.

Kentsel hava kirlenmesi olaylarında aşağıdaki belli başlı etkenler görülebilir;

- 1) Bölgenin topografyası arazi karakteristiği
- 2) Rüzgâr, yağış, sıcaklık, nem, enverziyon ile kirliliğin taşınması ve difüzyonuna etkisi
- 3) Şehrin büyümesi, nüfus karakteristikleri, şehir ve nüfusun büyüme hızı, arazi kullanımı, trafik yoğunluğu vb. hava kirliliği ile ilişkili değişiklikler ve olaylar.
- 4) Hava kirliliğinin kaynakları (örneğin; yerleşimi ve tipi) ve emisyonları.
- 5) Ölçülen ve tahmin edilen konsantrasyonlar, hava kalitesi değişimleri gibi hava kalitesi ile ilgili bilgiler.

Kentsel hava kirliliğini yaratan ögeler birincil ve ikincil elementler olarak sınıflandırılabilir. Birincil etkenler hava kirleticilerini üreten ve taşıyan hava kalitesine doğrudan etki eden; kaynak emisyonları (örneğin SO<sub>2</sub> ve toz) ve atmosferik şartlardır. Birincil etkenleri etkileyen diğer ögeler ise dolaylı veya ikincil etkenler olarak düşünülebilir. Topografya, bir bölgede oluşan kentsel gelişimler ve aktiviteler ikincil etkenlere örnek verilebilir. Hava kirliliği açısından ikincil öge olan topografya kent hava kirleticilerine neden olan fiziksel etkenleri etkiler, bu da onu dolaylı etken yapar.

Bir bölge üzerindeki üç boyutlu akış topografya tarafından etkilenir. Rüzgârın hız ve yönü arazideki doğal engeller (dağlar, tepeler vs.) tarafından etkilenir. Göller, su havzaları gibi yüzeysel su alanları, ormanlar ve insanların yaptıkları bina vb. yapılar da bir bölge üzerindeki üç boyutlu rüzgâr alanı davranışını belirleyen faktörlerdir. Sıcaklık, yağış ve nem dağılımı da topografyadan etkilenir. Kentsel planlama yönünden en önemli değişiklikler, büyük bina ve bina grupları nedeniyle oluşan küçük ölçekli iklim değişiklikleridir. Büyük binalar rüzgârın akışına engel olurlar ve bunun da bölgenin sıcaklığı üzerinde direkt etkisi vardır.

## Hava Kirliliğinin Ekolojik Etkileri

Hava kirliliği geri dönüşümü çok zor hatta bazı durumlarda imkansız olan bir kirliliktir. Diğer kirlilik türlerinden ayrılan ve farklı olan noktası budur. Engellenmesi ancak ve ancak öncül tedbirler almakla mümkündür. Doğada ve ekolojide kalıcı ve derin izler bırakmaktadır.

## Küresel Isınmaya Etkisi

Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaştırma, tarım ve arazi kullanımını değişiklikleri gibi insan etkinlikleri, küresel olarak sera gazlarının ve bazı bölgelerde de sülfat aerosollerinin atmosferdeki birikimlerini arttırmaktadır. Bu artış sanayi devriminden beri sürmektedir. Sera gazlarının birikimlerindeki artış atmosferi ısıtma eğilimi gösterirken, aerosollerdeki artış soğutma eğilimindedir. İklimsel değişebilirlik araştırmaları ve iklim senaryoları/modelleri, sera gazlarındaki ve aerosollerdeki bu değişikliklerin, sıcaklık, yağış, toprak nemi ve deniz seviyesi gibi iklimsel ve iklim ile ilgili elemanlardaki küresel ve bölgesel değişiklikleri yönlendirdiklerini göstermektedir. Sera gazlarının ve aerosollerin etkilerini birlikte dikkate alan en duyarlı iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 2100 yılına kadar 1-3,5 °C arasında bir artış ve buna bağlı olarak deniz seviyesinde de 15-95 cm arasında bir yükselme olacağını öngörmektedir. İçerdiği tüm belirsizliklere karşın, küresel ısınmanın sürmesi durumunda, bazı bölgeler için ekstrem yüksek sıcaklıklar, taşkınlar, yaygın ve şiddetli kuraklık olayları, onların doğal bir sonucu olan çalılık ve orman yangınları ile insan sağlığını ve ekosistemlerin işlevselliğini de içeren bazı ciddi potansiyel değişikliklerin olacağı oldukça yüksek bir güvenilirlik düzeyinde öngörülmektedir.

