

**Karadeniz Teknik Üniversitesi**  
**Orman Fakültesi**  
**Orman Mühendisliği Bölümü**



## **ÇEVRE KORUMA**

**Ders Notu**

**Prof.Dr.Mahmut EROĞLU**

**Trabzon 2018**

## Giriş

İnsanın dünyadaki varlığının ne zaman başladığı tam olarak bilinmemektedir. Ancak, insanın, faaliyetleri ile yeryüzünün doğal yapısını gün geçtikçe daha fazla bozmakta olduğu çok iyi bilinen bir gerçektir. Artık, insanoğlu, giderek artan bu bozulmanın, doğal hayatın, dolayısıyla kendisinin yeryüzündeki varlığını tehlikeye sokmasından korkmaktadır.

Yeni bir bin yılın başında insanlığın karşı karşıya olduğu en büyük tehlike, yakın bir gelecekteki baskısı, yüz yüze olunan ekonomik iyileştirme, sosyal barış ve psikolojik sorunlara oranla çok daha fazla olacak olan, bozulma ve dengesizliğe karşı işlevlerini yerine getirmede yolundan alı konan biyosferin, yani dünyamızın canlı dokusunun korunması problemidir. Doğa koruma düşüncesi ne bir lüks ne de geçmişe özlem duyma rüyasıdır. Aksine, toplumların gelişmesine dayanak olabilen ve bu yüzden de uzun dönemde insan soyunun varlığını sürdürebilmesi için kaçınılmaz olan bir gerekliliktir. Bu nedenle insanın yaşadığı ve çalıştığı, yani faaliyette bulunduğu her yerde kendi neslini güvence altına alabilmesi, doğayı korumasına bağlıdır.

Eski uygarlıkların çöküşüne "çevre kirliliğinin" yol açtığı görülmüştür. Çevredeki bozulmanın temelinde tüketim olgusu önemli bir yer tutmaktadır. Genel anlamı içinde günümüzde yaşanan çevre sorunları, üretimin ve dolayısıyla tüketimin dışa vurmuş bir sonucu olarak görülebilir. Önceleri, kaynakların hızla tükendiğinin farkına varamayan insanlar, günümüzde; kaynakların azalması, ihtiyaçların artması ve çevre sorunlarının giderek daha da yoğunluk kazanarak artması gibi üçlü bir kıskaçın içine girmiştir. İnsanları bu ortak noktaya getiren ideoloji, ilerleme ideolojisidir. Buna bağlı olarak, çevre sorunlarının temel nedenleri veya temel etkenlerinin neler olabileceği sorusuna verilebilecek yanıtlar; insanların ekosistem konusundaki bilinçlerinin yetersizliği, kullanılan teknolojilerin, ekosistemlerin kendini yenileyebilme yeteneğine uygun olmayışı ve bireysel ve toplumsal ölçekteki kullanılan sosyo-ekonomik kalkınma süreçlerinin, ekosistemlerin kendini yenileyebilmesine izin vermeyecek biçimde kullanılmasıdır.

Çevreyi oluşturan öğeler arasındaki ilişki ve etkileşimleri anlamadan çevreyi ve çevre sorunlarını kavramak, çevreyi korumak ve bu sorunlara çözüm üretmek olası değildir. Bu nedenle, önce çevreyi oluşturan öğeler arasındaki karşılıklı ilişkilerin ve bunların oluşturduğu doğal sistemlerin kavranması gerekir.

Bu kapsamda, belirli çevre sorunlarının neden ve sonuçları ile çevre korunma önlemlerinin ele alınması yerine, temel çevre sorunlarının kavranması için belirli olgulara dikkat çekilerek, rasyonel düşüncenin desteklediği bir çevre bilincinin oluşturulması amaçlanmıştır.

## ÇEVRE KAVRAMI

Günümüzde hemen tüm toplumlarda, çevre kavramının tanımı en çok tartışılan konulardan biri olmaktadır. Çevre kavramı bireysel ya da ülkesel olmaktan daha çok evrensel bir nitelik taşımaktadır. Tartışmanın odak noktası ise kapsamı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Çevre kavramı genel anlamı itibarıyla; insanın içinde yaşadığı ortamdır. Basit anlamda çevre, doğayı ve içinde barındırdığı ekolojik ortamı ifade etmekte ve bu ortama kısaca, **yaşamı destekleyen sistemler** denmektedir. En geniş anlatımla çevre; insanla birlikte tüm canlı varlıklar, cansız varlıklar ve canlı varlıkların eylemlerini etkileyen ya da etkileyebilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal nitelikteki tüm etkenlerdir. Bir başka tanıma göre çevre; bir organizmanın dışında olan her şeydir. Fiziksel, biyolojik ve sosyal çevre olarak üçe ayrılır. Çevreyi; doğal ve yapay çevre olarak iki grupta inceleyebiliriz.

**Doğal çevre.** Doğal etki ve güçlerin oluşturduğu, insan müdahalesine maruz kalmamış veya böyle bir müdahalenin henüz değiştiremediği tüm doğal varlıkları ifade eder. Doğal çevre kavramı şu bileşenlerle kavranabilir; tüm vejetasyon, hayvanlar, mikroorganizmalar, toprak, kayalar, atmosfer ve bunların sınırları içinde meydana gelen doğal olguları içeren, kitlesel insan etkisinin olmadığı doğal sistemler olarak işlev gören tüm ekolojik birimlerdir.



**Yapay çevre.** insanlığın, başlangıcından günümüze uzanan toplumsal ve ekonomik gelişim sürecinde, büyük ölçüde doğal çevreden yararlanılarak insan eliyle yaratılan tüm değerleri ve varlıkları kapsamaktadır. İnsan, nüfusu arttıkça ve gelişmeyi sürdürdükçe, etkinlikleri ile doğal çevreyi çabuk gelişen bir hızda değiştirmekte, yapay çevre olarak adlandırılan hale dönüştürmektedir.

Bir ekosistem olarak işlevini sürdürürken, bu antropojenik değişikliklere dayanabilecek doğal çevre potansiyeli dünyanın ilgi odağındaki en önemli konudur. Anahtar çevresel ilgi alanları, iklim değişikliği, su tedariki, kirletilmiş sular, hava kirliliği, atık yönetimi ve tehlikeli atıklar ile ormansızlaşma, çölleşme ve kentsel gelişim gibi arazi kullanımını kapsamaktadır.

## YERYÜZÜ / Dünya Gezegeni

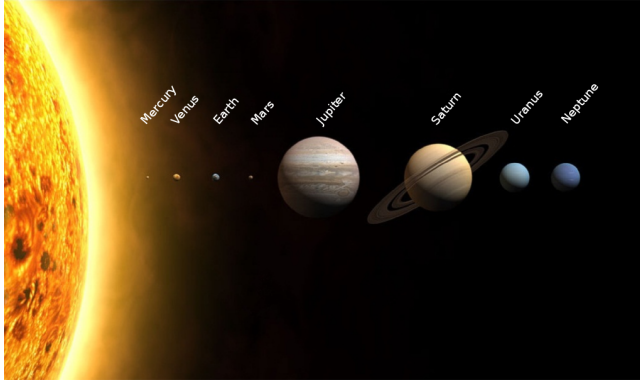
Yeryüzü bilimi, çoğunlukla kayalara, suya, havaya ve yaşama karşılık gelen, litosfer (taşküre), hidrosfer (suküre), atmosfer (havaküre) ve biyosfer (canlıküre) ile temsil edilir. Bazı bilim adamları, sukürenin ayrı bir parçası olarak cryosphere (buza karşılık gelen) yanında aktif ve birbirine karışmış olarak pedosferi (toprağa karşılık gelen) de onun kısımları olarak yerküreye ekler. Yer bilimi gezegenimizle ilgili bilimler için tam olarak kabul görmüş bir terimdir. Yer bilimlerinde coğrafya, jeoloji, jeofizik ve jeodezi adlı dört temel disiplin vardır. Bu ana disiplinler yeryüzü sisteminin temel alanları için nicel ve nitel bir anlama sağlamak için fizik, kimya, biyoloji ve matematik bilimini kullanır. Yeryüzü, Güneş Sistemi'nin Güneşe uzaklık açısından üçüncü sıradaki gezegendir. Üzerinde yaşam barındırdığı

bilinen tek doğal gök cisimidir. Katı ya da 'kaya' ağırlıklı yapısı nedeniyle üyesi bulunduğu yer benzeri gezegenler grubuna adını vermiştir. Bu gezegen grubunun kütle ve hacim açısından en büyük üyesidir. Büyüklükte, Güneş Sistemi'nin 8 gezegeni arasında gaz devlerinin büyük farkla arkasından gelerek beşinci sıraya yerleşir. Tek doğal uydusu Ay'dır.

**Tablo xx. Yeryüzünün yörünge ve bazı fiziksel özellikleri**

Yarı büyük eksen: 149.597.887 km	Ekvator çevresi: <u>40.075 km</u>
Günberi (perihelion): 147.098.074 km (0,983 A.B.)*	Eksen eğikliği: <u>23,44°</u>
Günöte (aphelion): 152.097.701 km (1,017 A.B.)	Hacim: $1,08 \times 10^{12} \text{ km}^3$
Yörünge dışmerkezliği: 0,017	Kütle: $5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
Yörünge eğikliği: 0	Yoğunluk: $5,51 \text{ g/cm}^3$
Dolanma süresi (Yıldız yılı): 365 gün 6 saat 9 dakika 9 saniye (365,25636 gün) (1,000039 dönencel yıl)	Dönme süresi (Yıldız günü): 23 sa. 56 dk. 4,1 sn. (0,99727 gün)
<b>Yörünge Hızı</b>	<b>Yüzey sıcaklığı</b>
Ortalama: 29,78 km/saniye	Ortalama: <u>14 °C</u> (287 K)
En yüksek: 30,29 km/saniye	En yüksek: <u>+ 56,7 °C</u> (331 K)
En düşük: 29,29 km/saniye	En düşük: <u>- 89,2 °C</u> (184 K)
Doğal uydu sayısı: 1	Yerçekimi: $9,78 \text{ m/s}^2$
Ekvator çapı: 12.756,28 km (Yarıçap: 6378,14 km)	Kurtulma hızı: 11,18 km/s
Kutuplar arası çap: 12.713,56 km (Yarıçap: 6356 km)	Beyazlık (albedo): 0,37
Basıklık: $1/298,6 = 0,00339$	Yüzey alanı: $510.067.420 \text{ km}^2$
Basıklık: $6378,14 - 6356,78 = 21,36$   $6378,14 : 21,36 = 298,6$	Karalar: $148.847.000 \text{ km}^2$ ( <u>%29,2</u> )
Basıklık: $1 : 298,6 = 0,00339$	Denizler: $361.220.420 \text{ km}^2$ ( <u>%70,8</u> )

Günöte (aphelion): Dünyanın güneşe en uzak olduğu nokta. Günöte tarihi 3-7 Temmuz arasında bir tarihte gerçekleşir.  
\* A.Ü.: Astronomi Birimi



Şekil XX. Güneş ve güneş sisteminin gezegenleri (uzaklıklar ölçekli değildir).

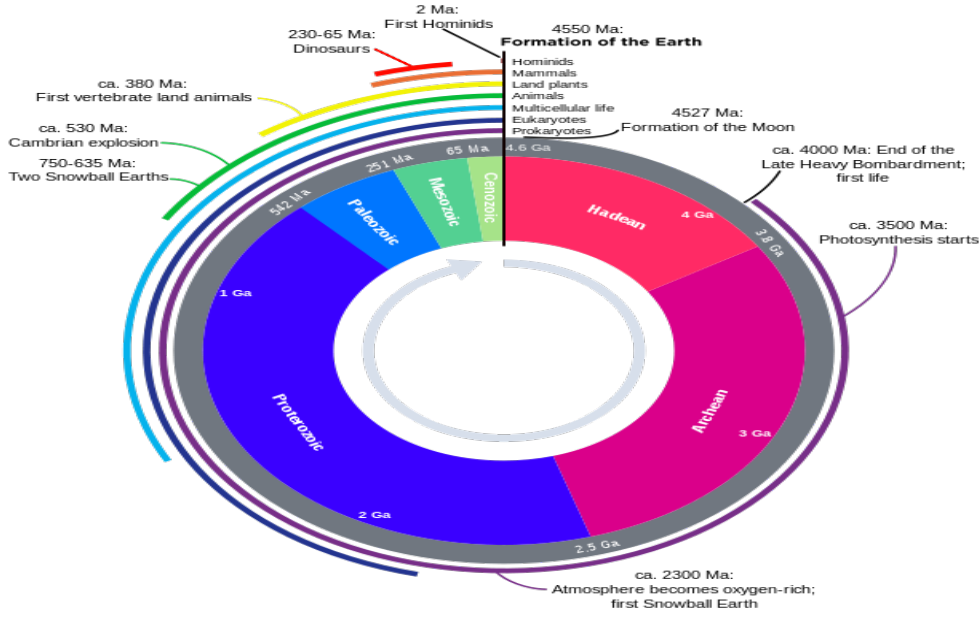
### Yerkürenin oluşumu

Yapılan araştırmalar sonucu gezegenimizin yaşı 4,5 milyar yıl olarak hesaplanmıştır. Güneş, Dünya ve diğer gezegenler dahil Güneş Sistemindeki yapıları oluşturan moleküler bulutsunun kaynağı, ömrünü önceden tamamlamış bir genç tip yıldız'ın dağılmış artıklarının ve yıldızlar arası maddenin bir merkez etrafında dönerek gittikçe yoğunlaşmasıyla oluşmuştur.

### Dünya'nın Yaşı

Dünya'nın yaşı doğrudan doğruya kayaçların yaşıyla ölçülemez. Çünkü bilinen en yaşlı kayaçların bile bugün artık yeryüzünde var olmayan daha yaşlı kayaçlardan oluştuğunu biliyoruz. Bilinen en yaşlı

kayaçlar Grönland'ın batısında bulunmuştur ve bu kayaçlar 3,8 milyar yaşındadır. Dünya'nın yaşının bundan daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil xx. Jeolojik Zamanlar ve canlıların ortaya çıkışı

Bugün Dünya'nın yaşını hesaplamak için izlenen en iyi yöntem radyoaktif elementlerin yarılanmaları sonucu başka elementlere dönüşümleridir. Radyoaktif uranyum elementinin  $U-^{238}$  ve  $U-^{235}$  gibi iki izotopu vardır. Bu izotopların ikisi de çok yavaş bir süreçle kurşun atomlarına dönüşür. Biraz daha ağır olan  $U-^{238}$ 'in dönüşümüyle daha hafif bir kurşun izotopu olan  $Pb-^{206}$ ,  $U-^{235}$ 'in dönüşümüyle de biraz daha ağır bir izotop olan  $Pb-^{207}$  atomları oluşur. Uranyum- $^{235}$ 'in kurşuna dönüşme hızı, uranyum- $^{238}$ 'in dönüşme hızından altı kat daha fazladır. Bu nedenler, incelenen bir kayadaki  $Pb-^{206}$  ve  $Pb-^{207}$  atomlarının oranı, kayacın yaşına bağlı olarak değişir. En yaşlı olduğu düşünülen bir kurşun minerali ile bugün okyanuslarda oluşan kurşunun izotop yapısı arasındaki fark, ancak bu iki örneğin oluşumları arasında 4,55 milyar yıllık bir zaman dilimi olmasıyla açıklanabilir. Bu süre de Dünya'nın yaşı olarak kabul edilebilir. En eski kayaçların yaşını hesaplamak için radyoaktif rubidyum elementinin stronsiyuma dönüşme süreci de temel zaman ölçeği olarak alınabilir. Bunun sonucunda dünyamızın tahminen 5.5 milyar yıllık olduğu varsayılmaktadır.



Himalaya Dağları ve Everest (Tibet)

## Dünya'nın Biçimi

Referans küresinin ortalama çapı 12.742 km'dir. Ekvatorun çapı, kutupları birleştiren çaptan 43 km daha uzundur. Ortalamadan en büyük sarpmalar, Everest Dağı (denizden 8.848 m yüksekte) ve Mariana Çukuru (deniz seviyesinin 10.924 m altı)'dur. Ekvatorun şişkinliği yüzünden Yerin merkezinden en yüksek nokta aslında ekvatordadır.

**Dünyanın Gizemleri:** Auroralar (kuzey/güney kutup ışıkları) gökyüzündeki, özellikle kutup bölgelerinde gökyüzünde görülen, dünyanın mânyetik alanı ile güneşten gelen yüklü parçacıkların etkileşimi sonucu ortaya çıkan doğal ışımalardır. Ağırıklı olarak iyonosferde meydana gelen bu ışımlar genellikle geceleri gözlemlenir. Bu olgu yaygın olarak, arktik ve antarktik kutup dairelerinin içinde kalan 60 ve 72 derece kuzey ve güney enlemleri arasında görünür. Kuzey enlemlerde bu etki *aurora borealis* (kuzey ışıkları) ve güney enlemlerde *aurora australis* (güney ışıkları) olarak adlandırılır.



Alaska, Bear Gölü üzerinde parıldayan *Aurora borealis* ya da kuzey ışıkları (Foto: Joshau Strang)

## Dünyanın hareketi

Sürekli devinim halinde olan dünyanın iki çeşit hareketi vardır. Bunlardan biri kendi eksenini etrafındaki hareketidir ve batıdan doğuya doğrudur. Dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi ile gece ve gündüz, güneşin etrafında dönmesi ile mevsimler meydana gelir. Dünya kendi çevresindeki hareketi 23 saat, 56 dakika, 4.091 saniyede ve güneşin etrafında elips şeklinde çok geniş bir yörünge üzerindeki hareketini 365 gün, 6 saat, 48 dakikada tamamlanır. Mevsimlerin oluşmasında etken 23,44 derecelik eksen eğikliğidir.



Dünyanın kendi çevresinde dönüşü

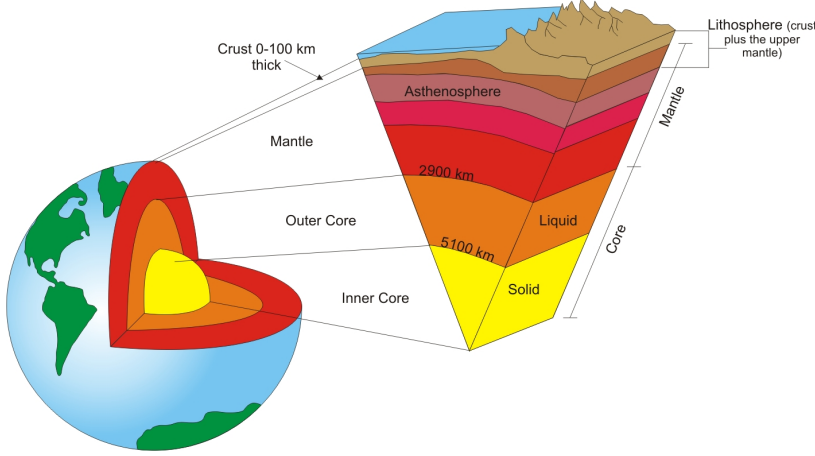
## Dünyanın içsel yapısı

Dünyanın dış kabuğu ile bu kabuğun üzerindeki atmosfer (hava) ve hidrosfer (okyanuslar ve denizler) katmanları doğrudan gözlemlenebilir. Oysa Dünyanın iç bölümlerine ulaşarak yapısını doğrudan inceleme olanağı yoktur. Dünyanın iç yapısına ilişkin bütün bilgiler depremlerin incelenmesinden ve Dünyanın içinde var olduğu düşünülen maddeler üzerindeki deneylerden elde edilmiştir. Deprem dalgaları yoğun katmanlardan geçerken dalga boyları küçülür, titreşim sayısı artar. Yoğunluğu az olan katmanlarda ise dalga boyu uzar, titreşim sayısı azalır.

Yanardağların varlığına ve yer kabuğunun yüzeyindeki ısı akışı ölçümlerine dayanarak dünyanın iç bölümlerinin çok sıcak olduğunu biliyoruz. Yer kabuğunun derinliklerine doğru inildikçe kayaların sıcaklığı her kilometrede 30 °C kadar yükselir. Kabuğun altında kalan kayalar akkor sıcaklığına kadar ulaşır.

Çekirdek yoğunluk ve ağırlık bakımından en ağır elementlerin bulunduğu bölümdür. Dünyanın en iç bölümünü oluşturan çekirdeğin, 2900-5100 km'ler arasındaki kısmına dış çekirdek, buradan orta merkeze (6371 km'ye) olan kısmına iç çekirdek denir. İç çekirdekte bulunan demir-nikel karışımı, çok yüksek basınç ve sıcaklık etkisiyle kristal haldedir. Dış çekirdekte ise bu karışım ergimiş haldedir.

Manto Litosfer ile çekirdek arasında, 100-2900 km'lerde bulunan katmandır. Yoğunluğu 3,3-5,5 g/cm<sup>3</sup> sıcaklığı 1900-3700 °C arasında değişir. Manto, yer hacminin en büyük bölümünü oluşturur. Yapısında silisyum, magnezyum, nikel ve demir bulunmaktadır. Mantonun üst kesimi yüksek sıcaklık ve basınçtan dolayı plastiki özellik gösterir. Alt kesimleri ise akışkan halde bulunur. Bu nedenle mantoda sürekli olarak alçalıcı-yükselici hareketler görülür.



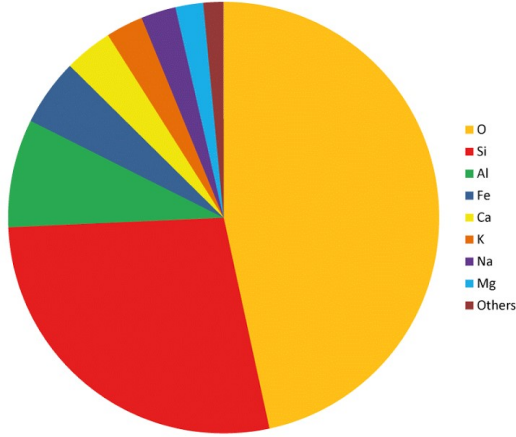
Şekil xx. Dünyanın içsel yapısı.

Mantodaki Alçalıcı-Yükselici Hareketler Mantonun alt ve üst kısımlarındaki yoğunluk farkı nedeniyle magma adı verilen kızgın akıcı madde yer kabuğuna doğru yükselir. Yoğunluğun arttığı bölümlerde ise magma yerin içine doğru sokulur.

Taşküre (Litosfer) Mantonun üstünde yer alan ve yeryüzüne kadar uzanan katmandır. Kalınlığı ortalama 100 km'dir.

**Yerkabuğu.** Taşkürenin ortalama 40 km'lik üst bölümüne yerkabuğu denir. Daha çok silisyum ve alüminyum bileşimindeki taşlardan oluşması nedeniyle **sial** de denir. Sial, okyanus tabanlarında inceler yer yer kaybolur. Örneğin Büyük Okyanus tabanının bazı bölümlerinde **sial** görülmez. Yeryüzünden yerin derinliklerine inildikçe 33 m'de bir sıcaklık 1 °C artar. Buna jeoterm basamağı denir.

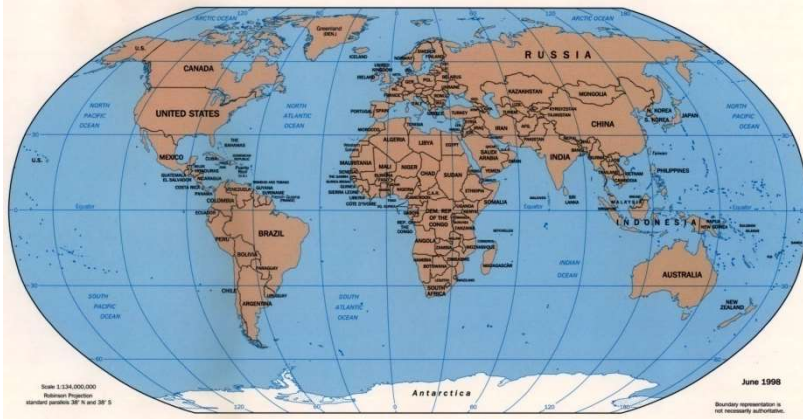
Yerkabuğundaki en yaygın elementler sırasıyla oksijen (%46,6), silisyum (27,7), alüminyum (8,1), demir (5,0), kalsiyum (3,6), potasyum (2,8), sodyum (2,6) ve magnezyum (2,1)'dur. Bu oranlar, yerkabuğundaki farklı kayaların çeşitlerinin ve bileşimlerinin nispi oranlarının kavrayışımıza dayalı olarak belirlenmiş yerkabuğuna ait tahmini bir kimyasal bileşimdir. Karasal yerkabuğunun kalınlığının 40 km'den daha kalın olması ve bizim de onu doğrudan örneklemeye olanağımızın olmaması kavrayışımızı elbette sınırlandırmaktadır. En derin maden ocakları 4 km'ye kadar inmekte ve en derin sondaj deliği de 12 km'ye ulaşmaktadır.



Şekil XX: Yerkabuğundaki en yaygın kimyasal elementlerin oransal dağılımları.

### Karalar ve Denizler

Kıtalar ve Okyanuslar Yeryüzünün üst bölümü kara parçalarından ve su kütlelerinden oluşmuştur. Denizlerin ortasında çok büyük birer ada gibi duran kara kütlelerine kıta denir. Kuzey Yarım Kürede karalar, Güney Yarım Küreden daha geniş yer kaplar. Asya, Avrupa, Kuzey Amerika'nın tamamı ve Afrika'nın büyük bir bölümü Kuzey Yarım Küre'de yer alır. Güney Amerika'nın büyük bir bölümü ve Afrika'nın önemli bir bölümü, Avustralya ve çevresindeki adalarla Antarktika kıtası Güney Yarım Küre'de bulunur. Yeryüzünün yaklaşık  $\frac{3}{4}$ 'ü sularla kaplıdır. Kıtaların birbirinden ayıran büyük su kütlelerine okyanus denir. Dünyanın yüzölçümü 510.067.420 kilometrekaredir. Bunun %70,8'i denizler, 361.220.420 kilometrekare ve %29,2'si karalar, 148.847.000 kilometrekaredir. Kuzey Kutup çevresinde karalarla çevrilmiş bir deniz, Güney Kutup çevresinde denizlerle kuşatılmış bir kara parçası vardır.



Şekil . Yeryüzünde Kuzey ve Güney Yarımkürelerde denizlerin ve karaların dağılımı.

Kara ve denizlerin farklı dağılışının sonuçları karaların Kuzey Yarım Kürede daha fazla yer kaplaması nedeniyle, Kuzey Yarım Kürede; yıllık sıcaklık ortalaması daha yüksektir. Sıcaklık farkları daha belirgindir. Eş sıcaklık eğrileri enlemlerden daha fazla sapma gösterir. Kıtalar arası ulaşım daha kolaydır. Nüfus daha kalabalıktır. Kültürlerin gelişmesi ve yayılması daha kolaydır. Ekonomi daha hızlı ve daha çok gelişmiştir.



## Levha hareketleri

Litosfer, astenosferin üzerinde, tektonik levhalara ayrılmış bir halde yüzmektedir. Bu plakalar belli temas noktalarında üç tür hareketten birini gösterirler: yaklaşma, uzaklaşma veya yan yana kayma. Bu temas noktalarında depremler, volkanik faaliyetler, dağ oluşumları ve okyanus dibi hendekler oluşur.

Ana plakalar şunlardır:

- Afrika plakası,
- Antarktik plakası,
- Avustralya plakası, (Hint plakası ile 50-555 milyon yıl önce birleşmiştir)
- Avrasya plakası,
- Kuzey Amerika plakası, Kuzey Amerika ve kuzey-doğu Sibirya'yı kapsar
- Güney Amerika plakası,
- Büyük Okyanus plakası,

Önemli küçük plakalar arasında Hint plakası, Arabistan plakası, Karaip plakası, Nazka plakası, Skotia plakası ve Anadolu plakası sayılabilir.



**Şekil xx.** Bu harita Yeryüzünün fizyografik özelliklerini, büyük tektonik plakaların mevcut hareketlerini ve volkanların, depremlerin ve meteor çarpma kraterlerinin yerlerini göstermektedir.

Renk ve gölgeli kabartmalar kullanılarak yer yüzeyinin ve okyanus tabanlarının önemli özellikleri gözlenebilir. Geçen 10.000 yıl süresince faal olan yaklaşık 1.500 yanardağ dört çağ kategorisinde haritada işaretlenmiştir. Çoğunlukla 1960'dan 1990'a kadarki yaklaşık 24.000 depremin merkez üssü, üç ayrı büyüklük kategorisinde ve iki derinlik derecesinde haritada işaretlenmiştir. (Erişim: <http://pubs.usgs.gov/imap/2800/TDPfront-screen.pdf>)

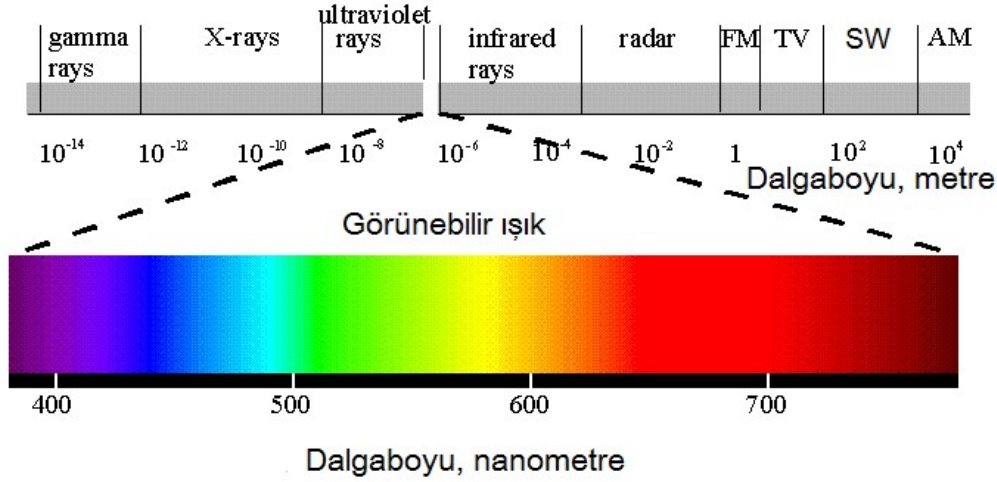
## BİYOSFERİN DÜZENİ - EKOSİSTEMLER

Yerkürenin, canlı varlıkların bulunduğu kısmına biyosfer denir. Yerkürenin çapıyla karşılaştırıldığında, biyosfer çok ince bir kuşaktır. Okyanusun tabanından, yaşam izine rastlanan atmosferin en yüksek noktasına erişen, yaklaşık 20 km kalınlıktadır. Biyosfer, dünya yüzeyinin katı kısmı olan litosfer, yer yüzeyinin üzerinde ve altındaki suyu ve havanın su buharını içeren hidrosfer ile yerkürenin etrafını kuşatan hava kütlesi olan atmosfer bölümlerini içerir.

### Güneş Işınımı

İşlevsel ekolojinin hemen tüm aşamaları doğrudan veya dolaylı olarak güneşin ışınım enerjisinden etkilenmektedir. Gezegenimizin ekolojik enerji stokuna girdi sağlayan güneşten yayılan elektromanyetik enerjinin farklı dalga boyları vardır. Bu ışınımın 400-700 nanometre dalga boyunda olanlar ışık olarak adlandırılır. Işık ve diğer solar ışınımın dalga boyları Elektromanyetik Spektrum olarak adlandırılır

(Şekil XX). Güneşin ışınım enerjisi ısı üretir, yaşamın kimyasal tepkimelerinde aktif enerji olarak ölçülen fotonları sağlar. Yaşam biyolojisi belirli bir sıcaklık aralığında yürür. Isı, sıcaklığı düzenleyen bir enerji seklidir. Gelişme hızını, etkinliği, davranışı ve birincil üretimi etkiler. Yatay ve dikey uzamsal sıcaklık değişikliği büyük ölçüde iklimleri ve sonuçta yeryüzünün her tarafında farklı ekosistemlerde biyolojik çeşitliliğin dağılımını ve birincil üretimin düzeyini etkiler.



Şekil xx. Işık ve diğer solar ışınımaların dalga boyları (Elektromanyetik Spektrum).

### Işık

Işık yeryüzünün birincil enerji kaynağıdır. Bitkiler, algler ve bazı bakteriler ışık soğurur ve fotosentezle enerji özümlerler. Fotosentez veya  $H_2S$ 'nin inorganik fiksasyonu ile enerji özümlenme yeteneğindeki organizmalar ototroflardır. Ototroflar birincil üretimden ve metabolik yoldan biyokimyasal entalpik (enthalpic) bağlarda potansiyel enerji olarak depolanan ışık enerjisinin özümlenmesinden sorumludurlar. Heterotroflar enerji ve besinlerini sağlamak için ototroflardan beslenirler.

Işık koşulları sucul çevrede de değişir. Işık suya geçtiği kadar absorbe edilir. Böylece mevcut ışık miktarı derinliğin artması ile azalır. Işığın geçtiği su katmanına fotik (photik) zon denir. Yeryüzünde meydana gelen fotosentezin yaklaşık %80'i bu fotik zonda meydana gelir. Onun altındaki zon, hiç ışık olmayan aphotikzondur. Birkaç kemotroft dışında, aphotik zonda yaşayan organizmalar enerjilerini photik zondan aşağı doğru sürüklenen veya göçen organizmalardan sağlar.

Işık, üretim ve enerji temini arasında bir bağıntının olması, yeryüzünde ekosistem dinamiklerinin dağılım, kompozisyon ve yapısını etkilemektedir (Şekil XX).



**Şekil XX.** Yeryüzündeki hemen tüm canlılar için enerji, doğrudan veya dolaylı olarak güneş ışınlarından sağlanır.

Yeryüzündeki hemen tüm canlılar için enerji, doğrudan veya dolaylı olarak güneş ışınlarından sağlanır. Güneş ışınlarının yoğunluk veya şiddeti ile aydınlatma süresi ya da gün uzunluğu, enleme göre değişir. Ekvatorun çevresindeki bölgeler en yüksek yoğunlukta güneş ışığı alırken, kuzey ve güney kutup bölgeleri düşük yoğunlukta ışık alırlar. Ekvator kuşağı ile kutup bölgeleri arasında kalan alanlarda görece gündüz ve gece uzunlukları, yazın daha uzun ve kışın daha kısa süreli gün ışığı ile mevsime göre değişir.

Güneş ışınlarının yoğunluğu ve aydınlatma süresi bitkilerin gelişimini ve çiçeklenmelerini, meyve tutma ve geliştirmelerini (bitki fenolojisi) etkileyen temel etmendir. Bazı bitkiler yüksek ışık yoğunluğuna ve uzun günlere gereksinim duyarken diğerleri düşük ışık yoğunluğunda ve kısa günlerde gelişirler. Pek çok hayvanda göç, kışlama, yazlama ve üreme davranışları gece ve gündüzün göreceli uzunluklarından (ışık devirselliği = fotoperiyodisite) etkilenir.

Işık koşulları sucul çevrede de değişir. Işık suya geçtiği kadar absorbe edilir. Böylece mevcut ışık miktarı derinliğin artması ile azalır. Işığın geçtiği su katmanına *fortik* (photik) *zon* denir. Yeryüzünde meydana gelen fotosentezin yaklaşık %80'i bu fotik zonda meydana gelir. Onun altındaki zon, hiç ışık olmayan *aphotik zondur*. Birkaç kemotropf dışında, aphotik zonda yaşayan organizmalar enerjilerini photik zondan aşağı doğru sürüklenen veya göçen organizmalardan sağlar. Işık, üretim ve enerji temini arasında bir bağıntının olması, yeryüzünde ekosistem dinamiklerinin dağılımı, kompozisyon ve yapısını etkilemektedir.

### **Sıcaklık**

Yeryüzü yüzeyindeki sıcaklık örüntüleri yükselti ve enleme göre değişir. Bir bölgenin sıcaklık örüntüsü dağ veya okyanus gibi yakında büyük bir coğrafi özelliğin olmasından da etkilenebilmektedir. Yeryüzü yüzeyinde en yüksek ortalama sıcaklık ekvator çevresinde meydana gelir. Ekvatordan kuzey ya da güneye doğru gidildikçe, ortalama sıcaklık düşer. Kuzey ve Güney Kutuplar en soğuk bölgelerdir. Sıcaklık yükseltinin artmasıyla da düşer. Bu nedenle, ekvatordaki yüksek dağların bile dorukları karla kaplı olabilmektedir.

Canlıların sıcaklık isteği ve soğuğa karşı dayanıklılığı farklıdır. Bu özellik canlıların sıcaklık kuşaklarına göre dağılımına neden olur. Belli bir yükseltiden ve belli enlemlerde sonra canlı türlerinin hızla azalması sıcaklığın etkisi altındadır. Doğal bitki örtüsünün ekvator ile kutuplar arasında geniş kuşaklar oluşturması enlem basamaklarının sıcaklığa etkisinin ve bir dağ yamacı üzerinde aynı tür basamakları oluşturması da yükseltinin sıcaklığa etkisinin bir sonucudur.