## Atmosferdeki Ozon Tabakasına Etkisi

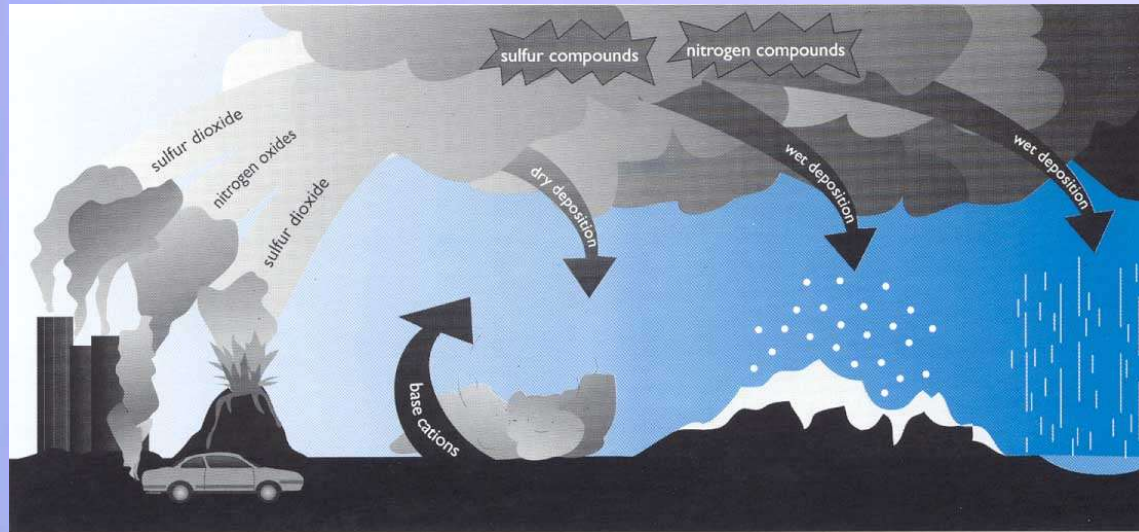
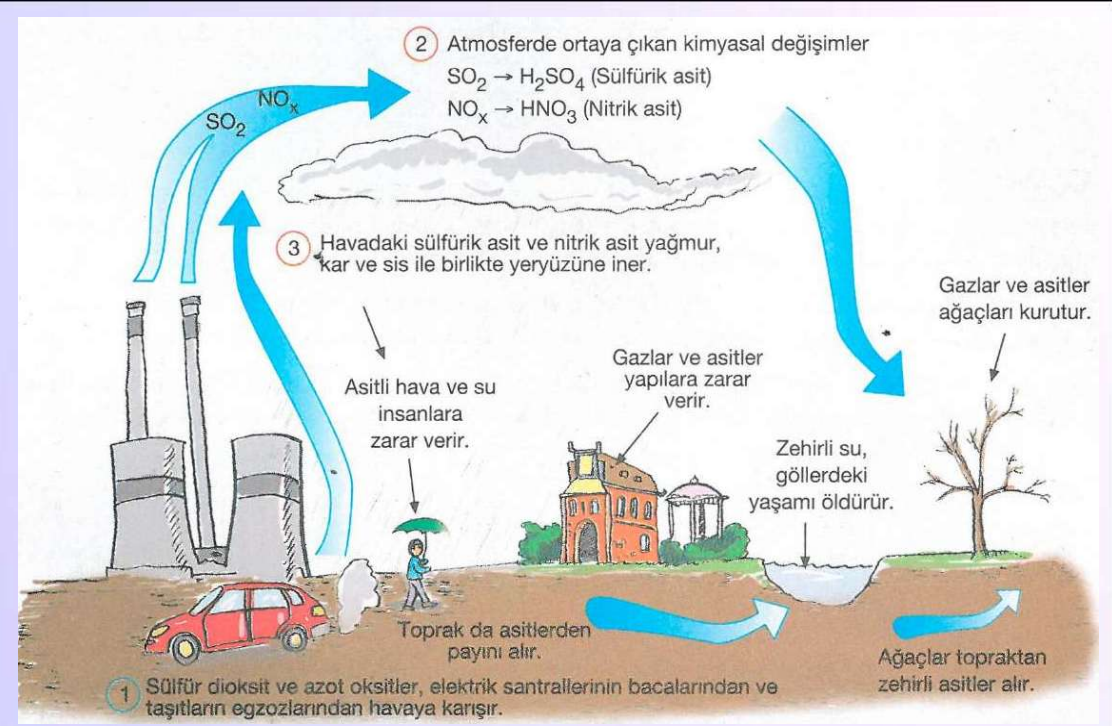
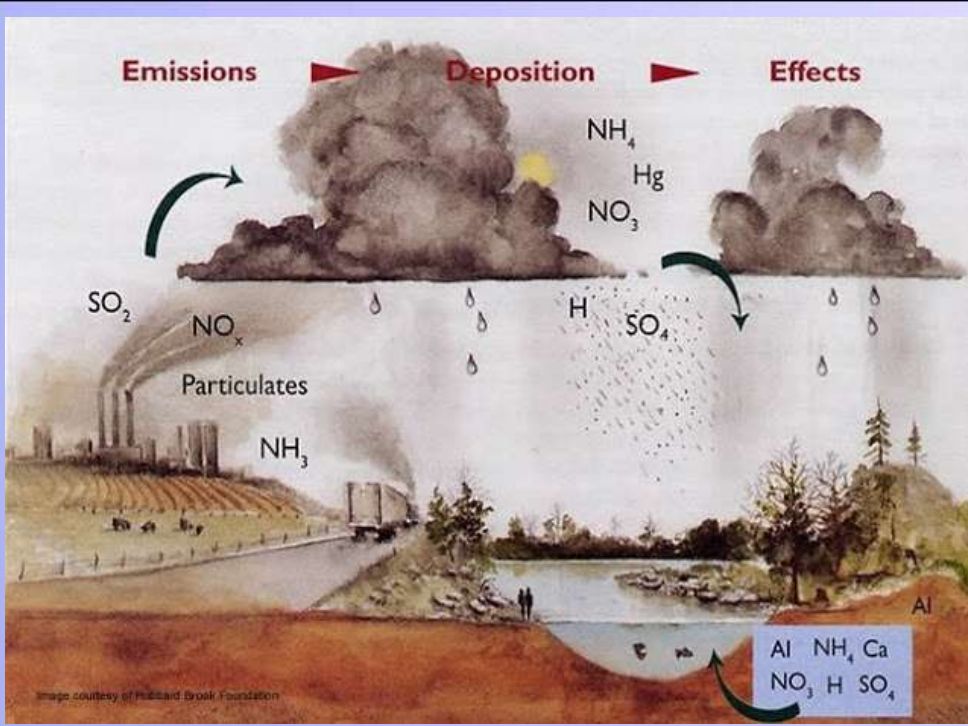
Atmosferdeki ozonun yaklaşık %90'ı yeryüzünden itibaren başlayan 10 ile 40 km. arası yükseklikteki stratosfer tabakasında bulunur. Bu bölgedeki ozonun özelliği tüm canlı varlıkları, doğal kaynakları ve tarımsal ürünleri olumsuz yönde etkileyen morötesi radyasyonu yani ultraviyole ışınlarını absorbe etmesidir. Bu ışın tutma işlemi oksijenin ozona ve ozonun parçalanarak tekrar oksijen dönüşmesi sırasında ultraviyole ışınlarını kullanması sonucunda meydana gelmektedir. Dışardan herhangi bir kimyasal madde ilavesi olmadığı takdirde ozon oluşumu ve parçalanması devamlı bir şekilde sürmekte ve sonuçta zararlı ultraviyole ışınları bu tabaka tarafından tutulmuş olmaktadır.

Ozon yoğunluğunun ultraviyole ışınlarını tutma görevi yapamayacak kadar azalması ozon tabakasının delinmesi olarak adlandırılmaktadır. Bu durum gerçekte ozon tabakasındaki bir delik olmayıp ozon tabakasındaki incelme olayıdır. Çeşitli insani faaliyetler nedeni ile başta floroklorokarbonların (CFC) kullanımı olmak üzere halonların, brom ve klor türevlerinin ve kombine hidrojene edilmiş maddelerin etkileri ile ozon tabakası zarar görmüştür.

## Asit Yağmurları Oluşumuna Etkisi

Çeşitli endüstriyel faaliyetler, konutlarda ısınma amaçlı olarak kullanılan fosil yakıtlar, motorlu taşıtlardan çıkan egsoz gazları ve fosil yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller, bu faaliyetleri sonucu havayı kirletmekte ve kükürtdioksit, azotoksit, partikül madde ve hidrokarbonlar yaymaktadır. 2 ile 7 gün arasında havada asılı kalabilen bu kirleticiler zaman zaman çok uzaklara taşınabilmekte atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfüroz asit (HSO), sülfirikasit ( $H_2SO_4$ ) ve nitrik asit (HNO) oluşumuna sebebiyet vermektedirler. Bunların geri dönüşleri kuru ve yaş asit depolanması şeklinde olur. Yaş depolanmada atmosferde oluşan bütün ürünler, yağmur ve kar içinde çözünmüş halde taşınırlar.





## Asit yağmurlarının oluşumu ve etkileri.

Kuru depolamada ise atmosferdeki partiküllerin ve gazların yeryüzüne taşınması esnasında yağmur ve kar bulunmaz, sis içindeki aerosol şeklinde bulunurlar. Hiçbir yabancı maddeyle kirletilmemiş bir atmosferde bile yağmur suyu hafif asit karakterdedir ve pH derecesi 5.6'dır. Çeşitli yanma olayları sonucu havaya karışan  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $NO_x$  gibi gazlar yağışla birleşip asit meydana getirebilmekte, bunların yeryüzüne yağması ile asit yağmurları oluşmaktadır.

Asit yağmurları göl ve akarsularda asit dengesini bozarak, önce hassas canlılar olmak üzere tüm canlıları etkilemekte, hatta bazı türlerin toplu ölümüne yol açmaktadır.

Tarihsel kalıntıların, çelik köprülerin, demiryollarının aşınmasına ve tahribatına neden olmaktadır.

En büyük etki ormanlar üzerinde görülmektedir. Asidik yağışlar ağaçların en önemli organı olan yapraklardaki büyüme ve gelişmeyi engellemektedir.