Bazı türler için sıcaklık toleransı çok önemli olsa da, sıcaklık, belirli uç değerleri aşmamalıdır. Düşük sıcaklık, hayvanların coğrafi dağılımını ve mevsimsel etkinlik şekillerini (patterns) etkileyen temel bir çevresel kısıttır.

### **Su ve Hava**

Yaşamın temeli olan su, canlılığın sürmesi için gerekli en temel maddedir. Hava, su, ışık, sıcaklık ve besin maddeleri tüm canlılar için temel gereksinimlerdir. Bunların en başında oksijen ve su yer almaktadır. Canlı organizmayı oluşturan hücrelerin yaşam etkinliklerini devam ettirebilmeleri için suya gereksinimleri vardır. Su yaşam için en zorunlu maddelerden birisidir. Doğada bulunan tüm canlılar su olmadan yaşamlarını sürdüremezler. Günümüz dünyasında, kuraklık ve küresel kirlenme başta olmak üzere nüfus yoğunluğu, sanayideki gelişmeler, tarımsal üretimdeki çeşitlilik ve yaygınlık nedeniyle su tüketimi artmakta ve su kıtlığı yaşanmaktadır.

Su, aynı zamanda yaşam ve çevre için gerekli olan bir maddedir. Su, yağış dediğimiz yağmur, kar, çiy ve sis şeklinde atmosferden salıverilir. Yıllık yağış şekilleri (miktarları ve mevsimlere dağılışları gibi) enlem ve yükselti ile bağlantılıdır ve ayrıca dağlar ve büyük su kütleleri gibi yerel özellikler tarafından etkilenir.

Hava, canlı türlerine oksijen, azot ve karbondioksit sağlar, polen ve sporların yayılmasına, böceklerin ve kuşların uçmasına izin verir. Toprak, aynı zamanda bir besin ve fiziksel destek kaynağıdır. Toprağın pH'sı, tuzluluğu, azot ve fosfor içeriği, su tutma yeteneği ve kıvamı hepsi etkilidirler. Ayrıca, büyük boyutlu çevresel değişiklikler ve doğal yıkımlar da abiyotik etmenler içinde değerlendirilir.

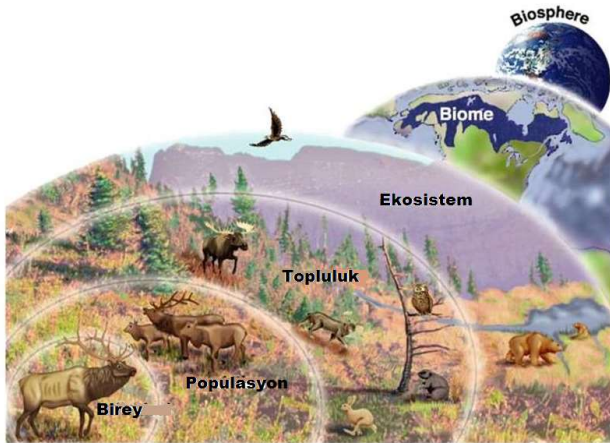
## Popülasyonlar ve Topluluklar

Doğada, belirli bir alan içinde belirli bir türün tüm bireylerini içeren organizmaların en doğal grubu bir popülasyondur. Bir ormandaki Türkiye meşesi, *Quercus cerris* ağaçları bir popülasyon oluşturur. Bir gölcükteki tüm şeritli kurbağalar (*Rana camerani*) bir popülasyon meydana getirir. Popülasyonlar daha büyük grupların parçaları olarak da değerlendirilebilir. Her bir popülasyon, aynı türün bireyleri arasındaki üremenin ve belirli bir yerde ve belirli bir zamanda birlikte yaşamının bir sonucudur.

Belirli bir alandaki farklı organizmaların tüm popülasyonları bir ekolojik topluluk oluşturur. Örneğin bir gölcüğün içinde ve civarındaki tüm kurbağalar, balıklar, algler ve diğer canlı varlıklar bir gölcük topluluğunu meydana getirir.

Bir ekosistem, bir topluluğu ve onun fiziksel çevresini içerir. Ekosisteme, canlı (biyotik) ve cansız (abiyotik) etmenler dahildir. Ekosistemin canlı ve cansız kısımları arasında süren materyal değişimi vardır. Yeryüzündeki tüm ekosistemler birbirine bağlıdır. Organizmalar ekosistemin birinden diğerine geçerler. Su ve diğer inorganik maddeler bir ekosistemden diğerine taşınır. Organik bileşikler de, taşıdıkları enerji ile birlikte ekosistemler arasında taşınırlar.

Bir ekosistemdeki her bir organizma çeşidinin (tür) içinde yaşadığı özel bir çevre bölümü vardır. Bu onun habitatı (yaşama yeri)'dir. Bir ekosistem içinde meydana gelen karmaşık etkileşimlerde her bir türün özel bir rolü de vardır. Bir türün ekosistemdeki rolü onun nişi'dir. Bir organizmanın nişi onun habitatının bir kısmı, sadece bir parçasıdır. Ayrıca niş, besinini nasıl, ne zaman ve nereden sağladığını, üreme davranışlarını ve onun çevre ve ekosistem içindeki diğer türlerle doğrudan ve dolaylı etkileşimlerini içerir.



Şekil xx. Organizma, population, topluluk, ekosistem, biyom ve biyosfer

Bir popülasyon yetersiz sayıda bireylerden oluştuğunda, yok olma tehlikesindedir. Türün bireylerinin katıldığı bileşik toplulukların çökmesi bir türü yok olmaya götürebilir. Küçük popülasyonlarda, aynı soydan olma topluluğu daha da güçsüzleştiren kalıtsal çeşitliliğin azalması ile sonuçlanabilir.

### Habitat ve Biyotop

Abiyotik etkenler özel bir çevrede ne tür organizmaların yaşayabileceğini belirler. Örneğin, çöllerde çok az temin edilebilir su vardır ve sıcaklık günlük olarak çok sıcak ile soğuk arasında değişir. Bu koşullarda sadece uyum sağlamış, adaçayı çalısı (sagebrush) ve kaktüs gibi bitkiler yaşayabilir. Tahıl, meşe ağaçları ve orkideler gibi diğer bitki çeşitleri çöllerde yaşayamaz. Bu bitkiler uyum sağladıkları, değişik abiyotik koşullara sahip diğer çevrelerde gelişirler.

Abiyotik etkenler jeolojik-Jeomorfolojik, coğrafik, hidrolojik ve iklimsel parametrelerdir. Bitki ve hayvanların özgün bir birlikteliği için yaşama yeri sağlayan, özel bir takım cansız ekolojik etkenler tarafından karakterize edilen, çevresel olarak aynı yapıdaki koşulların olduğu bir alan veya bölge **biyotop** olarak adlandırılır. Biyotop tam olarak **habitat** terimi ile eş anlamlıdır, ancak habitatın konusu bir tür veya bir **popülasyon** olurken, **biyotopun** konusu bir biyolojik **topluluktur**. Habitat veya biyotopları doğrudan etkileyen özgün abiyotik etkenler ışık, sıcaklık, su, hava ve toprağı kapsar. Işık, fotosentezle ekosisteme enerji sağlar.



Şekil XX. Habitat ve biyotop

Doğu Ladin *Picea orientalis* (L.) Link Doğu Karadeniz Bölgesinde, Ordu Melet Çayının doğusunda, Doğu Karadeniz Dağlarının denize bakan (deniz etkisi altındaki) yamaçlarında doğal olarak yayılmıştır. Batı Karadeniz bölgesinde görülen kaplumbağa bu bölgede yaşamaz. Çam kese böceği *Thaumetopoea pityocampa* Orta ve batı Karadeniz'deki varlığına rağmen bu bölgede görülmez. Kırmızı orman karıncası *Formica rufa*, batı Karadeniz ormanlarında ve Doğu Karadeniz ardı ormanlarda yaşarken ladinin yayılış alanında yaşamaz.

*Biyotik ekolojik etkenler* de topluluğun yaşama yeteneğini etkiler; bu etkenler ya **tür içi** veya **türler arası ilişkiler** olarak değerlendirilir. Tür içi ilişkiler bir popülasyonu oluşturan aynı türün bireyleri arasında kurulmuş olan ilişkilerdir. Bunlar **işbirliği (dayanışma) veya rekabet** ilişkileridir. Rekabet, alan ayırma ve bazen sıradüzen toplulukların örgütlenmesi ile ilgilidir.

Türlerarası ilişkiler, farklı türler arasındaki çok fazla sayıda etkileşimlerdir ve çoğunlukla yararlı, zarar verici veya etkisiz olarak nitelendirilirler. En önemli ilişki, ekolojideki zorunlu besin zincirleri

kavramlarını yönlendiren **predasyon**dur. Herbivor türler bitkisel besinlerle beslenirler ve karnivorlar tarafından tüketilirler, ancak bunların her ikisi de daha büyük karnivora av olabilir.

### **Türüç ve Türlerarası Rekabet**

Dengedeki bir ekosistemde, her bir tür kendi nişini işgal eder. Belirli bir alanı (habitatını) işgal eder ve özel bir şekilde besinlerini sağlar. **İki türün nişleri çakıştığına, rekabet doğar. Bu çakışma arttıkça, iki türün gereksinimlerinin daha fazlası ortak olur ve rekabet daha güçlü bir hal alır.** İki farklı tür arasındaki rekabet türlerarası rekabet olarak adlandırılır. Rekabet edilen kaynaklar azaldıkça, rekabet daha şiddetli olur. Sonunda, nişin işgalini daha başarılı türe bırakan türlerden biri ekosistemden atılır. Rekabet aynı türün bireyleri arasında da meydana gelir. Buna türüç rekabet denir. Aynı türün bireyleri arasındaki rekabetin şiddeti, popülasyon yoğunluğu ve gerekli kaynakların kullanılabilirliği gibi olaylardan etkilenir. Koşullar çok sert olduğunda, en yararlı uyuma sahip bireyler hayatta kalırken, daha az uyumlu bireyler yaşama şansını kaybeder.

Türlerarası diğer ilişkiler **asalaklık, bulaşıcı hastalıklar** ve **iki türün aynı ekolojik nişi paylaştığında ortaya çıkabilen sınırlı kaynaklar için rekabeti kapsar.** Çeşitli canlılar arasında var olan etkileşimler, büyümeleri, yaşamaları ve üremeleri için organizmalar tarafından alınan ve sonunda atıklar olarak uzaklaştırılan mineral ve organik maddelerin kalıcı bir karışımı ile sürdürülmektedir. Elementlerin (özellikle karbon, oksijen ve azot'un) ve suyun bu değişmez döngüsü **biyojeokimyasal döngüler** olarak adlandırılır. Bu döngüler, insan etkileri, uç hava halleri veya olağan dışı jeolojik olaylar dışında, biyosferde değişmez bir kararlılığın güvenceleridirler. Kendi kendine yürüyen bu düzen, negatif geri besleme denetimi ile sürdürülmekte, ekosistemlerin devamlılığını güvenceye almaktadır.

### **Simbiyotik İlişkiler**

Simbiyotik ilişkiler, iki farklı çeşitteki organizmanın, en az birinin yararlandığı, birbiriyle yakın işbirliği içinde yaşamalarıdır. Simbiyotik ilişkilerin üç temel çeşidi vardır: mutualizm, kommensalizm ve parazitizmdir.

Mutualizmde, her iki organizma, aralarındaki işbirliğinden yarar sağlar. Örneğin termitler sindirim sistemlerinde yaşayan, selülozu sindiren mikroorganizmalara sahiptir. Termitler, bu mikroorganizmalar olmadan, yedikleri odundan hiçbir besin sağlayamazlar. Diğer yandan, termitler, bu mikroorganizmalara besin ve yaşama yeri sağlarlar. Sığırların, sindirim sistemlerinde yaşayan organizmalarla benzer bir işbirliği vardır.

Ekosistemler kararlı görünse de zamanla değişme geçirirler. Değişme, ekosistemde yaşayan organizmaların çevreyi değiştirmesiyle meydana gelir. Her ekosistem, **ekolojik süksesyon** olaylarından sonra, **klimaks** denilen ideal bir duruma gelişme eğilimindedir. Klimaks topluluk milyonlarca yılda gelişir. Klimaks topluluklar çoğunlukla baskın bitki formlarıyla nitelendirilir. Bir klimaks topluluğun baskın bitkileri çevrenin fiziksel etkenleri tarafından belirlenir. Yeterli yağış ve uygun toprağın olduğu yerde, klimaks topluluk büyük olasılıkla bir ormandır. Orman yapısını destekleyecek yeterli su yoksa klimaks topluluk çayır ve diğer bazı bitki çeşitlerinden meydana gelir. Hayvan yaşamı bitki toplulukları ile değişir.

## EKOSİSTEMDE BESLENME VE ENERJİ İLİŞKİLERİ

Bir ekosistem mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar gibi her çeşitten organizmalar içerir. Bu organizmalar pek çok düzeyde birbirini etkiler, ancak **besin** ve **enerji ilişkileri** bunlar arasında en önemlileridir.

Kendibeslekler, gereksinimleri olan tüm organik besinleri inorganik bileşiklerden sentezleyebilen organizmalardır. Kendibesleklerin çoğu fotosentez yapabilirler; bununla birlikte, çok azı kemosentez yaparlar. Kendibeslekler, doğrudan veya dolaylı olarak, kendi besinlerini sentezleyemeyen, hayvanları da kapsayan organizmalar olan, dışbesleklerin tüm besinini sağlarlar. Dışbeslekler, ne yediklerine ve besinlerini nasıl sağladıklarına bağlı olarak birkaç gruba ayrılırlar. Dışbeslekler otçulları, etçilleri ve çürükçülleri içerir.

Otçullar, sadece bitkilerden beslenen hayvanlardır. Tavşanlar, siğirler, atlar, koyunlar ve geyikler otçullardır. Etçiller, diğer hayvanlardan beslenen hayvanlardır. Etçiller arasında bazıları **yırtıcılar** ve bazıları **leşçiller**dir. Aslanlar, şahinler ve kurtlar gibi yırtıcılar, avlarına saldırır, onları öldürür ve vücutlarından beslenirler. Leşçiller buldukları ölü hayvanlardan beslenirler. Akbabalar ve sırtlanlar leşçillerdir. Omnivorlar, bitkilerden ve hayvanlardan beslenen hayvanlardır. İnsanlar ve ayılar omnivordurlar. Çürükçüller, bitki ve hayvan ölümlerinin kalıntılarının ayrıştırılması ile besinlerini sağlayan organizmalardır. Pek çok bakteri ve mantar çürükçül olarak işlev görürler.

## Madde ve Enerji Döngüleri

Dünyanın, dolayısıyla ekosistemlerin yegâne enerji yegane enerji kaynağı güneştir. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin büyük bir kısmı temel üretici konumunda olan bitkiler tarafından tutulmakta, fotosentez yoluyla besin enerjisine çevrilmektedir. Birinci basamak tüketiciler bitkilerden beslendikleri zaman, besin maddelerindeki bu kimyasal enerjiyi bünyelerine alırlar. Besin maddelerinden sağladıkları bu kimyasal enerjinin bir kısmını kendi yaşam etkinlikleri için haclarken, bir kısmını da değişik yollarla diğer canlılara aktarırlar. Bu arada, ölen bütün canlılardaki kimyasal enerji de ayrıştırıcılar tarafından kullanılır. Enerjinin bu taşınımına "enerji aktarımı" denir. Güneşten başlayan bu enerji taşınımı tek yönlüdür ve canlılar tarafından kullanılmayan kısmı çevreye ısı enerjisi olarak verilir. Uzun bir süreçte, dengeli bir ekosistemde, tüm enerji girdileri ve çıktıları eşit olur.

Bir ekosistemin doğal dengesini koruyabilmesi ve varlığını sürdürebilmesi, madde ve enerji döngüsü ile tüketilen maddelerin yeniden üretim için ekosisteme geri dönmesine bağlıdır. Fotosentezle inorganik maddelerden üretilen doğal organik maddeler, üreticilerden, son basamak tüketicilere kadar aktarılır. Cansız ortamdan sürekli olarak alınan inorganik maddelerin, kimyasal dönüşümün ardından, canlı öğeler arasında aktarıldıktan sonra, cansız ortama tekrar verilmesi işlemine "madde döngüsü" denir. Madde dolaşımında görülebilecek herhangi bir aksama, ekosistemde aksamalara neden olmaktadır. Her ekosistemin ham madde varlığı sınırlıdır ve yerine konmadığı takdirde tükenmeye mahkûmdur. Madde döngüsünde tükenmeyen tek unsurun güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir (Eriç, 1984).

Madde döngüsünün enerji döngüsünden farkı, tek yönlü bir taşınım göstermemesi, ekosistem içinde devir yapmasıdır. Bu maddeler bir canlıdan diğerine geçerken, kimyasal değişime uğramakta ama hep ekosistem içinde kalmaktadırlar. Bu kimyasal maddelerin ana kaynağının cansız doğa olduğu

kabul edilirse, canlılar bu maddeleri yaşamları için kullanmakta, onlar ölünce de bu maddeler toprağa geri dönmektedir.

### **Üreticiler, Tüketiciler ve Ayrıştırıcılar**

Birkaç küçük ekosistem dışında, tüm ekosistemlerde, kendibeslekler bitkiler ve diğer fotosentez yapan organizmalardır. Bunlar, enerjiyi güneşi ışığından alırlar ve onu şekerler ve nişasta sentezi için kullanırlar. Bu maddeler, bitkinin gereksinim duyduğu organik bileşiklere dönüştürülebilir veya enerji için yıkabilirler. Dışbeslekler, canlılık işlemleri için, organik bileşiklerde depolanan kimyasal enerji dışında, enerjinin herhangi bir şeklini kullanamazlar. Bu organik besinler, bitkiler ya da hayvanlar olabilen, diğer organizmaların ürünlerinden sağlanmalıdır. Kendibeslekler (fototrof ve kemotroflar), inorganik bileşiklerden organik bileşikler (besin) üretebilen, bir ekosistemde, üreticiler denilen yegane organizmalardır. Dışbeslekler, başka organizmalardan besin sağlamak zorunda olduklarından, tüketiciler olarak adlandırılır.

Çürükçüller ekosistemde önemli rol oynarlar. Çürütücü veya ayrıştırıcı organizmalar olarak işlev yaparlar. Ekosistemin diğer üyeleri tarafından kullanılacak maddeleri serbest bırakarak, ölü bitki ve hayvan kalıntılarını ayrıştırırlar. Bu yolla pek çok önemli madde ekosisteme geri döndürülür.

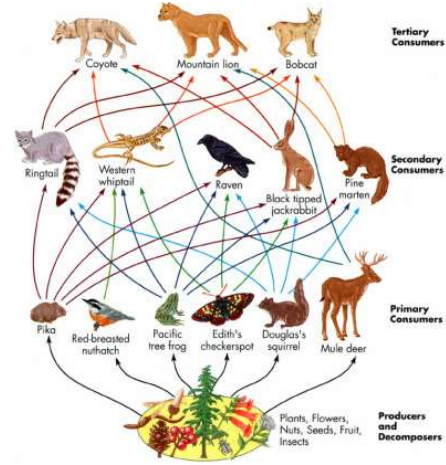
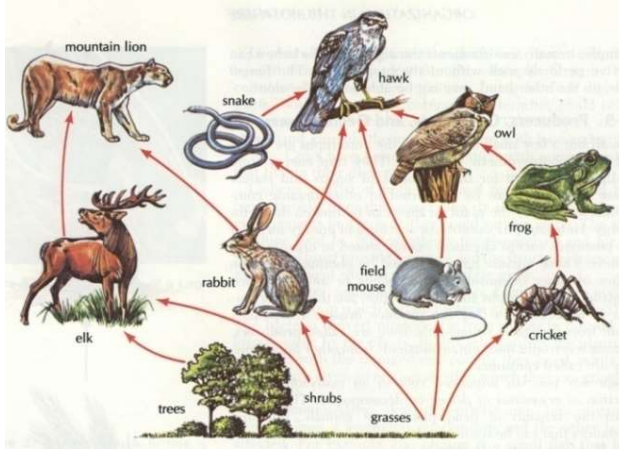
### **Besin Zincirleri ve Besin Ağları**

Bir ekosistem içinde, her zaman üreticilerle başlayan, bir enerji akış yolu vardır. Üreticiler tarafından üretilen, organik bileşiklerde depolanmış enerji, bitkiler yenildiğinde tüketicilere aktarılır. Bitkilerden beslenen, otçullar (herbivorlar), ilk veya birinci sıradaki tüketicilerdir. Bitki yiyen hayvanlardan beslenen etçiller ikincil veya ikinci sıradaki tüketicilerdir. Örneğin, fareler bitkilerden beslenir ve birinci düzeydeki tüketicilerdir. Fareleri yiyen yılan ikinci düzeydeki bir tüketici iken, yılanı yiyen şahin üçüncü düzeyde bir tüketicidir.

Çoğu tüketicilerin değişken besinleri olduğundan, avlarına bağlı olarak ikinci, üçüncü veya daha yüksek düzeyde tüketiciler olabilmektedirler. Bu beslenme ilişkilerinin her biri, bir besin enerjisinin geçtiği bir organizmalar dizisi, bir **besin zinciri** oluşturur (Şekil 1-6). Bir ekosistemde beslenme ilişkileri hiçbir zaman sadece basit bir zincirleme değildir. Her bir beslenme düzeyinde pek çok organizma çeşidi ve bir ekosistemde her zaman pek çok besin zinciri vardır. Bu besin zincirleri, bir **besin ağı** oluşturacak şekilde, çeşitli noktalarda birbirine bağlıdır (Şekil 1-7).

Bir ekosistemin her düzeyinde **ayrıştırıcılar** vardır. Ayrıştırıcılar, sistemdeki tüm organizmaların atık ve kalıntılarını yeniden kullanıma sokarlar. Bu materyallerdeki enerjiyi, kendi metabolizmaları için kullanırlar. Bu sırada, organik bileşikleri inorganik bileşiklere yıkar ve sistemdeki maddeleri yeniden kullanılabilir yaparlar. Ayrıştırıcılar, her besin zinciri ve besin ağının son tüketicileri olarak düşünülebilirler.





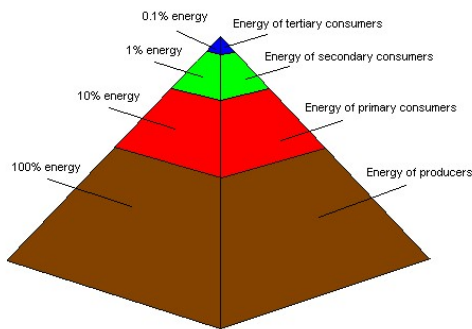
Şekil XX. Besin zinciri ve besin ağları

### Enerji Piramitleri ve biyokütle

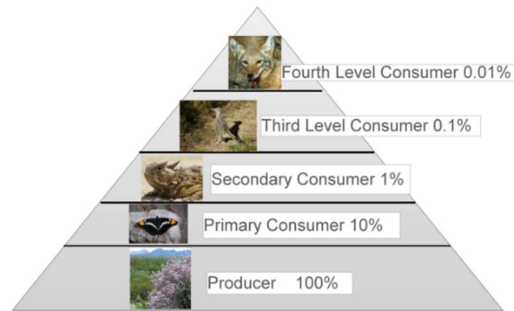
Bir besin ağında kullanılabilir enerji miktarı, her bir üst beslenme düzeyi ile azalır. Bunun nedeni, besin olarak alınan enerjinin küçük bir bölümünün yeni doku olarak depolanmasıdır. Alınan besinin çoğu sindirilmeyen ve emilime konu edilmez. Bundan başka, besindeki enerjinin büyük bir kısmı solunum ve bakım için kullanılır. Bu enerji ısı olarak kaybedilir. Sonuç olarak, herhangi bir beslenme düzeyinde, alınan enerjinin, yaklaşık sadece yüzde 10'u yukarıya doğru ilerleyen beslenme düzeyine geçirilir.

Bir ekosistemde **kullanılabilir enerji miktarı**, çoğunlukla bir piramit, enerji piramidi şeklinde gösterilir (Şekil 1-8). Enerjinin en yüksek miktarı, piramidin tabanında, üreticilerde bulunur ve en az enerji piramidinin tepesinde, tüketicilerin en üst düzeyinde bulunur. Kullanılabilir enerjinin miktarı yukarıya doğru aşırı derecede azaldığından dolayı, bir ekosistemde, çoğunlukla dörtten daha fazla beslenme düzeyi bulunamaz.

Kullanılabilir toplam enerji miktarı her bir beslenme düzeyi ile azaldığından, her bir düzeyde desteklenen canlı organizmaların toplam kütlesi de azalır. Bu ilişki bir piramitle de gösterilebilir. Biyokütle piramidi olarak bilinen bu ilişki, akraba organizmaların kütlesini, her bir beslenme düzeyindeki biyokütleyi, gösterir. En yüksek biyokütle miktarı, en alt düzeyde, üreticilerde bulunur. En düşük biyokütle en üst düzeydeki tüketicilerde bulunur.



Şekil XX. Ekolojik piramit



Şekil XX. Enerji piramidi

## Ekolojik Ardışım (Süksesyon)

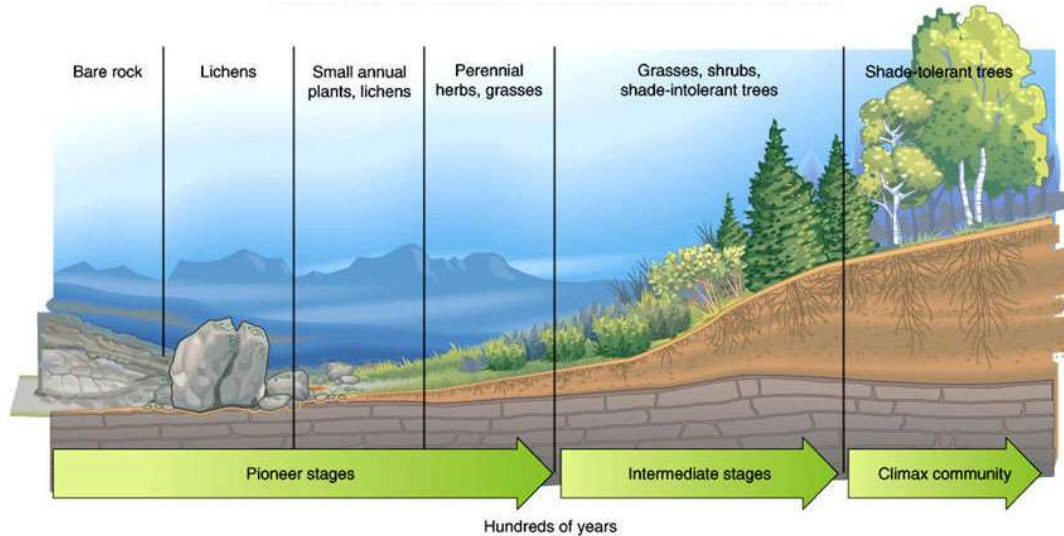
Ekosistemler kararlı gözükmeyle birlikte, zamanla değişim geçirirler. Bu değişim, ekosistemde bulunan canlı organizmaların çevreyi değiştirmelerinden meydana gelir. Bu değişikliklerin bazıları, çevreyi yeni tip organizmalar için daha uygun ve mevcut organizmalar için daha az uygun yapma eğilimindedir. Böylece, bir ekosistemin orijinal organizmaları diğer çeşitlerle kademeli olarak yer değiştirirler. Yeni bir topluluk, ekosistemde orijinal topluluğun yerini alır. Zaman geçtikçe, bu topluluk da başka bir toplulukla kademeli olarak yer değiştirir. Mevcut topluluğun bir başka toplulukla kademeli olarak yer değiştirdiği sürece, **ekolojik süksesyon** denir. Genelde, karasal ortamlarda, ekolojik süksesyon herhangi bir anda mevcut bitkilerin çeşidine bağlı olarak değişir. Bitkiler, üreticiler olduğundan, gelişmekte olan topluluğun çeşidini belirlerler. Toplulukta, yaşamayı sürdürebilen hayvanların çeşitleri doğrudan veya dolaylı olarak bitkilerin çeşitlerine bağlıdır.

Ekolojik süksesyonun her bir evresinde, birkaç tür, çevre ve topluluğun diğer üyeleri üzerinde en büyük etkiyi kullanırlar. Bu türlere baskın türler denir. Baskın türler tarafından çevreye yüklenen koşullar her bir süksesyonal toplulukta yaşamayı sürdürebilen diğer bitki çeşitlerini belirler.

Bir topluluktan diğerine süksesyon, olgun ve kararlı topluluk gelişene kadar devam eder. Böyle bir topluluğa klimaks topluluk denir. Klimaks topluluğa sahip bir ekosistemde, koşullar, topluluğun bütün üyeleri için uygun oldukça XXXX kadar devam eder. Bu klimaks topluluk, bir yangın, sel veya volkanik püskürme gibi felaketsel bir olay tarafından altüst edilinceye kadar ayakta kalır. Klimaks bir topluluğun yıkımından sonra, süksesyon yeniden başlar ve yeni klimaks topluluk gelişinceye kadar devam eder.

Hiçbir yaşam olmayan, örneğin, çıplak kaya üzerindeki bir alanda meydana gelen süksesyona birincil süksesyon denir. Mevcut bir topluluğun kısmen tahrip olduğu ve dengesinin altüst edildiği bir alanda meydana gelen süksesyona ikincil süksesyon denir.

**Karada süksesyon.** Karada ilk süksesyon, başlangıçta yaşamın hemen hiç olmadığı karasal alanlarda ortaya çıkar (Şekil 1-12). Bu koşullar kayalık uçurumlar, kum kumullar, yeni oluşmuş volkanik adalar ve yeni açığa çıkmış kara alanlarında mevcuttur. İlk süksesyon toprak oluşumuyla başlayabildiğinden çok yavaş bir süreçtir.



Şekil xx. Karasal süksesyon

Toprak binlerce yılda çok yavaş oluşur. Hava hallerinin etkisi işlemiyle, büyük kayalar kademeli olarak daha küçük parçalara ayrılır. Sonunda, bazı kayalar daha küçük parçalara ufalanır. Bu alana yerleşen ilk organizmalara *öncü organizmalar* denir. Bu tür organizmalar çoğunlukla bakteri, mantar ve likenleri kapsar. Bunlar kayaları daha fazla parçalar ve gelişen toprağa organik madde katarlar. Likenler açığa

çıkılmış koşullara uyarlanırlar. Likenler kök benzeri rizoidlerle kaya yüzündeki çarpıklıklara tutunurlar. Kayayı çözen asitler salgırlar. Bazı likenler ölür ve bunların kalıntıları toprağa eklenir. Yosunlar küçük toprak birikinti alanlarında ortaya çıkar. Yosunlar, likenleri gölgeleyebilir ve böylece ölmelerine neden olarak henüz gelişmemiş olan toprağa daha fazla organik materyal katarlar.

En sonunda, çayırlar ve yıllık bitkiler, organik materyallerin biriktiği bu alanlarda gelişir. Bu bitkiler öldükçe toprak zenginleşir. Küçük çalılar gelişmeğe başlar ve bunların kökleri kayaları parçalar. Bu çalılar çayırları gölgeleyip onları öldürebilir. Ağaç fideleri kök salabilir. Sonunda bu ağaçlar çalıları gölgeleyebilir. Çalılar arasında gelişen fideler muhtemelen yeterli miktarda güneş ışığına gereksinim duyarlar. Böylece, olgun ağaçlar olduklarında, orman tabanında aynı çeşit fidelerin yaşaması için yeterli güneş ışığı olmayabilir. Bununla birlikte, diğer ağaçların fideleri gölgede iyi gelişebilir. Bu yolla, bir ağaç topluluğunun yerini farklı çeşitlerde ağaçların başka bir topluluğu alır. Milyonlarca yıl sonra, bir klimaks topluluk gelişir. Klimaks topluluklar çoğunlukla baskın bitki formları koşullarıyla tanımlanırlar.

Bir klimaks topluluğun baskın bitkileri çevrenin fiziksel etkenleri tarafından belirlenmektedir. Yeterli yağış ve uygun toprağın olduğu yerde, klimaks topluluk büyük olasılıkla bir orman olmaktadır. Bununla birlikte, ormanı destekleyecek yeterli su (yağış) yoksa, klimaks topluluk çayırlardan ve bazı diğer bitki çeşitlerinden meydana gelmektedir.

Hayvansal yaşam bitki topluluklarına bağlı olarak değişir. Örneğin, bir süksesyon bir orman topluluğuna doğru geliştikçe, çayırlar ve çalılar arasında yaşayan hayvanlar, eninde sonunda orman tabanında ve ağaçların değişen düzeylerinde yaşayan hayvanlarla yer değiştirir.

İkincil süksesyon, klimaks topluluğun yok edildiği alanlarda ortaya çıkar. Örneğin, bir orman, tarım alanı açmak için kesilebilir. Tarım alanına dönüştürüldükten kısa bir süre sonra, toprak bakımsız kalırsa, sonunda diğer bir orman klimaks topluluğu ile son bulan yeni bir süksesyon başlar. İkincil süksesyonda, alanda bu kez toprak mevcuttur. Silsile toprak oluşumuyla başlamadığından, bu işlem ilk süksesyondan daha hızlıdır. Bir klimaks topluluk, ilk süksesyon için gerekli başlangıçtaki milyonlarca yıl yerine, birkaç yüz yıl sonra yeniden kurulabilir.

**Göllerde ve gölcüklerde süksesyon.** Göller ve gölcükler de, sonunda bir klimaks topluluğuna gelişen, ekolojik süksesyon evrelerinden geçebilmektedir (Şekil 1-12). Bu işlem tortu, dökülen yapraklar ve diğer enkazın kademeli olarak göl tabanına birikmesi, göl derinliğini azaltması ile başlar. Göl etrafında, bataklık yosunu ve kamışlar, sazlar ve hasırotları gibi pek çok köklü bitkiler sığ suda gelişirler. Bu bitkiler, gölün büyüklüğünü azaltarak, kademeli olarak kıyılardan içeriye doğru uzanırlar. Göl doldukça, organizmaların büyük bir popülasyonu destekleyebilecek besin maddeleşince zenginleşir. Bitki hayvanların çoğalan miktarı çökeltideki, dolgu işlemini hızlandıran organik materyali destekler. Süksesyon sürdükçe, göl bir bataklık olur. Daha sonra da, susuz kara oluşturan bataklık dolar. Kara toplulukları sucül formların yerini alır. Bir süre sonra, dolgu alanı civar topluluğun bir parçası olur.

## **EKOSİSTEMDE DÖNGÜLER**

Bütün ekosistemlerde materyallerin döngüsü canlılar ile çevre arasında meydana gelir. Organizmalar belirli maddeleri çevreden bünyelerine katarlar. Bu organizmalar öldüğünde, vücutları ayrıştırıcılar tarafından yıkılır ve bu maddeler çevreye geri döner. Canlılarla çevre arasındaki materyal döngülerine **biyojeokimyasal döngüler** denir. En yalın olarak, *biyojeokimyasal döngü*, kimyasal bir element veya elementlerin atmosfer, hidrosfer, litosfer ile biyosfer arasındaki hareket veya çevrimine verilen addır. Azot, karbon, oksijen ve su bu döngülere katılan element veya maddelerdendir.

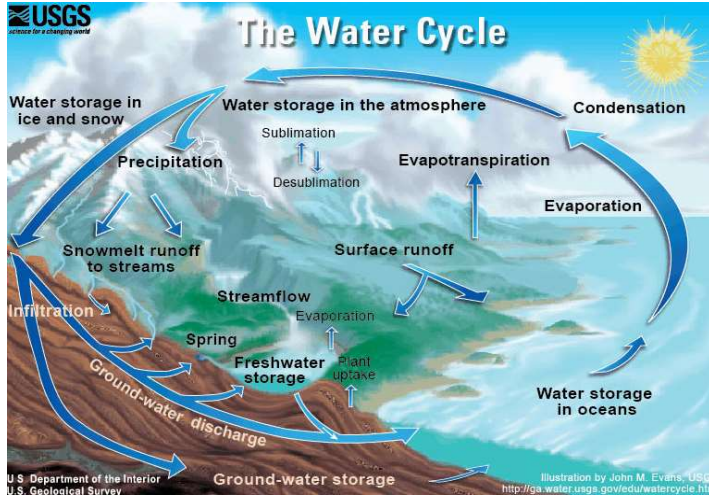
### **1. JEOLJİK DÖNGÜ**

## 1.1. Tektonik Döngü

## 1.2. Su Döngüsü

Yeryüzünde suyun döngüsü hemen tamamen fiziksel bir işlemdir. Su, havayla teması olduğu her yerde sürekli olarak buharlaşır ve su buharı şeklinde havaya karışır. Bitkiler de terleme (transpirasyon) işlemiyle suyun havaya geçişini destekler. Ancak, havanın tutabileceği su buharı miktarının bir sınırı vardır. Çeşitli fiziksel işlemlerle, havadaki fazlalık su buharı, bulut oluşturmak için yoğuşur ve yağış olarak yer yüzeyine geri döner. Su döngüsü sahip olduğumuz hemen tüm tatlı su kaynaklarını destekler.