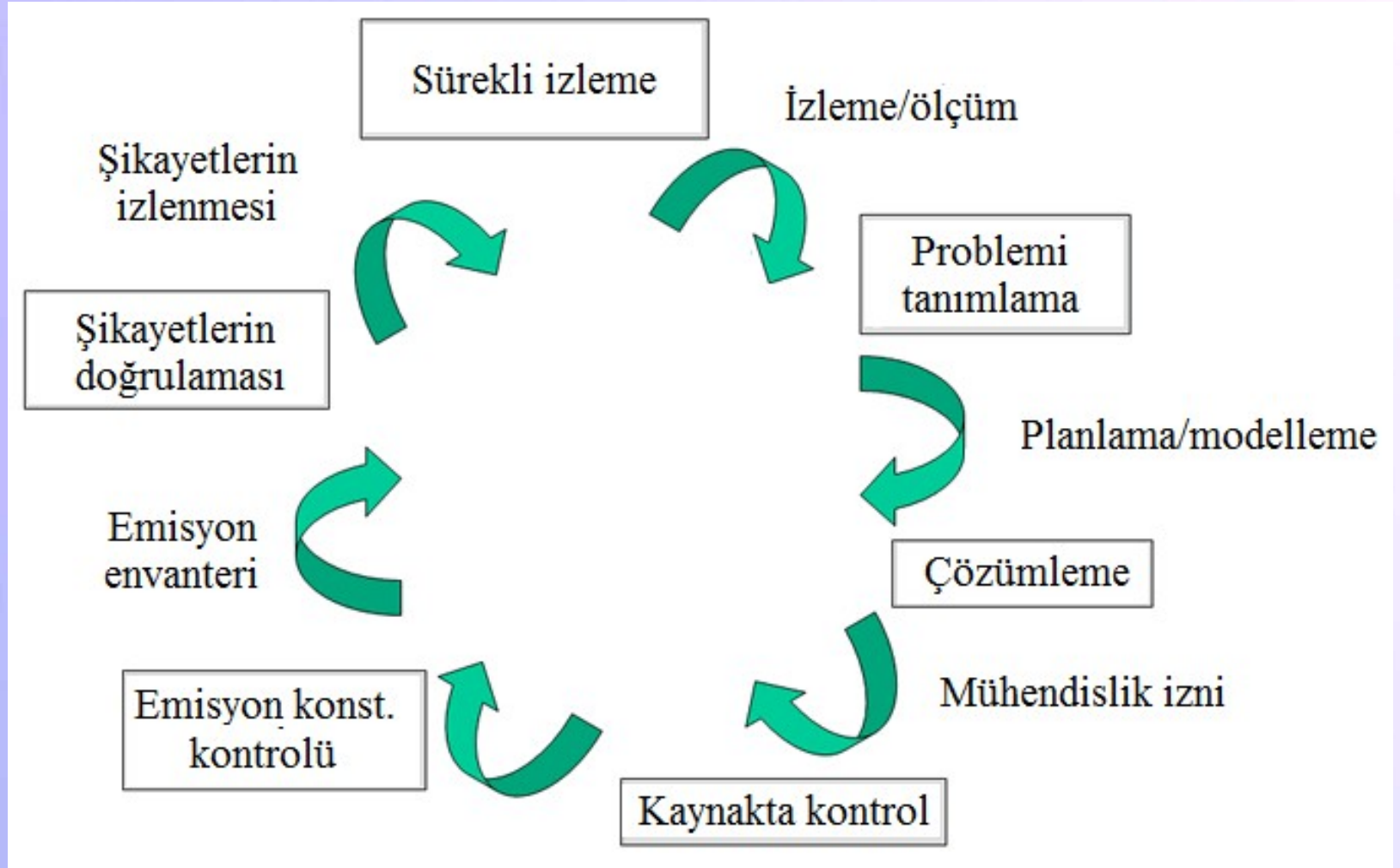
Yeryüzüne inen asit yağmurları suya ve toprağa geçerek onların fizikokimyasal yapısını değiştirmekte, neticede toprak ve suyla ilişkide olan canlılar etkilenmektedir.

# İklim Değişikliğine Etkisi

Enerji üretimi, taşınımı, dönüşümü ve kullanımı esnasında ciddi çevre sorunları meydana gelmektedir. Bu çevre sorunları lokal ölçekte olduğu gibi küresel ölçekte de olmaktadır. Özellikle fosil yakıtları yanması sonucu atmosfere bırakılan CO<sub>2</sub> emisyonu atmosferde birikerek atmosferin kimyasal özelliklerini etkilemekte, uzun vadede sera etkisine, küresel ölçekte ise iklim değişikliğine sebep olmaktadır.

Troposferdeki insan kaynaklı aerosoller ve özellikle fosil yakıtların yanması sonucu oluşan kükürtdioksit kaynaklı sülfat aerosolleri, güneş ışınımını yeryüzüne ulaşmadan tutar ve uzaya yansıtır. Aerosol birikimlerindeki değişiklikler, bulut miktarını ve bulutun yansıtma özelliğini değiştirebilir. Genel olarak troposferdeki aerosollerde gözlenen artışlar, iklimi soğutma eğilimindeki bir negatif ışınımsal zorlama oluştururlar. Sera gazlarını yaşam süreleri on yıllardan yüzyıllara değişmekte, buna karşılık aerosollerin yaşam süreleri birkaç gün ile birkaç hafta arasında kalmaktadır. Bu yüzden onların atmosferdeki birikimleri, salımlardaki değişikliklere çok daha hızlı yanıt verebilmektedir. Öte yandan volkanik etkinlikler sonucunda salınan aerosoller de, yeryüzünün ve troposferin soğumasına neden olmaktadır.

# Hava Kirlenmesi Kontrolü



Hava kirliliği kontrol stratejisi

# 1. Kaynakların Düzeltilmesi

Çoğu zaman hava kirlenmesi probleminin en kolay çözümlerinden biri, kirlenmeye sebep olan olayların durdurulmasıdır. Olayların devamında zaruret olması halinde yapılacak iş, kullanılan teknik ve metotların değiştirilerek emisyonların kontrol altına alınmasını sağlamak olmalıdır.

Kirleticilerin kaynakta kontrol ve düzeltilmesinde;

1. Proses girişlerinin kirleticiyi elimine edecek şekilde seçilmesi,
2. Proses girişlerinden kirleticilerin uzaklaştırılması,
3. Proseslerin kirleticileri minimum yapacak şekilde işletilmesi,
4. Proseslerin kirletici üretmeyen proseslerle değiştirilmesi usullerinden birisi seçilebilir.

## 2. Kirleticilerin Toplanması

Hava kalitesi kontrolünün en zor kademesi kirleticilerin toplanmasıdır. Bunun en tipik örneğini motorlu araçların eksozlarından çıkan kirleticilerdir. Bugün için eksoz gazlarını toplanmasına yarayan bir cihaz geliştirilememiştir.

Hava kirlenmesi problemi ile uğraşanların karşılaştığı en önemli zorluk, sanayi kuruluşlarının toplu olarak belirli bir noktadan atmosfere vermemeleri halinde ortaya çıkar. Çoğu zaman bazı kontrol cihazlarının sisteme konulmasından önce, sistemdeki kirletici akımının kontrol altına almak gerekir.



# 3. Soğutma

Kirletici emisyonlar meydana geldikleri kaynaklardan atmosfere verilmesi sırasında kontrol cihazlarına verilemeyecek kadar yüksek sıcaklıktadır. Bunun için emisyonların cihazlara verilmeden önce soğutulması gerekir.

Emisyonların soğutulması:

- 1.Emisyonların seyreltilmesi,
- 2.Emisyonların su ile soğutulması,
- 3.Emisyonların helezon şeklindeki borulardan geçirilerek soğutulması metotlarından biri ile yapılır.



## 4. Temizleme

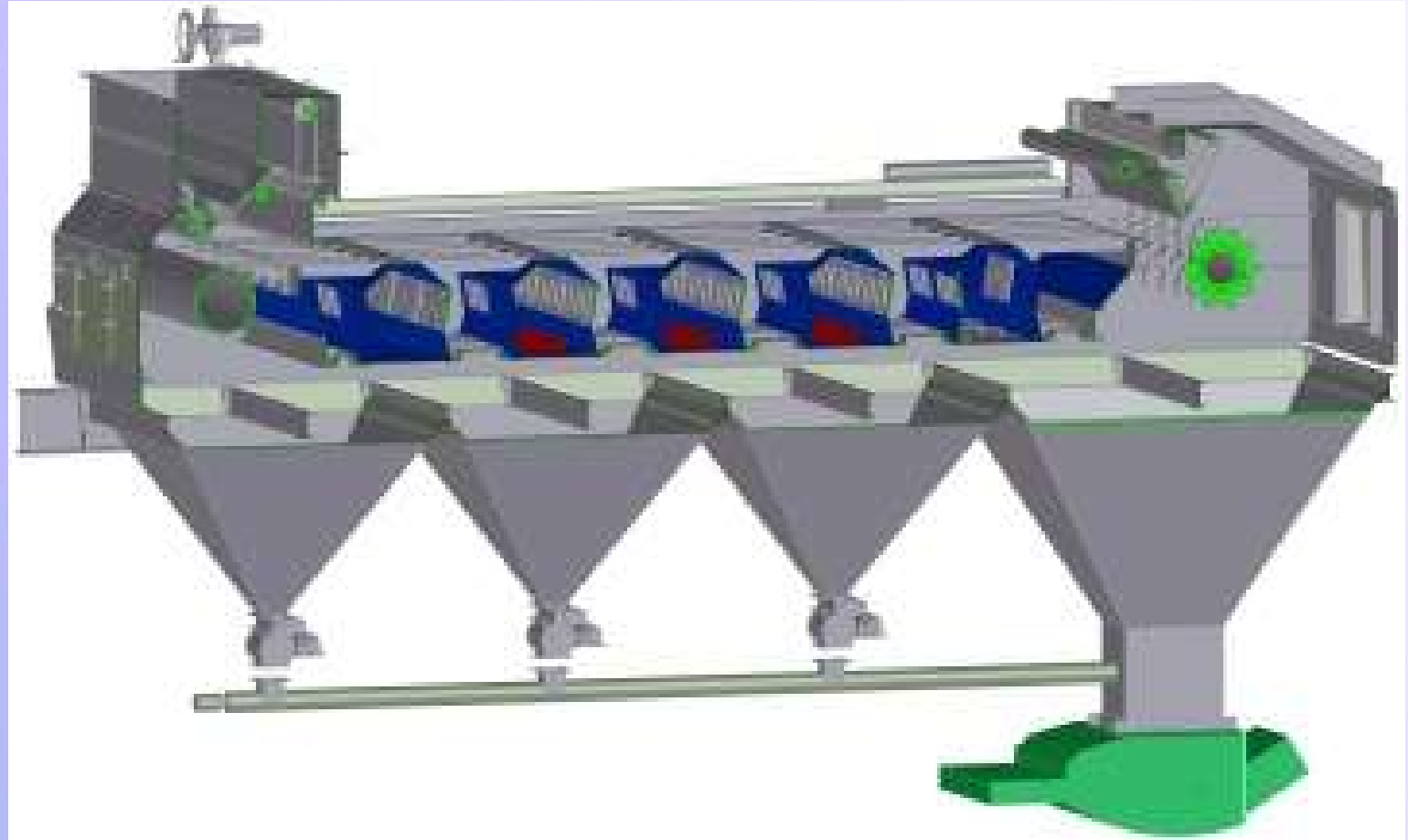
Uygun temizleme cihazının seçimi, kirletici karakterine ve kontrol cihazının özelliklerine göre yapılır. Hava kirleticilerin büyüklükleri çok değişken olduğu için dane büyüklüğüne uygun cihaz seçilmelidir. Ayrıca emisyonların ihtiva ettiği kimyasal maddenin cinsleri, muayyen tipteki cihazların kullanılmasını gerektirebilir. Mesela yüksek konsantrasyondaki  $SO_3$ 'ün temizlenmesi su spreyleri ile yapılmalıdır. Ancak temizleme sonunda ortaya çıkan  $H_2SO_4$  için çok dikkatli olmak gerekir. Sıklıkla kullanılan temizleme üniteleri şunlardır:



# Arıtım Teknolojileri

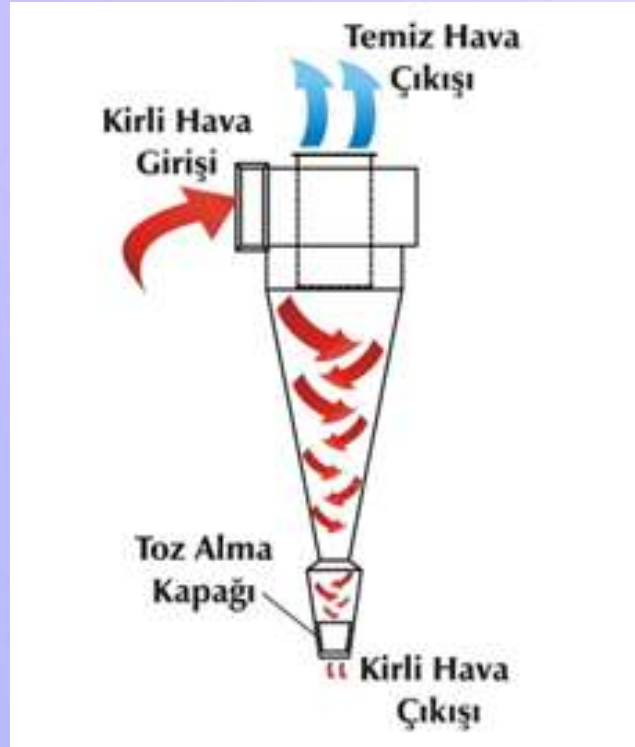
## 1. Çökeltme Odaları

Su tasfiyesindeki çöktürme havuzlarına benzer tarzda geliştirilip emisyonları çıktığı bacalara yerleştirilir. Bu cihazlar çok iri parçaları tutabilmektedir.