Yeryüzü yüzeyi ile atmosfer arasındaki suyun bu döngüsüne su döngüsü denir (Şekil xx). Diğer döngülerin aksine, bu döngüye katılan herhangi bir kimyasal değişiklik ve ona dahil olan gerçek biyolojik işlemler görülmemektedir. Fotosentez sırasında bir miktar suyun kimyasal olarak hidrojen ve oksijene yıkıldığı bir gerçektir. Bu su hücrel solunumla alıkonmaktadır. Bununla birlikte, fotosentez-solunum döngüsüne katılan su miktarı, su döngüsünde dolaşan toplam miktarın sadece çok küçük bir kısmıdır.



Şekil xx. Su Döngüsü.

## 1.3. Kayaç Döngüsü

## 2. KARBON VE OKSİJEN DÖNGÜLERİ

Karbon, dünya atmosferinde karbondioksit (CO<sub>2</sub>) yapısında bulunur. Karbondioksitin atmosferdeki düzeyi sürekli artmaktadır. Endüstri devriminden önce 280 ppm olan karbondioksitin atmosferdeki miktarı, örneğin, 2018 yılında yaklaşık 410 ppm olmuştur. Karbondioksit çözülmüş olarak da yeryüzündeki sulara bulunur. Karbon döngüsünde, karbondioksit, fotosentezle atmosferden uzaklaştırılır ve hücrel solunum ve doğal organik maddelerin ayrıştırılması ile atmosfere geri döndürülür. Bu iki işlem, geçmişte atmosferde nispeten değişmez bir karbondioksit düzeyi ile korunan denge içindeydi. Ancak, günümüzde sürekli artan fosil yakıt (petrol, kömür ve doğal gaz) tüketimi, atmosfere salınan karbondioksit miktarını önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu yakıt tüketimine bağlı olarak, atmosferdeki karbondioksit düzeyi kademeli olarak artmaktadır. Bu değişimin uzun dönemli etkileri tam olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte, atmosferik karbondioksitin, yeryüzünden uzaya geri yansması gerekirken bir miktar ısıyı alıkoymasının, yer yüzeyinde bir sıcaklık artışına neden olacağı düşünülmektedir.

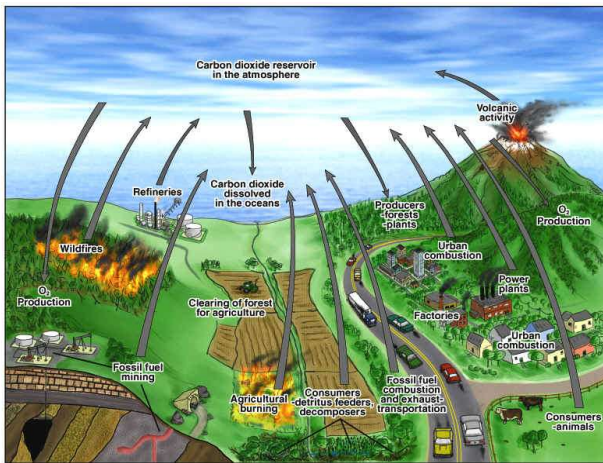
Karbondioksit, fotosentez sırasında, karbon bağlama olarak bilinen bir işlemle atmosferden organik bileşiklere geçirilir. Bu bileşiklerin bir kısmı, hücresel solunum sırasında, bu fotosentetik organizmalar tarafından yıkılır ve karbondioksit atmosfere geri salınır. Bitkiler ve diğer fotosentetik organizmalar hayvanlar tarafından besin olarak alındığında, karbon bileşikleri yukarı doğru yürüyen bir besin ağına girer. Her bir beslenme düzeyde, bir miktar bileşik, hücresel solunumla yıkılır ve atmosfere karbondioksit salınır. En sonunda da, ölü bitki ve hayvan kalıntıları ve hayvan dışkıları, karbondioksiti serbest bırakacak şekilde, ayrıştırıcılar tarafından yıkılır.

Doğal organik bileşikler, doğal olarak, sadece canlı organizmaların vücudunda ya da ürünlerinde ve kalıntılarında bulunan karbon bileşikleridir. Organik bileşikler, karbonun yanında hemen her zaman hidrojen ve çoğunlukla oksijen ve azot içerirler. Fosfor ve kükürt ile küçük miktarlarda demir, kalsiyum, sodyum, klor ve potasyum içerebilirler. Organik bileşiklerin oluşturulması açısından bu elementler içinde özellikle karbonun dolaşımı dolayısıyla karbon döngüsü çok önemli olmaktadır. Karbon biyolojik ve fiziksel çevre arasında karbon döngüsünde dolaşır. Karbon döngüsü, karbonun biyosfer, pedosfer, jeosfer, hidrosfer ve atmosfer arasındaki değişiminin biyokimyasal çevrimidir. Karbon döngüsü en çok bulunan elementin geri dönüşümünü sağlayan ve onu biyosferin tüm organizmalarının yeniden kullanımına sunan yeryüzündeki en önemli döngülerden biridir.

Karbon döngüsü çoğunlukla değişim yollarıyla bağlantılı beş büyük karbon kaynağı olarak düşünülmektedir. Bu kaynaklar, atmosfer, tatlı su kaynakları ve toprak karbonu gibi canlı olmayan organik materyal içeriği ile ayrılan karasal biyosfer yanında çözülmüş inorganik karbon ve canlı ve cansız deniz biotası içeren denizler, fosil yakıt içeren sedimentler ve volkanlar ve jeotermal sistemlerle manto ve yerkabuğundan atmosfer ve hidrosfere salınan yeryüzündeki içsel karbondur.

Yıllık karbonun devinimleri, kaynaklar arasında karbon değişimleri, çeşitli kimyasal, fiziksel, jeolojik ve biyolojik işlemlerden dolayı meydana gelmektedir. Okyanuslar yeryüzü yüzeyine yakın en büyük aktif karbon havuzunu içerirler, ancak bu havuzun derin okyanus kısmı atmosferle hızlı bir değişim göstermez.

Küresel karbon stoku karbon kaynakları veya karbon döngüsünün özgün bir çevrimi (örneğin, atmosfer – biyosfer) arasındaki karbon değişiminin (kazançlar ve kayıplar) bir dengesidir (tartıdır). Bir havuz veya kaynağın karbon stokunun izlenmesi, havuz veya kaynağın karbondioksit için bir kaynak veya bir alıcı (sink) olarak mı işlev gördüğü hakkında bilgi sağlar.



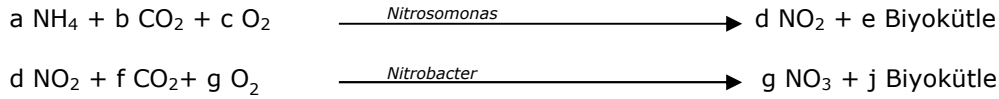
**Şekil XX. Karbon ve oksijen döngüsü**

Oksijen yeryüzü atmosferinin yaklaşık yüzde yirmi birini oluşturur. Fotosentez sırasında, su molekülleri hidrojen ve oksijene ayrılır. Hidrojen karbonhidratların oluşturulmasında kullanılır ve oksijen atmosfere salıverilir. Hayvanlar, bitkiler ve çoğu protistler hücrel solunumda oksijen kullanır ve karbondioksit salar. Böylece oksijen döngüsünde, oksijen fotosentez işlemi ile atmosfere salınır ve hücrel solunumla atmosferden alınır.

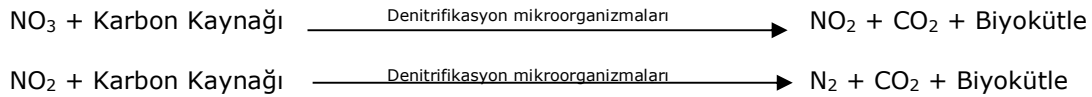
### 3. AZOT DÖNGÜSÜ

Azot canlılar için önemli bir elementtir. Proteinleri oluşturan aminoasitlerin ve çekirdek asitlerini yapan nükleotitlerin temel bir bileşenidir. Azot gazı yeryüzü atmosferinin %79'unu meydana getirir. Ancak, organizmaların çoğunun azot gazını doğrudan kullanma yetenekleri yoktur. Bunların azot sağlayabilecekleri bileşiklerin, inorganik azot bileşikler şeklinde olması gerekmektedir. Bitkilerin çoğu azotun sadece iki inorganik formundan, amonyak (NH<sub>3</sub>) ve nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)'tan yararlanabilir. Çoğunlukla nitrat, bitkiler için başlıca azot kaynağıdır. Bitkiler, nitrat ve amonyaktan, örneğin, proteinler ve çekirdek asitleri gibi azot içerikli organik bileşiklerini sentezleyebilirler. Aksine, hayvanlar bu yetenekten yoksundur. Hayvanlar azotu sadece organik bir formda kullanabilirler. Sonuçta, hayvanlar azot gereksinimlerini karşılamak için bitki ya da diğer hayvanları yemek zorundadırlar.

Organizmaların atık ve kalıntılarındaki azotun, canlı bitkiler tarafından yeniden kullanılabilmesi için yararlanılabilir formda, yani amonyak veya nitrat yapısında olması gerekir. Bu dönüşüm, bitki ve hayvan kalıntılarındaki karmaşık organik bileşikler parçalayan ayrıştırıcıların etkinliği ile başarılmaktadır. Ayrıştırma sırasında, organik bileşiklerdeki azotun çoğu amonyak olarak serbest bırakılır. Bunun bir kısmı doğrudan bitkiler tarafından alınabilmekte, ancak çoğu *nitratlaştırma* (nitrifying) *bakterileri* tarafından hızla nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ve sonunda nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dönüştürülerek bitkilerin yeniden kullanımına sunulmaktadır.

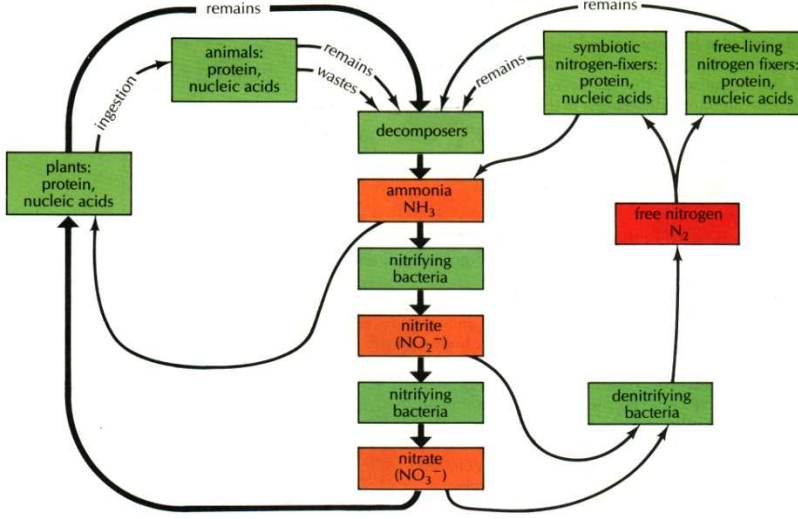


Toprak ve sudaki nitratın tamamı bitkiler tarafından geri alınmaya kadar, nitrat olarak kalmaz. Bir yandan da denitrifikasyon bakterileri canlılık işlemleri için nitrit ve nitratı azot gazına, N<sub>2</sub>, dönüştürerek enerji elde ederler. Atmosfere salıverilen bu azot formu, bitkiler ve hayvanlar tarafından kullanılamaz. Bununla birlikte, azot gazı bitkilerin yararlanabileceği bir yapıya dönüştürülebilir. Çok az bir çeşitteki bakteri ve mavi-yeşil alg, azot gazını, **azot bağlama** adı verilen bir işlemle doğrudan amonyağa dönüştürür.



Bu azot bağlayıcıların bazıları serbest yaşarlar. Ürettikleri amonyak, azot içerikli bileşiklerinin sentezinde kullanılır. Diğer azot bağlayıcılar simbiyotiktir. Konak bir bitki ile yakın bir ilişki içinde yaşadıklarında ancak azot bağlarlar. Bu simbiyotik ilişkilerde, azot bağlayıcılar, amonyağı kendileri kullanır ve bir kısmını da doğrudan konak bitkiye sunarlar. Bu azot bağlayıcılar öldüğünde, içerdikleri azot ayrıştırma ile geri dönüştürülür.

Şekil 37-9 azot döngüsünün çeşitli yollarını göstermektedir. Azot döngüsü, topraktaki kullanılabilir azot düzeyini oldukça sabit tutar. Azot döngüsü ayrıca göllerde, akarsularda ve denizlerde meydana gelir. Geri dönüştürülen azotun çoğu bileşik formunda kalır. Sadece küçük bir bölümü atmosferde döner.

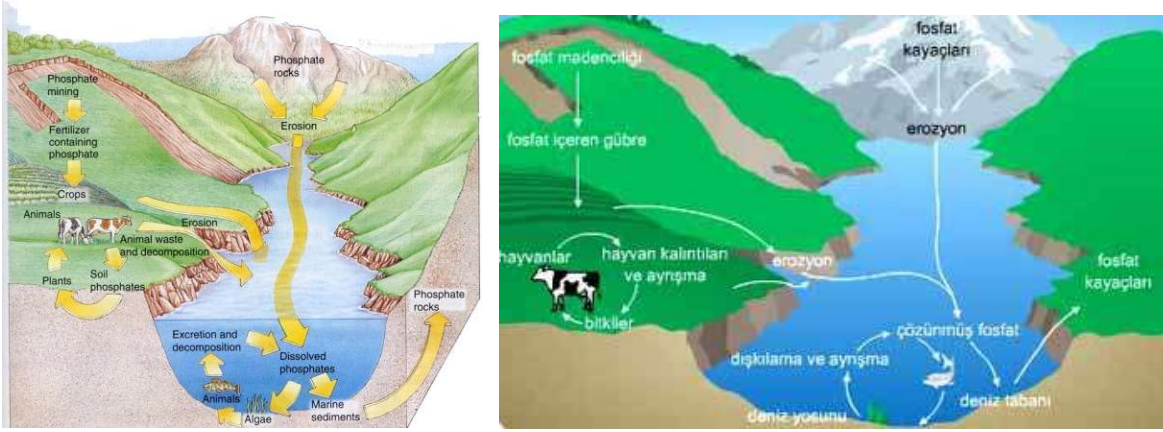


**Şekil xx. Azot Döngüsü**

### Fosfor Döngüsü

Fosfor yaşam için gerekli temel elementlerden biridir ve özellikle, sığ göller gibi sucul ekosistemlerde, çoğunlukla bitki gelişimi için sınırlandırıcı bir besindir. Hücrelerde nükleik asitlerin ve enerji aktarımlarını sağlayan adenozin trifosfat (ATP) molekülünde, hücre zarının yapısında, ayrıca kemik ve dişlerin yapısında bulunur. Fosfor diğer elementler gibi doğada bileşikler halinde bulunur. Fakat bu bileşikler suda kolay çözünmezler. Fosfor bileşikleri özellikle kemik, diş, kabuk gibi hayvansal atıklarda ve doğal kayalarda bulunurlar. Bu bileşikler suda çözünmedikleri için diğer bazı bileşiklerle, örneğin, en başta nitrat ve sülfürik asit ile reaksiyona girerler. Suda kolay kolay çözünmeyen fosfatlı bileşikler bu yolla çözülürler ve oluşan fosfat tuzları bitkiler tarafından absorbe edilebilirler. Bitkilerin hayvanlar tarafından besin olarak tüketilmesiyle fosfor dolaylı yoldan hayvanlara geçmiş olur. Fosfat, organizma artıkları ile toprağa geçer ya da çözülmeyen bileşikler şeklinde diş, kemik ve kabukların yapısına katılırlar.

Fosfat, kuş ve balıkların kemiklerinde de bulunduğu için, bu hayvanların ölmesi halinde fosilleri kayalara gömülebilir. Fosfat bileşiklerini ihtiva eden bu kayalar, yeryüzü hareketleriyle parçalanmaya uğrayarak tekrar doğaya karışabilir. Bunun yanında volkanik faaliyetlerle magma tabakasından yeryüzüne ilave olarak fosfat kazandırılabilir. Yine bazı tür bakteriler ortamda bulunan fosfatlı bileşikleri kemosentez reaksiyonlarıyla işleyerek çözünebilen fosfat tuzları (CaHPO ve CaSO gibi) haline getirebilirler. Fosfor döngüsünün temelini, fosforun karalardan denizlere veya denizlerden karalara taşınması oluşturur. Fosfatlı kayalardaki fosforun bir kısmı, erozyon yoluyla suda çözülmüş hale gelir. Bu inorganik fosfat, bitkilerce, suda çözülmüş ortofosfat biçiminde alınır, organik fosfatlara çevrilir. Beslenme zinciriyle otçul ve etçil hayvanlara aktarılır. Bitki artıkları, hayvan ölüleri ve salgılarındaki organik fosfatlar, ayrıştırıcı mikroorganizmalar yardımıyla inorganik duruma çevrilir. Böylece yeniden bitkilerce alınmaya hazırdır. Jeolojik hareketlerden başka, fosforun denizlerden karalara dönüşü, balıkçılık ve balık yiyen deniz kuşlarının dışkıları yoluyla olur.



**Şekil XX. Fosfor döngüsü**

### **Kükürt Döngüsü**

Kükürt pek çok proteinin, vitaminin ve hormon molekülünün bileşiminde bulunan elementlerden biridir. Toprakta ve proteinlerin yapısında bol miktarda bulunur. Ancak, bitkiler kükürdü sülfatlara çevrildikten sonra kullanabilirler. Kükürt içeren proteinler, önce topraktaki çeşitli organizmalar aracılığıyla kendilerini oluşturan aminoasitlere parçalanır. Ardından aminoasitlerdeki kükürt başka bir dizi toprak mikroorganizması yardımıyla hidrojen sülfüre dönüşür. Hidrojen sülfür oksijenli ortamda, kükürt bakterileri aracılığıyla önce kükürde sonra sülfata çevrilir. Sülfatlar da başka bakteriler tarafından yeniden hidrojen sülfüre dönüşür.

Bitki veya hayvanlar öldüğünde, yapılarındaki proteinin parçalanmasıyla kükürt  $H_2S$  şeklinde açığa çıkar.  $H_2S$  kükürt bakterileri tarafından önce  $S$  'ye daha sonra da  $S_4O^{2-}$  iyonuna dönüştürülür.  $S_4O^{2-}$  iyonları, bazen doğada serbest olarak reaksiyona girerek sülfatlı bileşikler de verebilirler. Sülfatlar da başka bakteriler tarafından yeniden hidrojen sülfüre ( $H_2S$ ) dönüşür. Organizmalar tarafından alındığında, kükürt içeren iki aminoasit olan Sistein ve Metionin'nin yapısına katılırlar.