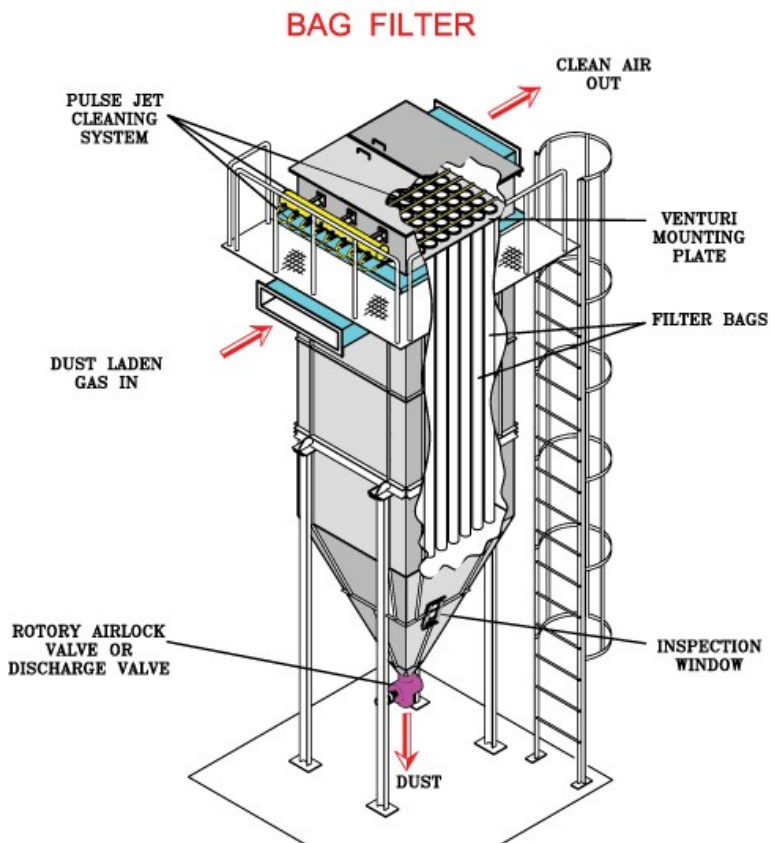


## 2. Siklonlar

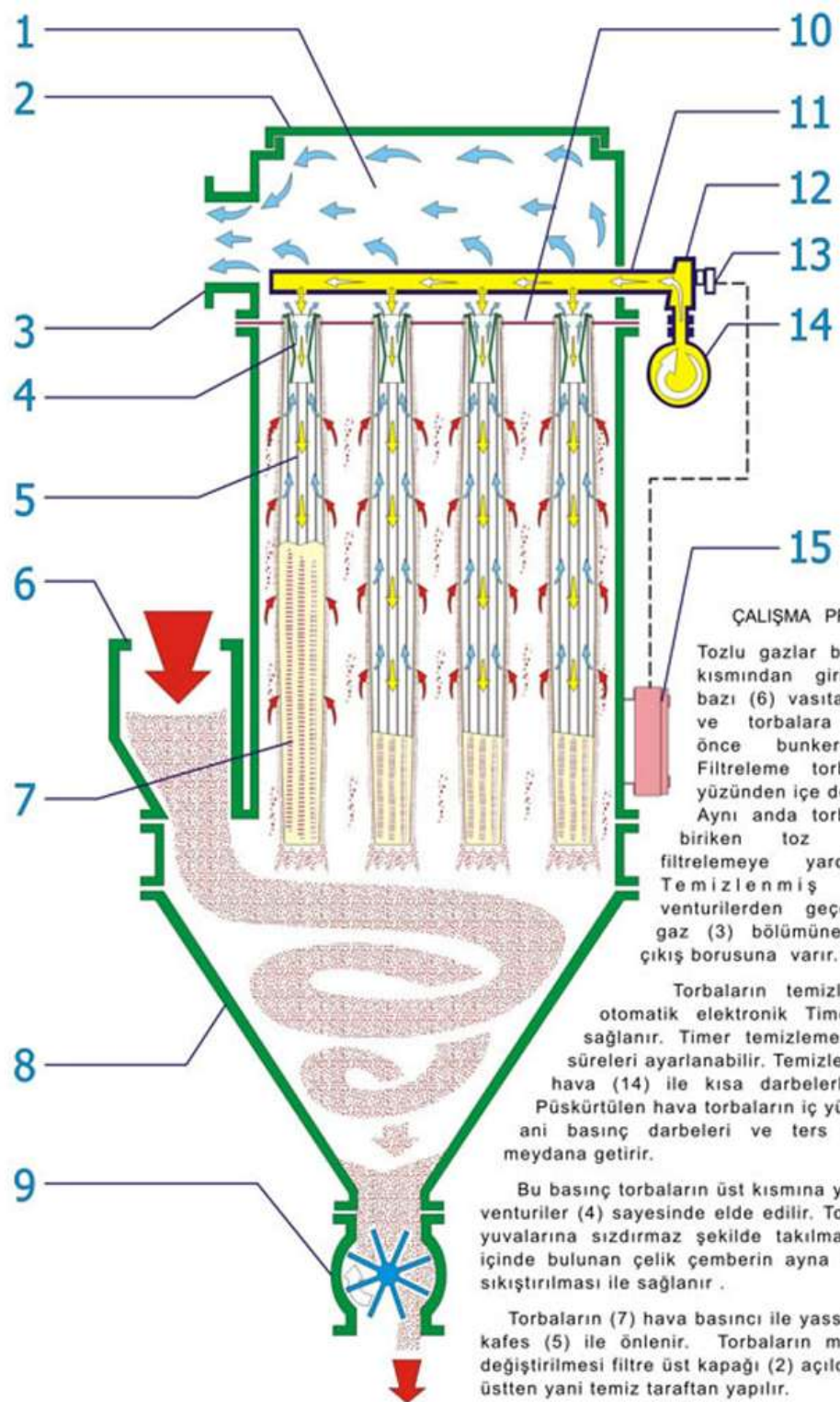
Siklon ve multi-siklonlar, toz içerikli gazların temizlenmesi amacıyla belli koşullarda sıkça kullanılan toz tutucular olup, ağırlıklı olarak partikül çapı büyük olan tozların tutulmasında kullanılmaktadır. Düşük işletme gideri yüksek toz tutma verimine sahip sistemlerdir. Toz yoğunluğunun fazla ve partikül boyutunun büyük olduğu yerlerde diğer toz arıtma sistemlerinin yükünün hafifletilmesi için ön arıtma üniteleri olarak da kullanılmaktadır.



### 3. Torba Filtreler



Ağırlıklı olarak Jet-Pulse olarak üretim hattımızda bulunan torbalı filtreler, partikül boyutları daha küçük olan tozların tutulmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Jet-Pulse Torbalı Filtreler, tozdan arındırma problemlerine getirdiği çözümlerle günümüzde en çok tercih edilen filtre türleri arasında ilk sırayı almaktadır. Jet-Pulse Filtrelerde prensip, tozlu gazın keçe esaslı torbanın dışından içine geçirilerek tozundan arındırılması ve bu esnada torbanın dış yüzeyinde biriken tozların basınçlı hava ile gövde altındaki bunkere düşürülerek toplanmasıdır. Bunkerde toplanan tozlar, toz deşarj elemanları vasıtasıyla filtre dışına alınır. Kullanılabilir tozlar nakil elemanları vasıtasıyla sisteme taşınarak tekrar üretime dahil edilirler. Basınçlı hava bulunmayan yerlerde tozsuzlaştırma sağlamak üzere tesis edilen torbalı filtrelerde tutulan tozun silkelmesi mekanik olarak gerçekleştirilmektedir.



**ÇALIŞMA PRENSİBİ**

Tozlu gazlar bunkerin üst kısmından giriş davlumbazı (6) vasıtası ile girer ve torbalara gelmeden önce bunkere dağılır. Filtreleme torbaların dış yüzünden içe doğru yapılır. Aynı anda torba yüzünde biriken toz tabakasıda filtrelemeye yardım eder. Temizlenmiş gazlar venturilerden geçerek temiz gaz (3) bölümüne geçer ve çıkış borusuna varır.

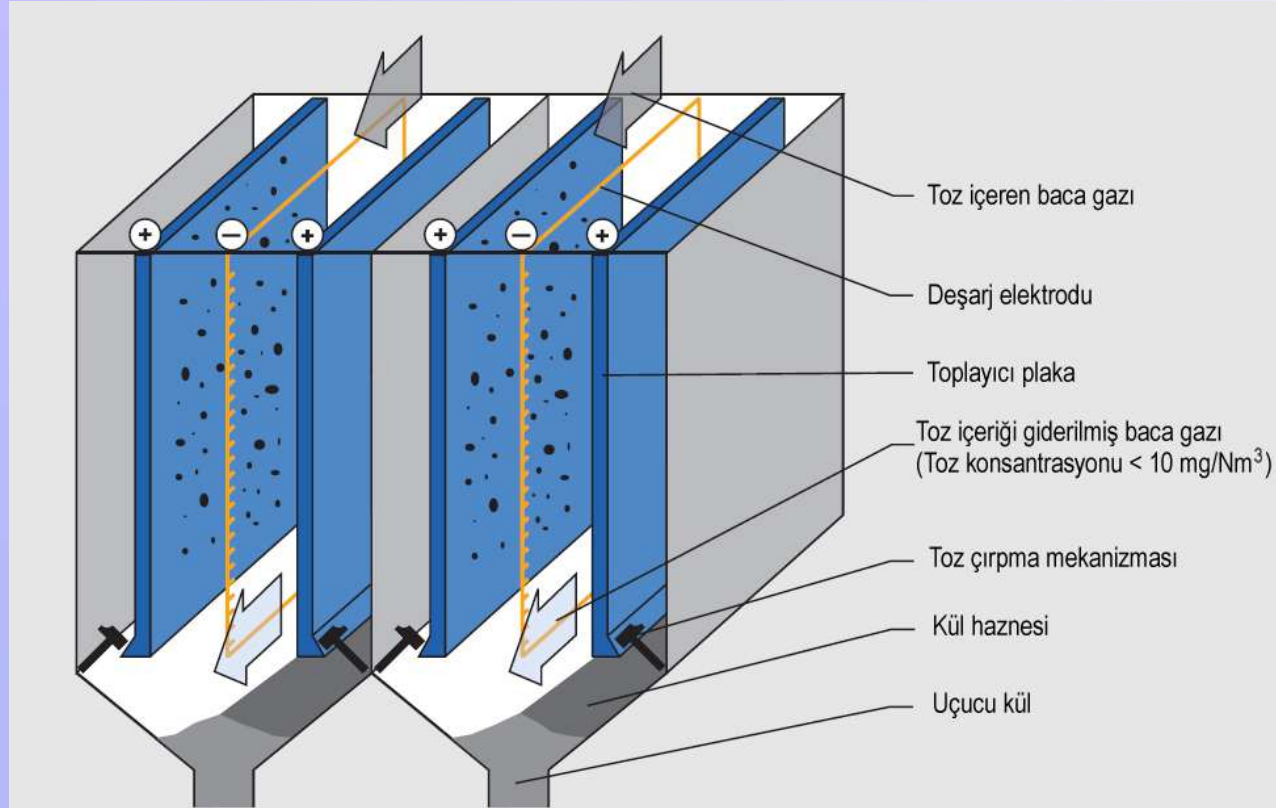
Torbaların temizlenmesi bir otomatik elektronik Timer ile (15) sağlanır. Timer temizleme araları ve süreleri ayarlanabilir. Temizleme basınçlı hava (14) ile kısa darbelerle sağlanır. Püskürtülen hava torbaların iç yüzeyine kısa ani basınç darbeleri ve ters akış tesiri meydana getirir.

Bu basınç torbaların üst kısmına yerleştirilmiş venturiler (4) sayesinde elde edilir. Torbaların (7) yuvalarına sızdırmaz şekilde takılması torbanın içinde bulunan çelik çemberin ayna sacına (10) sıkıştırılması ile sağlanır .

Torbaların (7) hava basıncı ile yassılaştırılması bir kafes (5) ile önlenir. Torbaların montajı veya değiştirilmesi filtre üst kapağı (2) açıldıktan sonra üstten yani temiz taraftan yapılır.

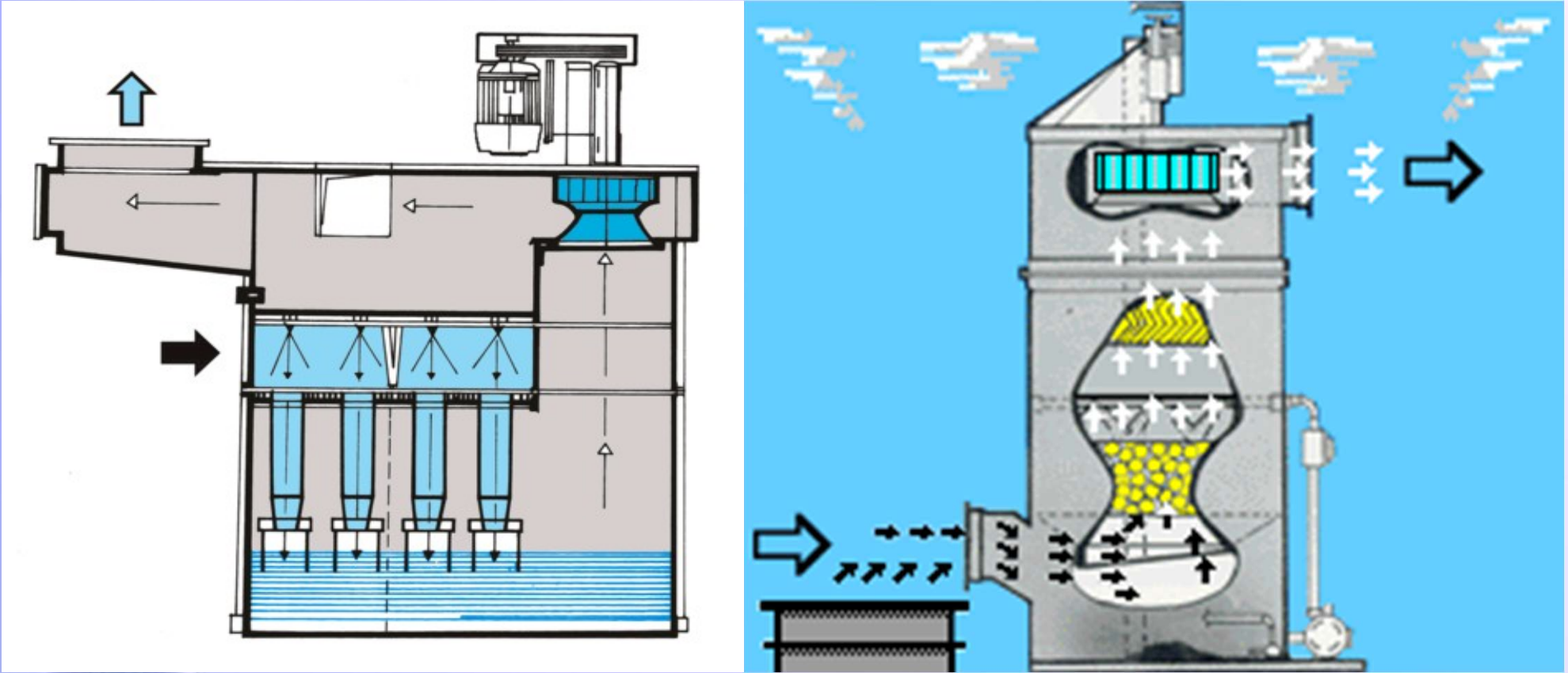
## 4. Elektrostatik Filtre

Elektrostatik filtreler, yakıtın yanması sonucu oluşan baca gazının içerdiği uçucu küllerin atmosfere atılarak çevre kirliliğine neden olmasını önlemek için kullanılırlar. Elektrostatik filtreler, askıda katı madde içeren gazların, oluşturulan elektrik alanı içerisinde geçirilerek, yükleme elektrotları ile elektriksel olarak negatif yüklenmesi ve negatif yüklenmiş maddelerin pozitif toplama elektrotlarında toplanarak gazdan ayrılması ilkesi ile çalışmaktadır. Toplama elektrotları üzerinde toplanan kül, elektrotların belirli aralıklarla silkenmesi sonucu elektro filtre altındaki kül bunkerlerine dökülmektedir.