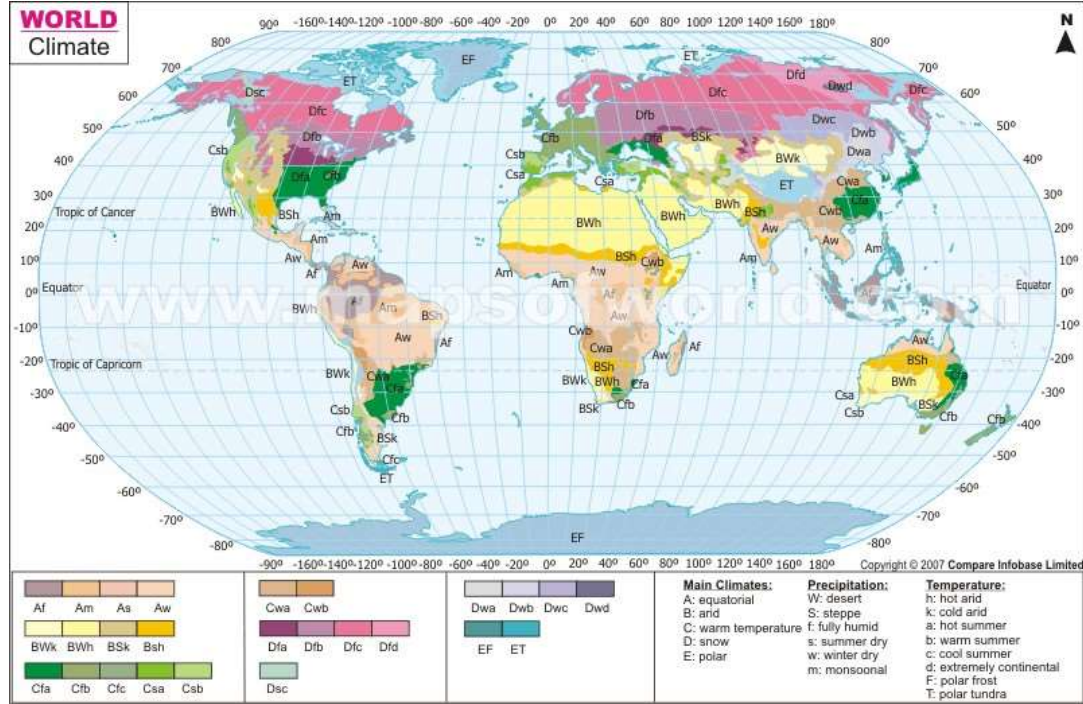
## **YERYÜZÜNÜN BAŞLICA BİTKİ VE HAYVAN TOPLULUKLARI**

İklim, çok uzun zaman dilimlerine ait hava durumu istatistikleridir. İklim sıcaklık, nem, atmosferik basınç, rüzgâr, yağış, atmosferik tanecik sayısı ve çok uzun zaman dilimleri için belirli bir bölgeye ait diğer meteorolojik değişkenlerin ölçülendirilmesidir. İklim, bu değişkenlerin sadece belirli bir bölgeye ait kısa dönemli koşullarını açıklayan hava durumundan ayrılır. Bir bölgenin iklimi, atmosfer, hidrosfer, kriosfer, litosfer ve biyosferden oluşan beş bileşene sahip **iklim sistemi** ile ortaya çıkar.

Bir yerin iklimi, enlem, yeryüzü parçası ve yükselti yanında bir o kadar da büyük su kütleleri ve büyük su akıntıları tarafından etkilenir. İklimler, farklı değişkenlerin, çok büyük oranda da **sıcaklık** ve **yağışın** ortalamasına ve özgün çeşitliliğine (typical ranges) göre sınıflandırılırlar (Şekil. XX). En yaygın kullanılan iklim tasarı (şeması) **Köppen'in iklim sınıflandırmasıdır**. 1948 yılından bu yana kullanılmakta olan Thornthwaite sistemi, buharlaşma ve terleme (evapotranspirasyon) ile birlikte sıcaklık ve yağış bilgilerini birleştirmekte ve biyolojik çeşitliliği ve iklim değişikliğinin onu nasıl etkilediğini araştırmada



kullanılmaktadır. Bergeron ve Uzamsal Sinoptik Sınıflandırma sistemleri bir bölgenin iklimini belirleyen hava kütlelerinin kaynağı üzerine odaklanmaktadır.



Şekil XX: Yeryüzünde Temel İklim Kuşakları ve Yağış ve Sıcaklık İlişkileri

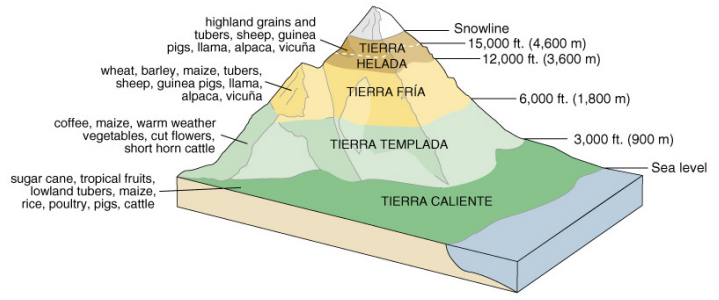
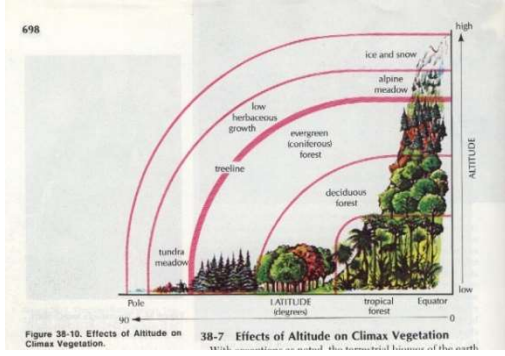
Köppen'in sınıflandırmasında Temel İklimler: A: Ekvatorial, B: Kurak, C: Ilık sıcaklık, D: Kar, E: Kutup olarak 5 başlık altında toplanmaktadır.

**Yağışa göre:** W: çöl, S: Bozkır, Step, f: çok nemli, s: yaz susuzluğu, w: kış susuzluğu, m: muson alanlarını gösterir.

**Sıcaklığa göre:** h: sıcak çöl, k: soğuk çöl, a: sıcak yaz, b: ılık yaz, C. soğuk yaz, d: aşırı karasal, F: donmuş ktup, T: kutup tundra olarak sıralanmaktadır.

Bu sınıflandırma sistemine göre iklim kuşakları genellikle **Temel İklim, Yağış ve Sıcaklığı** temsil eden üç harfle gösterilmektedir. Örneğin, Dfc: Karlı, çok nemli, soğuk yazı göstermektedir. Bu iklim kuşağı Tayga içinde kalmaktadır. Diğer yandan, BWh: Kurak, çöl, sıcak çöl olarak Sahra, Arabistan, Avustralya vb. sıcak çölleri göstermektedir. Bunun yanında BWk: Kurak, çöl, soğuk çöl olarak Gobi vb. soğuk çölleri simgelemektedir (Şekil XX).

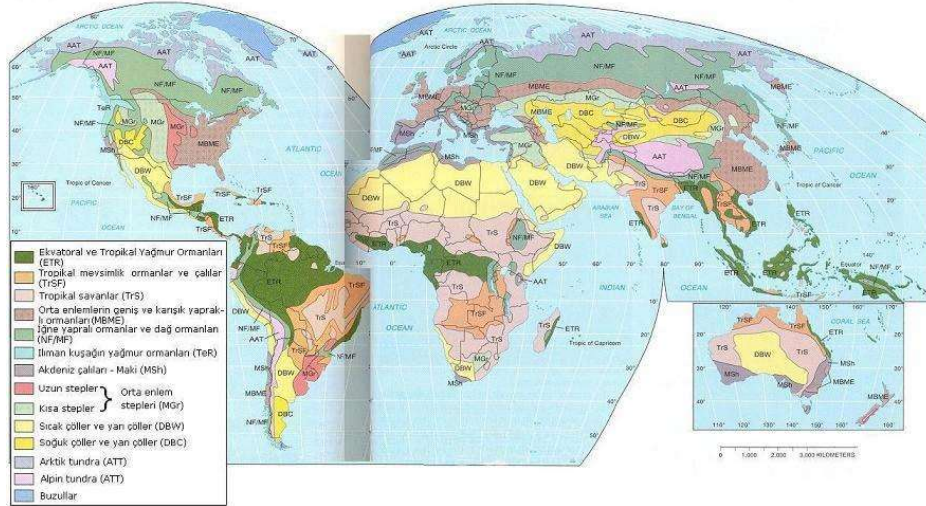
İklimlerin sınıflandırılmasında sıcaklık, yağış miktarı, yağış rejimi ve yağış - buharlaşma ilişkisi gibi ölçütler kullanılmaktadır. Yeryüzündeki büyük iklimler ve bu iklimlerin özellikleri, bu iklimlere uyum sağlamış bitki örtüleri ve buna bağlı hayvan topluluklarını şekillendirirler. Bitkilerin bir alandaki dağılımına bağlı olarak hayvanların dağılımını belirleyen biyokütlelere **büyük coğrafik bölgeler** denir. Belirli bir klimaks topluluk içeren bu coğrafya bölgelerine **biyomalar** denir. Karasal durumda, büyük coğrafi bölgeler, klimaks topluluk oranı farklı bitki çeşitleriyle öne çıkarlar. Örneğin, çayırlar klimaks topluluklar olabilir. Klimaks topluluk herdem yeşil konifer bitki türlerini içerebilir.



Yükseltinin iklim ve vejetasyona etkileri

## Büyük Coğrafi Bölgeler (Biyomalar)

Ekosistemlerin uzun zaman içinde büyük bir değişmezlik ya da kararlı denge kazanmasını sağlayan dinamik süreçlere süksesyon denir. Bir gelişim ortamındaki çeşitli bitki topluluklarının belirli zaman aralıklarıyla birbirlerini izleme sürecidir. Belirli çevre koşullarına en iyi biçimde uyum sağlamış olan ve devamlılık gösteren bitki toplulukları klimaks olarak adlandırılır.



Yeryüzünde Büyük Coğrafi Bölgeler (Biomes)

## TUNDRALAR

Tundralar Kuzey Amerika'dan Sibirya'ya kadar uzanır. Güney Kutbunda aynı enlem denizlerle kaplıdır. Düşük bir ortalama sıcaklık ve kısa, 60 günlük bir vejetasyon dönemi söz konusudur. Uzun geceli soğuk günlerde toprak tamamen donmuş durumdadır. Kısa yaz süresince toprağın sadece üst katmanı çözülür. Bunun altındaki, 12 ay boyunca donmuş olan katmana permafrost denir. Yıllık yağış miktarı çok düşük, 10-12 cm dolayındadır. Bununla birlikte çok düşük buharlaşmadan dolayı bölge nemlidir. Ilık sezon boyunca bataklıklar oluşur. Bu dönemde yüksek çözülme olduğundan alanlar küçük gölcüklerle kaplanır.



Grönland



Sınırlı bitkilerin yer aldığı vejetasyon likenler, yosunlar, çayırlar, çalılar ve çayır otlarından oluşur. Bu bitkiler, kısa gelişim dönemlerinden dolayı toprağın çözünen üst katmanında yetişir, ancak permafrosttan dolayı hiçbir ağaç gelişemez. Gelişen bu vejetasyon sınırlı sayıda hayvan varlığını destekleyebilecek uygunluktur.



#### Tundralar

Tundraların başlıca karakteristik hayvan türleri: Ren geyiği, mask öküzü, Kuzey Amerika'ya özgü ren geyiğine benzer birkaç cins geyik, kurtlar, kutup tavşanları, kutup tilkileri, kar baykuşları, Kuzey Amerika'ya özgü bir çeşit kır sıçanı (*Lemmus lemmus*), orman tavuğu (*Logopus albus*)'dur. Ayrıca, 60 günlük ılık dönemde de çok sayıda çeşitli hayvan ve özellikle çeşitli sinek türleri görülür. Bundan başka, beyaz karınlı, yeşil bacaklı ördekler (*Tringa hypoleuca*) ve kazlar gibi göçmen kuşlar da bu bölgelerde kuluçkaya yatar ve ürerler.



Tundralarda Ren Geyiği (Caribou), *Rangifer tarandus*

Yayılış alanları

#### **TAYGA, SOĞUK ORMAN KUŞAĞI (BOREAL ZON)**

Rusçada, kuzey yarıkürede, özellikle Sibiryada tundranın bittiği yerlerde güneye doğru olan soğuk,

bataklık ve ormanlık bölgeleri tanımlamak için Altay dili Şor lehçesinde *tayga* kökenli *taigá* terimi kullanılmıştır. Tayga konifer ormanların karakterize ettiği bir biomedir. Kanada adalarının çoğu, Alaska, İsveç, Finlandiya, iç Norveç, Kuzey İskoçya ve Rusya (özellikle Sibirya), bunun yanında ABD'nin karasal, kuzey uç kısımları, kuzey Kazakistan, kuzey Moğolistan, Japonya'nın kuzeyini kaplayan tayga, dünyanın en geniş karasal biomesidir. Tayga terimi daha sıkça sadece Arktik ağaç sınırının kuzeyindeki daha verimsiz alanları belirtmek için kullanılırken, bu biomenin daha güney kısımları için çoğunlukla *Boreal Orman* terimi kullanılmaktadır. Boreal orman veya kar ormanı olarak da bilinen Tayga, çoğunlukla çamlar, ladinler ve melezlerden oluşan konifer ormanların karakterize ettiği bir biyomadır.

Kuzey Amerika ile Asya, Bering kara köprüsü ile bağlantılı olduğundan, bazı hayvan ve bitkiler (bitkilerden çok hayvanlar) her iki kıtada yerleşebilmiş ve tayga biomesinde yayılmışlardır. Diğer bazı hayvan ve bitkiler, tipik olarak her bir cinsin birkaç farklı türünün bulunduğu tayganın farklı bölgelerine yerleşerek bölgesel olarak ayrılmışlardır. Taygaların, çoğunlukla çok uç kış soğuklarından korunmuş alanlarda, huş, kızıl ağaç, söğüt ve titrek kavak gibi küçük yapraklı ağaçları da vardır. Ancak, yaprak döken melez (*Larix* sp.) doğu Sibirya'da kuzey yarıkürenin dondurucu kışlarına dayanmaktadır. Tayganın en güney kısımlarında, koniferler içinde dağılmış olarak meşe, akçaağaç, karaağaç ve ıhlamur gibi ağaçlar da bulunabilmektedir. Bu ılık alanlarda, tayga, Kore Çamı, Jezo Ladini, Manchurian Gökarnı gibi sıcak seven türlerle daha yüksek tür çeşitliliğine sahip olmakta ve kademeli olarak karışık ılıman orman veya daha yerel olarak ılıman yağmur ormanları koniferlerine birleşmektedir.

Dünyanın en geniş karasal biomesi olan ve dünya orman örtüsünün %29'unu Tayga oluşturur. Kuzey yarıkürede en düşük güvenilir sıcaklık ölçümleri Rusya'nın kuzeyinde, taygada kaydedilmiştir. Tayga ya da boreal orman mevsimlere göre çok geniş sıcaklık farklılıklarına sahip bir subarktik iklime sahiptir. Bununla birlikte uzun ve soğuk kışlar tayganın baskın özelliğidir. Köppen'in iklim sınıflandırma semasında "Dsc", "Dfc" veya "Dfd" ve "Dwd" temel iklim, yağış ve sıcaklık kuşaklarını içermektedir (Şekil xx). Mevsimler arasında çok büyük sıcaklık dağılımları olan, çok sert bir karasal iklime sahiptir. Yılın çoğunda güneşin ufuk çizgisini çok fazla aşmadığı yukarı enlemlerdeki Tayga, tundradan sonra en soğuk ve kalıcı buz katmanı olan karasal biomedir.



Şekil . Tayga bitki coğrafyası



Sarıçam, *Pinus sylvestris*'in yayılışı

Çok soğuk kışları vardır. Sıcaklıklar, tüm yıl boyunca -54°C ile 27°C arasında değişir ve yılın yarısında sıcaklık ortalamaları sıfırın altındadır. Yıllık ortalama sıcaklık çoğunlukla -5 °C ile 5 °C arasında değişir, bununla birlikte doğu Sibirya ve iç Alaska-Yukon'da yıllık ortalamanın -10 °C'ye eriştiği tayga alanları vardır. Ortalama sıcaklıkların sıfırın altında kaldığı kışlar, beş ile yedi ay sürer. Yazlar, kısa olsa da, çoğunlukla serin ve nemlidir. Tayganın çoğunda -20 °C tipik bir kış günü sıcaklığı olmakta ve 18 °C de ortalama yaz günü sıcaklığı olabilmektedir. Kışın donan toprak, yazın tamamen çözülür, yani, permafrost olayı yoktur. Tundrada olduğu gibi, burada da pek çok gölcük ve bataklıklar oluşur.

Tayga yıl boyunca nispeten düşük, yıllık 20-75 cm yağış alır. Yağış esas olarak yaz ayları süresince, ancak sis ve kar olarak da yağar. Yılın çoğunda buharlaşma düşük olduğundan, yağış buharlaşmadan daha fazladır ve yoğun bir vejetasyonun gelişimi için yeterlidir. Tayga'nın en kuzey uzanımlarında (ecozone), kar, toprak üzerinde dokuz ay kadar kalabilir. Yaygın olarak Tayga olarak sınıflandırılan alanların çoğu yakın geçmişte buzullarla örtülü olan alanlardır. Buzulların çekilmesiyle topografyada oluşan çöküntüler suyla dolarak tayganın her tarafında görülen gölcük ve bataklıkları meydana getirmiştir.

**Toprak:** Toprak ince bir katman oluşturur. Tayga toprağı genç eğilimlidir. Derinliğı yetersiz ve besince yoksuldur. Ancak, ılıman yapraklı ağaç alanlarında organik maddece zengin çevre mevcuttur. Ölü yaprak ve yosunlar, organik madde desteklerini sınırlandıran soğuk, nemli iklimde orman tabanında uzun bir süre kalabilmektedir. İğne yaprak asitleri toprağın daha da süzülmesine, *podzolleşmeye* neden olmaktadır. Toprağın asit yapısından dolayı, orman tabanında gelişen sadece likenler ve bazı yosunlar bulunmaktadır.

**Flora:** İki büyük tayga ormanı çeşidi vardır. Bunlar, zemini yosun kaplı, az boşluklu pek çok ağaçtan ibaret **kapalı ormanlar** ve en kuzeydeki taygada daha yaygın olan, daha fazla boşluklu ve zemini liken kaplı **liken ağaçlıklarıdır**. En kuzeydeki taygada orman örtüsü sadece çok dağınık değil, ayrıca çoğunlukla kavruk bir gelişme yapısındadır. Asimetrik Siyah ladinde, rüzgâr yönüne bakan tarafta iğne yaprak azalması ve buz yanığı sıkça görülen bir olgudur.