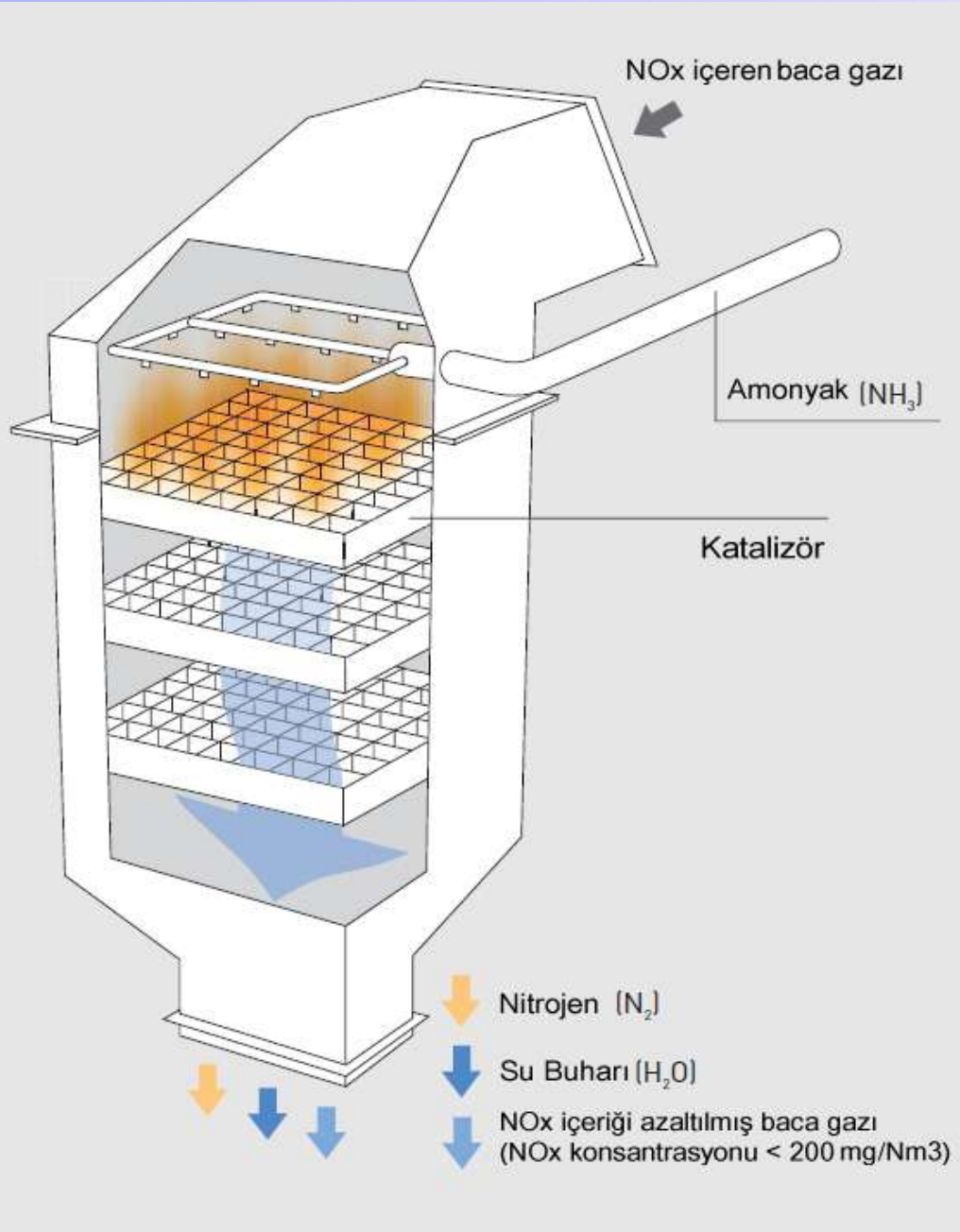


## 4. Sulu Toplaticılar

Pek çok şekilde imal edilmektedir. Küçük partiküllerin uzaklaştırılmasında etkili bir metottur. Kirli su ve buhar meydana getirmesi bu cihazların mahsurunu teşkil eder.



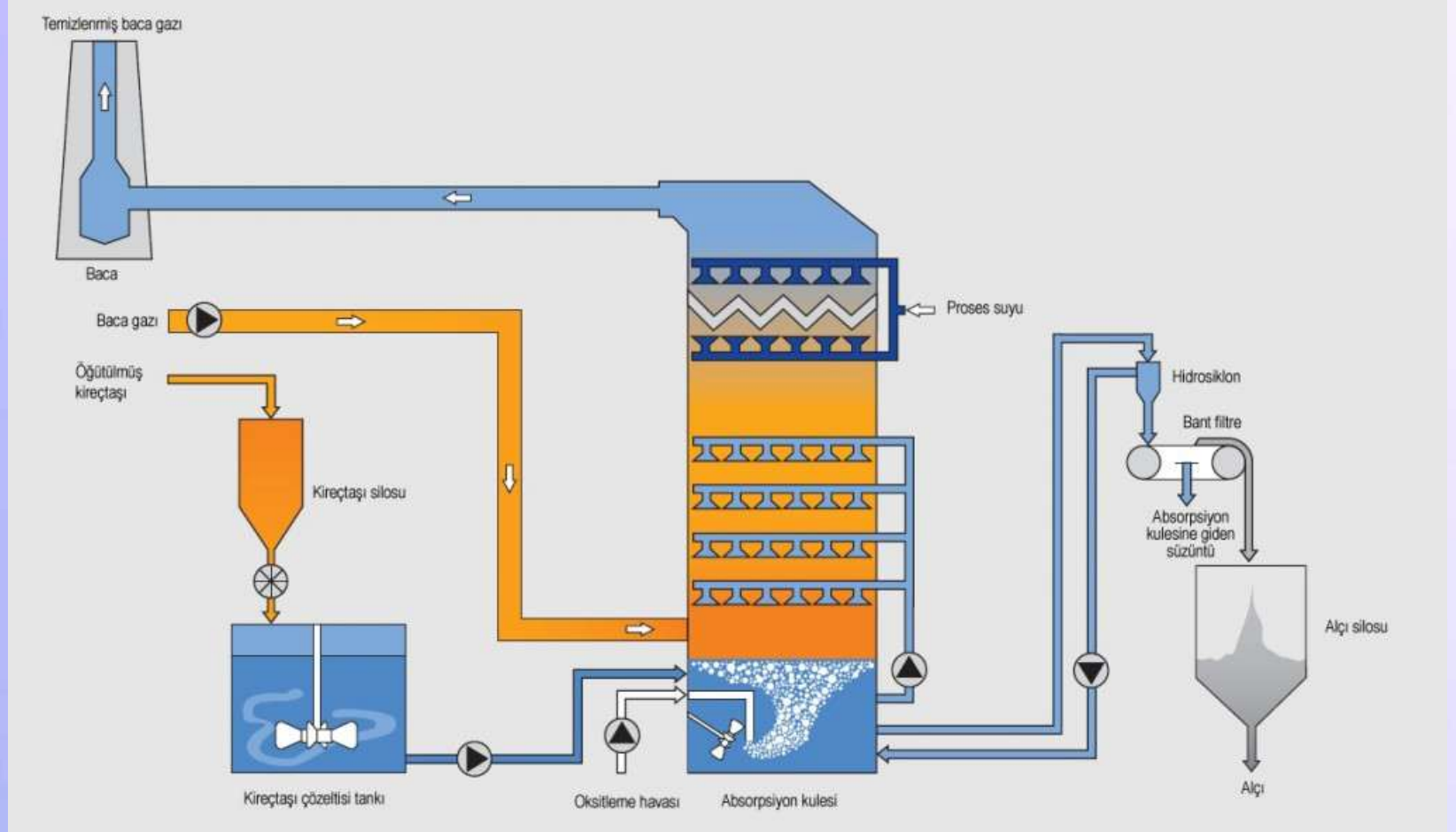
## 5. Baca Gazı Denitrifikasyon (DeNOX) Ünitesi