Tayga ormanları, melez, ladin, göknar ve çamın baskın olduğu çok büyük oranda konifer ormanlarıdır. Taygada her dem yeşil olan ladin, göknar ve çam türleri çok sert tayga kışlarında hayatta kalabilmek için belirli biçimde bazı adaptasyonlara sahiptir. Melez tüm ağaçlar içinde soğuğa en dayanıklı olan ve yaparak dökken bir koniferdir. Kuzey Amerika'da, birkaç göknar türü ile birkaç ladin türü baskındır. Baştanbaşa İskandinavya ve batı Rusya'da Sarıçam tayganın yaygın bir bileşenidir. Tayga ağaçları, ince toprak avantajı sağlayan daha sığ köklere sahip olmanın yanında çoğu "katılma" denilen işlemlerle, donmaya karşı daha dayanıklı olmak için mevsimsel olarak biyokimyasal değişikliklere eğilimindedir. Kuzey koniferlerinin dar konik şekli ve aşağıya doğru eğilmiş dalları da, karın üzerlerinden dökülmesine yardım eder.

Taygada konifer ormanlar baskın olsa da, bazı yapraklı ağaçlara da, özellikle huş, titrek kavak, söğüt ve üveze (rowan) rastlanır. Aynı zamanda çalılar ve diğer otsu bitkiler de buranın vejetasyonuna katılır. Belirli aralıklarla ormana yer değiştiren yangınlar (tekrarlanma zamanları 20-200 yıl arasındadır) ağaç örtüsünü ortadan kaldırarak, güneş ışığının orman tabanındaki yeni bitkisel gelişimi güçlendirmesine izin verir. Yangınlar, bazı türler için taygada yaşam döngüsünün gerekli bir parçasıdır. Örneğin, Jack Çamı, *Pinus banksiana*'nın, bir yangından sonra açılan ve tohumlarını yeni açılmış toprağa serpen kozalakları vardır. Çayırlar güneşin ulaştığı bir arazi parçası buldukları yerde gelişir. Yosunlar ve likenler toprak üzerinde ve ağaç gövdelerinin yüzlerinde artış gösterirler. Ancak, daha güneydeki diğer biyomlarla kıyaslandığında, tayga düşük bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir.



Beyaz ladin, *Picea glauca*, taygası, Denali Highway, Alaska. Wolverine, Amerikan sansarı, *Gulo luscus*

Kuzey Amerika'da geniş Tundradan güneye doğru inildikçe, vejetasyon kademeli olarak değişmektedir. Belli yerlerde, seyrek halde, bodur kısa boylu ağaçlar belirir. Daha da güneye inildiğinde, ağaçlar daha yüksek boylarda ve birbirine daha yakın olarak görülür. Devamında da her dem yeşil ormanlara geçiş başlar. Her dem yeşil orman kuşağı Kuzey Amerika'ya doğru uzanan Boreal Zonu oluşturur.

**Fauna:** Tayga birkaç büyük otçul memeli ile küçük kemirgene ev sahipliği yapmaktadır. Bu hayvanlar insanlar için çok sert olan bir iklimde yaşamlarını sürdürmeye uyum sağlamışlardır. Ayılar gibi büyük memelilerin bazıları yaz süresince ağırlık kazanmak için beslenir ve kış süresince hibernasyona girer. Diğer hayvanların, soğuktan yalıtın uyarlanmış kürk örtüleri veya tüyleri vardır.

Hayvanlardan en yaygın olanları, yassı boynuzlu gevik, *Alces alces*, (sığın, moose,), kurtlar, ayılar, vaşak, geyik, sansarlar, kar (izli) tavşanları, pek çok kemirgenler, fareler, oklu kirpidir. Yok olma tehdidi ya da tehlikesindeki yabanıl yaşam türlerinin bazıları Kanada'nın Boreal ormanlarının orman ren geyiği, *Rangifer tarandus* (woodland caribou), Amerikan siyah ayısı, boz ayı ve wolverine, *Gulo luscus* (Kuzey Amerika'nın bir sansar türü)'dir. Temelde ağaçların kesilmesinden kaynaklanan habitat kayıpları bu türlerin birincil yok olma nedenidir.



Sığın (Moose), *Alces alces* (Boğa)

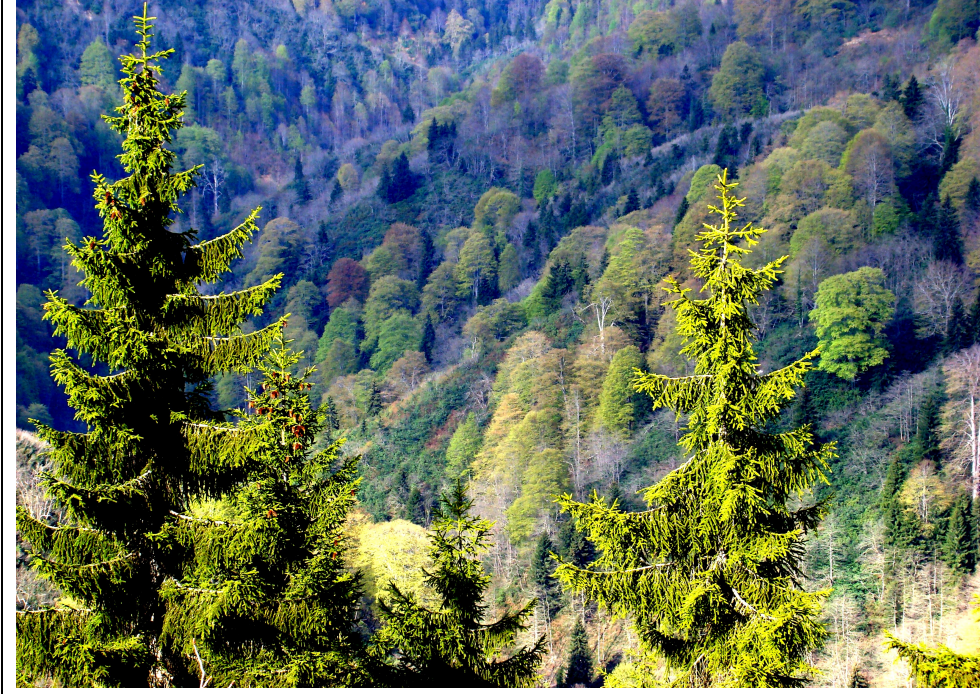


*Alces alces*'in Yayılışı

### **ILIMAN YAPRAKLI ORMAN KUŞAĞI**

Boreal zondan daha güneye inildiğinde, yağış varyasyonları ortaya çıkar. Bu kuşakta homojen bir yağış durumu yoktur ve dolayısıyla bu enlemler tek bir vejetasyonla sınırlı değildir. Yazlar sıcak ve nemli geçmektedir. Boreal kuşağın hemen güneyindeki kısımda, Kuzey Amerika'nın doğusunda yazlar sıcak

ve nemli geçer. Kışlar son derece soğuktur. Ortalama yağış 15 ile 175 cm arasında değişir. Bu kuşaktaki bitkiler, yerel iklime bağlı olarak değişmektedir. En yaygın yapraklı ağaç türü meşedir. Akçaağaç, kayın, kestane, gürgen diğer yapraklı ağaç türleridir. Benzer türden çalı ve ağaççıklar da bölgenin her tarafında yaygındır. Eğreltiler ve yosunlar da dahil olmak üzere, diğer otsu bitkiler mevcuttur. Hayvanlardan, kurtlar, altın tilki, çakal, geyik, karaca, koyun ve keçiler, sincap, tavşan ve fareler mevcuttur.



Ilıman yapraklı orman kuşağı, Doğu Karadeniz Bölgesi, Türkiye

## SAVANLAR, ÇAYIRLIK ALANLAR

**Savan** ya da **savana** tropik yağmur ormanları ile kuru çöller arasındaki geçiş bölgesinde yer alan geniş çayırlara denir. Kurak mevsimin uzun sürdüğü tropikal bölgelerde, tek tük ağaçların serpilmüş olduğu çok geniş çayırlardan oluşan bir bitki topluluğudur. Güney Afrika'da ve Doğu Afrika'da başlıca bitki topluluğu olan savan, boyları yer yer iki metreyi bulabilen köksaplı bitkilerden ve buğdaygillerden oluşur. Bu bölge, dünyanın en ilginç bazı yabani hayvan türlerinin yaşaması için uygun bir ortam sağlar. Avrupa ve Asya'nın görece kurak stepleri ile Kuzey Amerika'nın geniş çayırları da otlak olarak kullanılan alanlardır.

Coğrafi bölgelerin kesin sınırları olmadığından bunlar geçiş bölgeleriyle çevrilidir. Bu durum bitki örtüsü kuşakları için de geçerlidir. Büyük ormanların yetişmesi için yeterli olmamakla birlikte belirli ölçüde yağış alan bölgelerde geniş çayırlar uzanır. Bu çayırlara tropik bölgelerin daha az yağış alan kesimlerinde ve astropik bölgelerde savan (Karayip Yerlileri'nin dilindeki bir sözcükten türetilmiştir), kıtaların iç kesimlerinde ise step denir. Tropikal iklim bölgelerinde görülen uzun boylu ot topluluklarıdır. Geniş alan kaplayan savanlar içerisinde kurakçıl tek tek ağaçlara veya ağaç kümelerine de rastlanır. Savanların görüldüğü yerlerde yazlar yağışlı, kışlar kurak geçmektedir. Yıllık yağış 25-150 cm arasında değişir. Yaz yağışlarına bağlı olarak yeşeren bu otlar; kış mevsiminin kurak geçmesinden dolayı sararır.



Savan

Çayırılık alanlar, Kuzey Amerika, Asya, Afrika, Güney Amerika'da hem ılıman, hem de tropikal kuşakta bulunurlar. Özellikle karasal bölgelerde, iç kısımlarda büyük alanlar kaplarlar. Bu alanda belirleyici etken yağıştır, 25-75 cm'lik yağış yapraklı orman gelişimini destekleyemez. Yapraklı ağaçlar gelişemediği için çayırılık alanlar baskın vejetasyonu oluşturur. Bitki topluluğu bakımından zengindirler. Bu alanlar dünyanın en verimli tarım alanlarını oluştururlar. Pek çok çayır türü çiçekli bitkilerin tamamı nehirlerle yakın nemli alanlarda daha yoğundur.

Kuzey Amerikanın hayvanlarından Coyoto'lar, *Canis lantrans* (Amerika'da bulunan bir çeşit çakal), porsuklar, çayır yaban köpekleri (savan köpekleri), tavşan ve yer sincapları dominant hayvanlardır. Geçmişte kalan büyük bizon (bufalo) sürüleri ile antiloplar yaygın olanlardır. Kuzey Amerika'da yerlilerle yapılan savaşlarda bizonlar özellikle öldürülmüştür. Bu çayırılıkların pek çoğu, şimdilerde yerini evcil koyun ve siğirlara bırakmıştır. Zebralar, zürafalar, ceylanlar, impalalar ve diğer büyük boylu otlak hayvanları yaygındır. Yırtıcılar olarak aslanlar ve bazı felidae türleri en yaygın hayvanlardır. Yapraklı orman kuşağına göre bu zonda yaşayan kuş çeşidi daha azdır. Çayırılıklı savan topluluklarında, halka boyunlu sülün, şahinler, baykuşlar, pek çok böcek türü, özellikle çekirgeler daha fazladır.

## **ÇÖLLER**

Çöl, yeryüzünde yer alan ana biyota tiplerinden birisidir. Çöller, temel olarak ekvatorun kuzey ve güneyinde 15-40 enlem dereceleri arasında bulunan çok kurak alanlardır. Çöller birer temel ekosistemlerdir. Çöl atmosferinin çok düşük nem içeriği gece ve gündüz arasında çok büyük sıcaklık farklarının oluşmasına neden olur. Çöller, otların yetişmesini destekleyemeyecek kadar çok kurak bölgelerde bulunur. Çöllerde yağış büyük değişkenlik gösterir. Yağışın zamanı da öngörülemezdir. Yıllık yağış miktarı 25 cm'nin altındadır. Çöllerde sıcaklık günün bölümlerine göre değişir. Gündüzleri hava çok sıcak olur. Ancak geceleri sıcaklık, bazen sıfırın altında -30° C'ye kadar, aşırı derecede düşer. Bazı çöller hemen hiçbir şekilde vejetasyon içermezken, bazı çöller bazı bitki çeşitlerine sahiptir.

Çöl toprağında organik madde miktarı az olmasına karşın mineraller bol miktarda bulunur. En iyi koşullarda bile bitki örtüsü çok seyrek, toprak doğrudan güneş ışınlarına ve rüzgara açıktır. Hem yıllık hem de çok yıllık bitkiler mevcuttur, ancak çok yıllık bitkiler olarak kaktüsler tipiktir. Bu bitkiler su kaybını azaltmak için genellikle çok küçük yapraklara sahiptir ya da hiç yaprakları yoktur. Bazı bitkiler ise yeraltı organları olarak yaşarlar ve yalnızca yağışların olduğu kısa bir büyüme dönemine sahiptirler.

Çöl bitkileri, su tutumluluğunda ve üreme döngülerini tamamlamada bazı özel adaptasyonlara sahiptir. Çoğunun, bulunduğu en yüksek miktarda suyu absorbe etmelerine olanak veren, geniş alana yayılmış sığ kökleri vardır. Kaktüsler gibi pek çok çöl bitkisi, dokularında su biriktirirler. Bazı çöl



bitkileri çok kısa bir süre yaşar. Bu bitkiler, sadece birkaç gün sürebilen çok kısa süreli yağmur dönemlerinde filizlenir, çiçek açar ve tohum oluştururlar. Yıl içinde sadece birkaç yağıştan yararlandıkları da olur.



Büyük Sahra (Büyük Çöl), Kuzey Afria.



Taklamakan Çölü, Orta Asya.

Bitkiler gibi, çöllerde yaşayan hayvanlar da bu haşin çevrede hayatta kalabilmek için büyük bir çeşitlilikte uyumlar geliştirmişlerdir. Çok çetin koşullarla baş etmek zorundadırlar; su ve besin çok nadirdir, sıcaklık dramatik bir şekilde değişmektedir, kumda yürümek ve yuva kazmak zordur ve kumda dolaşma kuma gömülmeyle sonuçlanabilir. Bu sorunları aşmak için çok çeşitli fizyolojik ve davranışsal uyumlar gelişmiştir.

Tablo XX. Dünyanın en büyük on çölü

Sıra	Çöl	Alan (km <sup>2</sup> )
1	<b>Antarktik Çöl</b> (Antarktika)	14,200,000
2	<b>Arctik Çöl</b> (Arktik)	13,900,000
3	<b>Sahara Çölü</b> (Afrika)	9,100,000
4	<b>Arap Çölü</b> (Orta Doğu)	2,600,000
5	<b>Gobi Çölü</b> (Asya)	1,300,000
6	<b>Patagonya Çölü</b> (Güney Amerika)	670,000
7	<b>Büyük Victoria Çölü</b> (Avustralya)	647,000
8	<b>Kalahari Çölü</b> (Afrika)	570,000
9	<b>Büyük Havza Çölü</b> (Kuzey Amerika)	490,000
10	<b>Suriye Çölü</b> (Ort Doğu)	490,000



Gobi ölü (Moğolistan – Çin)

Çoğu geceleyin aktif olan bu hayvanlar, sıcak gündüzleri yerdeki oyuklar içinde veya bulabildikleri bir gölgede saklanarak geçirirler. Çoğu küçük olan bu hayvan geceleyin avlanır ve besin ararlar. Çöl kemirgenlerinin çoğu çok az su içerek hayatta kalabilirler. Çoğunlukla hücrel metabolizma ile üretilen ve yetikleri bitkilerde bulunan suyla idare derler. Vücut, gerekli suyun önemli bir bölümünü metabolizma ile sağlar ve metabolik sudan yararlanır.

Kanguru faresi gibi hayvanlar, besinlerde bulunan ve metabolizma sonucu ortaya çıkardıkları su ile canlılıklarını devam ettirirler. **Kanguru faresi**, Heteromyidae familyasından *Microdipodops* cinsine ait çöllerde yaşayan iki fare türüne verilen addır. Bu hayvanlara kanguru faresi ismi üstün sıçrama ve iki ayak üzerinde yürüme yetenekleri yüzünden verilmiştir. Arizona çöl tilkisi (fennec) gündüzü bir oyuk içinde geçirir ve kuşlar ve diğer küçük memelileri avlamak için sadece geceleri dışarı çıkar. Uzun kulakları vücudun fazla sıcaklığını gidermek için bir yüzey alanı sağlar. Çöllerde bulunan diğer hayvanlar yılanlar, kertenkeleler, örümcekler ve böceklerdir. Çöllerde canlı biyokütlesi çok düşüktür ve bu biyota oldukça özelleştir.



Kanguru faresi (*Microdipodops* sp.)



Arizona çöl tilkisi (The Fennec)

Kuzey Amerika, Meksika, Güney Amerika, Afrika, Asya ve Avustralya'da büyük çöl alanları vardır. Dünyaca ünlü çöller, Kuzey Afrika'da Büyük Sahra, Güney Afrika'da Kalahari, Asya'da Gobi ve Güney Amerika'da Atacama çölleridir. Büyük Sahra, bilinen en büyük sıcak çöldür. Sahradaki Berberi kabileleri, yıllardır Sahra'da kaybolan insanlara konukseverliklerini sunmaktadırlar.

## TROPİKAL YAĞMUR ORMANLARI

Tropikal yağmur ormanları ekvatorun etrafındaki alanlarda yer alır. Bu bölgelerde yıl boyunca tekdüze bir iklim görülür. Yıllık toplam 200-400 cm arasında olabilen değişmez bir yağış miktarı vardır. Hemen her gün yağmur yağar ve değişmez olarak yüksek bir nem vardır. Yıl boyunca, 25 °C dolayında değişmez bir sıcaklık vardır. Tropikal yağmur ormanları çok büyük bir bitki ve hayvan çeşitliliği içerir.

Bir tropikal yağmur ormanında ağaç örtüsü o kadar yoğundur ki ancak çok az ışık yere ulaşır. Ağaç tepeleri yaklaşık 50 metre yüksekte bir örtü oluştururlar. Bu örtüden aşağıda, gölgede gelişebilen daha kısa ağaçlar vardır. Yağmur ormanının ağaçları, nemli ince toprak katmanından besin maddelerini absorbe etmelerine olanak veren çok sığ kök sistemine sahiptirler. Ağaçların çoğunun, gövden yere doğru uzanan dal ya da yan destekleri (payandaları) vardır. Bunlar, destek kökler (prop roots, brace roots) gibi ağacın ayakta dik durmasını sağlarlar.