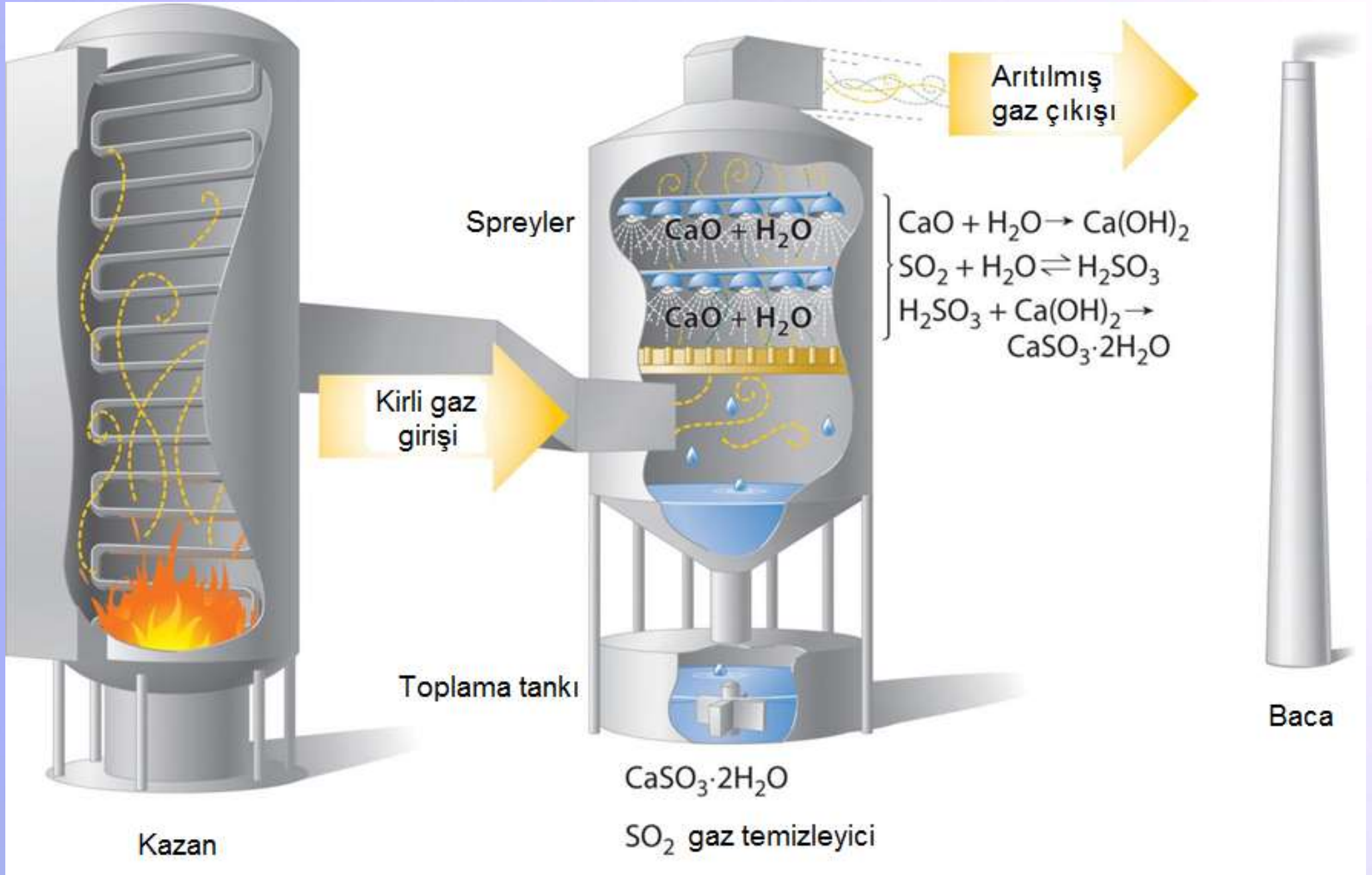


Belirlenen NO<sub>x</sub> emisyonu limit değerlerinin sağlanabilmesi, kullanılır. DeNOx sistemi seçici katalizör reaksiyonu esasına göre çalışmaktadır. İhtiyaç duyulan indirgenin elde edilmesi için sahada üre çözeltisi hazırlanır ve bir reaktörde üre çözeltisinden gaz fazında amonyak+hava karışımı elde edilir ve özel nozüller aracılığıyla baca gazına püskürtülür. Baca gazıyla karışan amonyak, katalizör yatağında baca gazındaki azot oksitleri kimyasal reaksiyonla azota ve su buharına dönüştürür ve çevresel etkilerin minimum seviye getirilmesini sağlar.

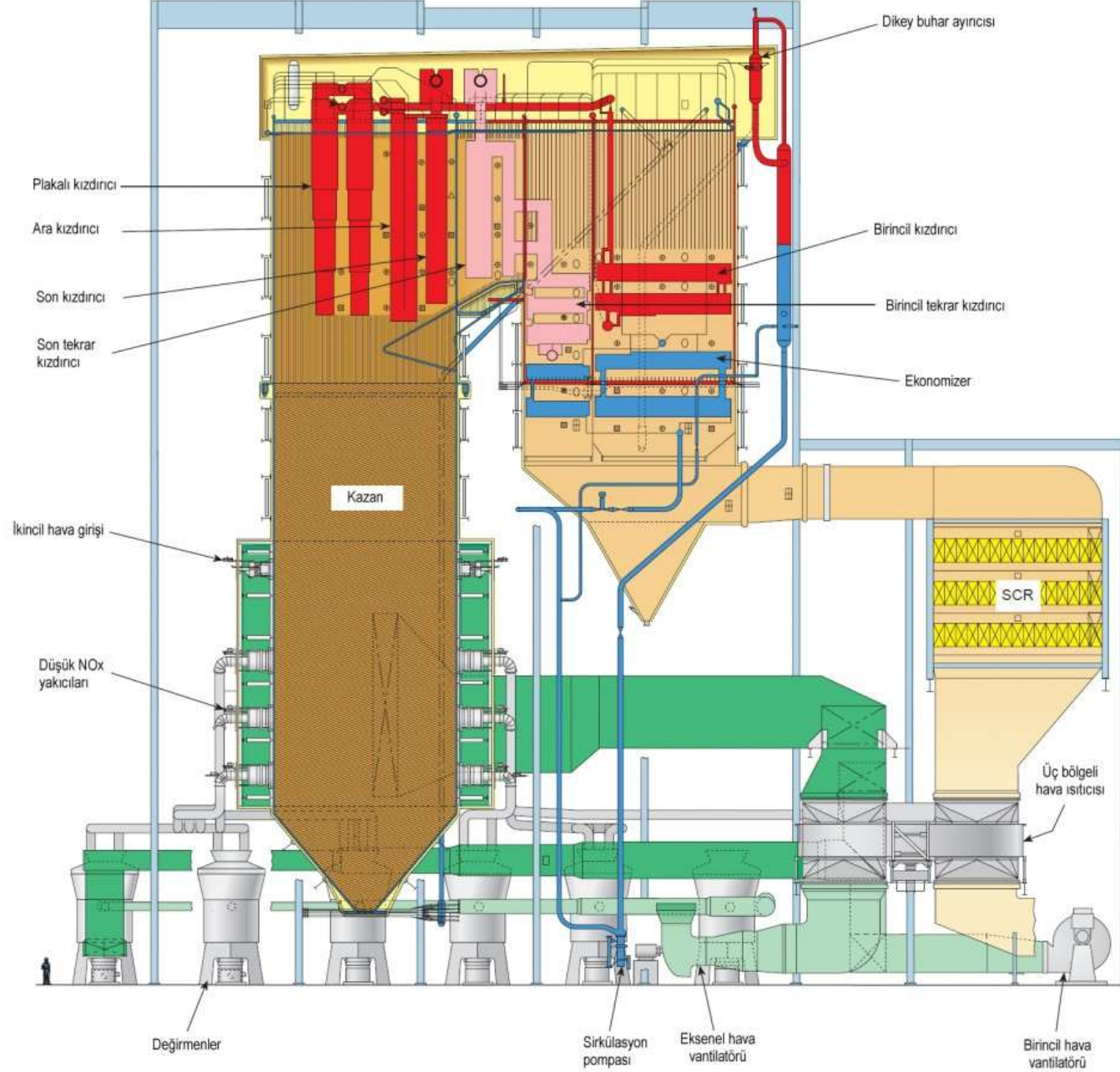
## 6. Baca Gazı Desulfürizasyon (BGD) Ünitesi

Santralde kömürün yanması sonucunda oluşabilecek  $SO_2$  emisyonunun sınır değerlerin altına getirilmesi için ıslak kireçtaşı prosesine dayalı BGD ünitesi kullanılabilir. Islak kireçtaşı prosesine dayalı BGD tesisi aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır: yıkayıcı kule (absorber), kireçtaşı depolama sistemi, kireçtaşı çözeltisi, hazırlama sistemi, alçıtaşı susuzlaştırma sistemi, alçıtaşı depolama sistemi ve atıksu arıtma tesisi.





# Örnek bir baca gazı arıtma tesisi



# Örnek bir enerji santrali

1. Kamyon
2. Ham yakıt bölmesi
3. Dönüşüm bölmesi
4. Yakıt bölmesi
5. ve 6. Taşıyıcı vinç
7. 8. ve 9. Yanma bölmeleri
10. Isıl geri dönüşüm reaktörü
11. Kireç ve karbon filtre
12. Torba filtre
13. Filtre kalıntı deposu
14. Atık gaz fanı
15. Baca
16. Kül taşıyıcılar
17. Gaz türbini
18. Soğuk hava yoğunlaştırıcı