Organik materyaller bu sıcak, nemli çevrede hemen çürür. Ayrıştırma ile serbest kalan mineraller mikoriza aracılığı ile bitkiler tarafından hızla yeniden alınırlar. Bitkiler tarafından absorbe edilmeyen materyaller aralıksız yağmurlarla hızla sürüklenirler. Bu nedenle, bir tropikal yağmur ormanında toprakta çok az organik madde birikintisi vardır. Bu biyomda besin maddelerinin çoğu canlı organizmalarda bulunur. Temelde fakir toprak koşullarından dolayı, bir tropikal yağmur ormanında açılan tarım alanları bir veya iki yıldan daha fazla ürün yetişmesine izin vermez.

Yağmur ormanında, çoğu büyük, geniş yapraklı yüz veya daha farklı ağaç türü bulunur. Bu ağaçlara ek olarak, ağaçların gövdelerine tutunmuş olarak ağaç tepelerine doğru uzanan *lianalar* denilen kalın asmalar vardır. Bu sarılıcıların kökleri yerdedir. Diğer bitkiler üzerinde gelişen, ancak asalak olmayan bitkiler olan pek çok epifitler de vardır. Çeşitli orkideler, kaktüsler (cacti) ve eğreltiler epifitlerdir. Bazı epifitlerin kökleri havadan nem absorbe ederler. Bromeliaceae (Ananasgiller) türleri gibi diğerleri, kaidelerinde kadeh oluşturan yaprakları vardır. Su absorbe edici yapılar yapraklarda alıkonan suyu toplarlar. Tropikal yağmur ormanlarının tabanında yaklaşık tam karanlığa toleranslı bitkiler bulunur.



Tropikal yağmur ormanlarının genel dağılımı



Tropikal yağmur ormanı

Tropikal yağmur ormanları, pek çoğu, ağaçların belirli düzeyinde yaşamalarına olanak veren uyumlar gösteren çok geniş bir hayvan çeşitliliğine sahiptir. Maymunlar, yarasalar, sincaplar, papağanlar, tohum ve meyve yiyen kuşlar ağaçların tepelerinde yaşarlar. Uçan sincaplar bir ağaçtan diğerine süzülürler. Yılanlar ve kertenkeleler, opossumlar ve kirpiller gibileri ağaçların dallarında yaşar.

Kemirgenler, tapirler, antiloplar, geyikler ve diğer büyük hayvanlar ormanın tabanında yaşarlar. Örümcekler ve böcekler her düzeyde mevcuttur. Karıncalar, termitler, arılar, kelebekler ve güveler vardır.



Şekil XX. Epifit bitkiler



Elektrik tellerinde gelişen epifit Bromeliad'lar



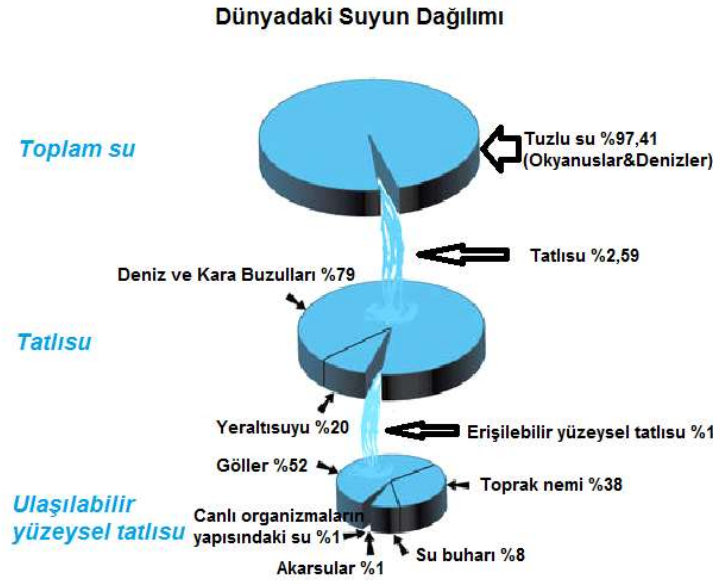
Ananas, yetiştiđi bölgeler



## SUCUL EKOSİSTEMLER

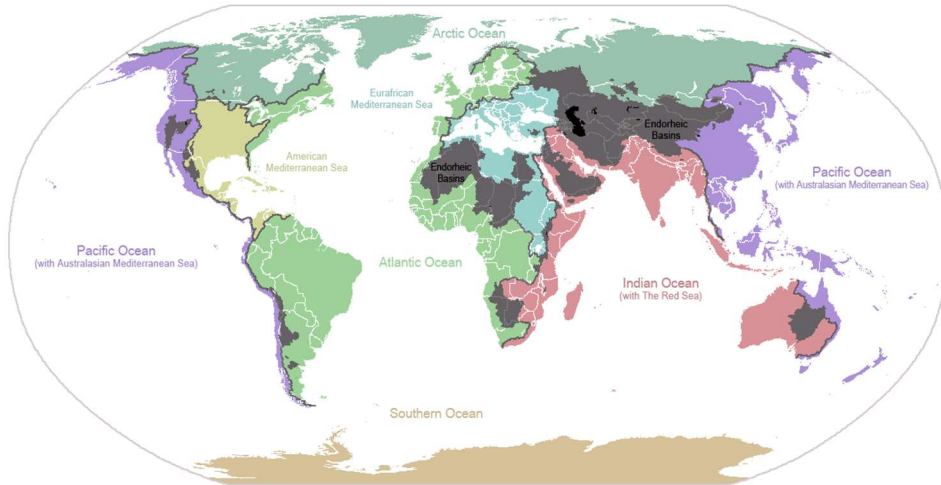
Tüm canlıların yaşamlarının bağlı olduğu başlıca temel maddeler içinde suyun ayrı bir önemi vardır. Yeryüzünün yaklaşık 3/4'ü su ile kaplıdır ve canlıların vücutlarının büyük bir bölümü de sudan oluşmaktadır. Okyanuslar, akarsu ve göller, buzullar ve yer altı su kaynakları, dünyanın su kaynaklarıdır. Dünya su varlığının %97.41'i tuzlu, %2.59'u de tatlı sudur. Dünyadaki toplam tatlı suyun %79'unu deniz ve kara buzulları, %20'sini yeraltı suyu ve sadece %1'ini erişilebilir yüzeysel tatlı sular oluşturmaktadır. Erişilebilir tatlı suyun %52'sini göller, %38'ini toprak nemi, %8'ini su buharı, %1'ini Akarsular ve %1'ini canlıların yapısındaki su oluşturmaktadır (Şekil SuX). Dünyadaki toplam su kaynakları Tablo 1'de gösterilmiştir. Yeryüzündeki toplam tatlı suyun sadece %1'inin erişilebilir yüzeysel

tatlı su olması, karasal yaşamın vazgeçilmezi olan tatlı su kaynaklarının ne kadar sınırlı olduğunu açık olarak göstermektedir. Bu gün dünyanın birçok yerinde tatlı su sıkıntısı çekilmektedir.



#### **Şekil SuX. Yeryüzündeki toplam suyun dağılımı**

Su, doğada katı (buz, kar, dolu), sıvı (yağmur, sis vb.) ve gaz (su buharı) halinde olmak üzere üç halde bulunur. Atmosferdeki su buharı yoğunlaşarak yağışı oluşturur. Atmosferden yeryüzüne ulaşan sıvı veya katı haldeki su, bulunduğu ortamdan (toprak, akarsu, göl, deniz, okyanus ve bitki yüzeyleri) buharlaşarak atmosfere geri döner. Bu hareket devamlıdır ve buna **hidrolojik döngü** (su döngüsü/su çerimi) denilmektedir. Dünyadaki toplam su miktarının dengede bulunması, ancak hidrolojik döngünün bugünkü haliyle devam etmesi sonucu mümkündür. Hidrolojik döngü içinde, çeşitli etkiler altında, başlıca okyanus ve denizlerden çeşitli karalara ulaşan yağışlar tatlı su kaynaklarını düzenli olarak beslemektedir (Şekil XX).



Yeryüzünde Tatlısu Biomaları

Hidrosferi oluşturan okyanuslar, denizler, göller, akarsular ve yer altı sularının doğal yapılarında, değişik miktarlarda ve türde çözünmüş veya asılı durumda yaşam için yararlı ve zararlı maddeler vardır. Bunun için, sular, içlerinde bulundukları maddelere göre; tatlı, tuzlu, acı, zararlı ve zararsız değişik özellik gösterir.

Su ortamlarında bulunan ve buradaki su kütlesi ile karşılıklı ilişki içinde olan tüm bitkisel ve hayvansal ekosistemlere suyla ilgili **Sucul (aquatic) Ekosistemler** denir. Genel olarak sucul ekosistemler deniz, göl, akarsu ve bataklık ekosistemleri olarak incelenmektedir. Ancak bazı kaynaklarda göl, akarsu ve bataklık ekosistemleri karasal ekosistemler içinde, bazı kaynaklarda da tatlı su ekosistemleri içinde değerlendirilmektedir.

Değişik su ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile sağladıkları yaşam koşulları bakımından aralarında önemli farklar vardır. Ancak bu farklı su ortamlarının suyun genel özelliğinden kaynaklanan bazı ortak yönleri de mevcuttur. Bunlar şu şekilde açıklanabilir.

· Sucul ekosistemlerdeki sıcaklık değişimi, kara ve hava ortamlarına göre daha yavaştır ve kısa mesafelerde fazla sıcaklık farkı görülmez. Bu nedenle derin çanakları dolduran sular, kalın kuşaklar halinde ve homojen bir yapıya sahiptir.

· Suyun taşıma gücü havaya göre daha fazladır. Bu nedenle suya bağlı ekosistemlerde iri gövdeli hayvanlar da dahil, bütün hayvanlar rahatça hareket edebilir.

· Su, yaşam için gerekli olan bazı gazları (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> vb.) çözerek içine alır ve tekrar atmosfere verir.

· Su ortamlarında bulunan çeşitli maddelerin yatay ve dikey yönde dağılması ya da karışması, hava ortamlarına göre daha yavaştır. Bu nedenle yoğunluk ve sıcaklık yönünden farklı su katmanları birbirleriyle kolayca karışmazlar. Denizlerin ve okyanusların değişik kısımları arasında besin maddeleri ve yaşam için gerekli olan diğer öğeler bakımından büyük farklılıklar görülür ve değişik yaşam kuşakları oluşur. Buna karşılık su kirlenmesine yol açan kirleticilerin hızlı bir biçimde ayrışması ve sınırlı bir yerde kalması, suyun bu özelliğinin önemli bir etkisi olarak değerlendirilebilir.

· Su kütlesi güneş ışınlarını belli bir derinliğe kadar geçirebilir. Fotosentez için gerekli olan ışık, belli bir derinliğin altına inemediğinden, orada besin üretimi, dolayısıyla yaşam yoktur denilebilir.

Su, dolayısıyla su sistemleri ile ilgili genel bilgilerden sonra, geniş alanları kaplayan deniz ve göl ekosistemleri hakkında kısaca bilgi verilecektir.

### **3-1 Denizel Ekosistemler**

Sucul ekosistemlerin en geniş olan denizel ekosistemler, yeryüzünün %71'inin kaplar. Diğer bir anlatımla, **yeryüzünün en büyük ekosistemidir**. Bugüne kadar sağlanan bulgulara göre denizler bu özelliğini yüz milyonlarca yıldan beri korumaktadır.

Denizel ekosistemlerin özelliklerini de diğer bütün ekosistemlerde olduğu gibi canlı (bitki ve hayvan toplulukları, mikroorganizmalar) ve cansız (jeomorfolojik özellikler, deniz dibinin özellikleri, deniz suyunun fiziksel kimyasal özellikleri, su kütlesinin hareketleri) öğeler belirler.

Denizlerde yatay ve düşey doğrultuda, ekosistemin özelliklerini belirleyen öğeler arasında büyük farklar vardır. Düşey yöndeki farklılaşma daha önemlidir. Bu nedenle deniz ve okyanuslarda ekolojik bakımdan farklı ortam birimleri ve bu ortamlardaki ekosistemler, genelde derinliğe bağlı olarak oluşmaktadır (Şekil XX).

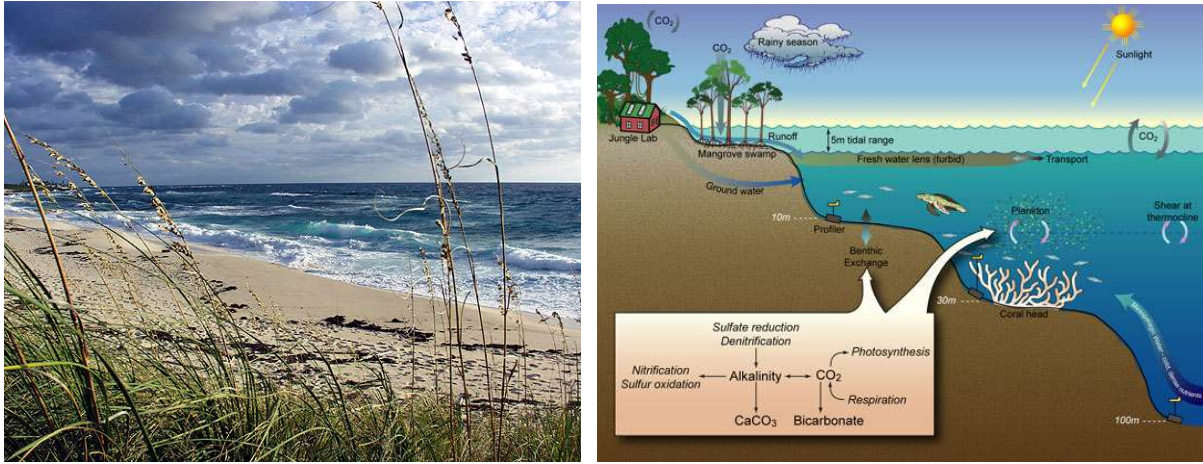
Şekilde gösterildiği gibi, bu ortam birimlerinden birincisi, yüzey sularına bağlı "pelajik bölge" diğerleri ise, dibe bağlı "bentik bölge"dir. Doğal olarak bu kuşakların kendi içlerinde de derinlik koşullarına, deniz altının yapısına ve canlı türlerine bağlı olarak farklı ekolojik birimler oluşmaktadır.

Pelajik ve bentik bölgede yaşayan canlılar üzerindeki yaşamsal ve yönlendirici etkenlerin başında ışık, basınç ve sıcaklık gelmektedir.

Denizlerin ve okyanusların değişik yerlerinde tür sayısı, populasyon ve verimlilik bakımından büyük farklar vardır. Örneğin tür sayısı Karadeniz'de 520, Adriyatik Denizinde 1800, Akdeniz'de ise 3500 dolayındadır (Erinç 1984).

Populasyon ve verimliliği  $O_2$  ile inorganik ve organik besin maddeleri belirler. Bu maddeler genellikle su yüzeylerinden biraz daha aşağılarda toplanmıştır. Bu düzey çok değişmekle birlikte, okyanuslarda ortalama 500-1000 metreler arasındadır.

Örneğin Karadeniz ve Marmara Denizinde ise, düşey hareketler az olduğu için, bu derinlik 50-100 metre arasındadır. Bu düzeylerden sonra populasyon ve verimlilik hızla azalmaktadır.



Şekil XX. Denizel Ekosistem Derinliğe bağlı ekolojik bakımdan farklı denizsel ortam birimleri

### Tatlısu Ekosistemleri

Karaların içinde bulunan sular tatlı su veya iç su ekosistemi olarak adlandırılan ekosistemleri oluştururlar. Tatlısu ekosistemleri (1) akarsu (lotik) ekosistemleri (göze, dere, çay ve ırmaklar) ile (2) durgun su (lentik) ekosistemleri (göl, gölet ve barajlar) olarak iki alt bölümde incelenir.

**Akarsu ekosistemleri**, bir sistem olarak kendi doğal çevresini faal kılan akarsu olarak ele alınmakta ve bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar arasındaki biyotik (canlı) etkileşimlerle fiziksel ve kimyasal abiyotik (cansız) etkileşimleri içermektedir. Akarsu ekosistemleri lotik ekosistemlerin ilk sıradaki örnekleridir. Latince ıslak sözüden gelen Lotik, akan suyu işaret etmektedir. Akan sular birkaç cm genişlikteki kaynak sularından kilometrelerce genişlikteki büyük nehirlerle sıralanır. Lotik ekosistemler, göl ve gölcükler gibi görece durgun karasal sular içinde yer alan lentik ekosistemlerle karşılaştırılabilirler. Lotik ve lentik ekosistemler daha genel manada, ikisi birlikte, tatlı su ya da sucul ekolojinin çalışma alanlarıdır. Aşağıdaki birleştirici özellikler, akan suların ekolojisini diğer sucul habitatlardan ayrıcalıklı kılar. • Bir yöne doğru akış.

- Sürekli bir fiziksel değişim hali.
- Her ölçekte (mikrohabitatlar) mekansal ve zamansal olarak yüksek dereceli bir farklılık.
- Lotik sistemler arasındaki oldukça yüksek değişkenlik.
- Akış koşullarında yaşamaya özelleşmiş canlı yaşam.

Lotik sistem ekolojilerini etkileyen su akışı anahtar etkidir. Su akışının gücü çok şiddetli hızdan

akan sulardan, yaklaşık lentik sistemlerdeki gibi çok yavaş akan durgun sular arasında değişebilir. Suyun akış hızı bir sistem içinde de değişebilir ve karmaşık (düzensiz) girdaba konu olur. Bu girdap anafor akıntıları ile tipikleşmiş ortalama eğimsel akış yöneylerinden kaynaklanan akış farklarının bir sonucudur. Bu ortalama akış hızı yöneyi akarsu yatağının tabanı veya kenarları ile olan sürtünme değişkenliğine, kıvrımlılığına, tıkanıklığına ve bayır eğimine bağlı olmaktadır. Ek olarak, yağış, eriyen kar ve/veya yeraltı suyu olarak sisteme doğrudan giren su miktarı da akış hızını etkiler. Akan sular, aşınım ve biriktirme ile oyuklar, kayalar ve gölcükleri içeren çeşitli habitatlar oluşturarak akarsu yatağının şeklini değiştirebilir.

Akarsuyun kaynağı ile döküldüğü yere kadar olan bölümleri arasında ekolojik yönden önemli farklılıklar bulunur. Soğuk sulara sahip kaynak sularında bitkiler nadir olup birkaç alg türü ile temsil edilirler. Hayvanlardan ise yassı kurtlar ve bazı böcek türlerinin larvaları bulunur.

Akarsuyun yatak şekli genişliği taban yapısı ve akış hızı bölgelere göre farklılıklar gösterir. Bu nedenle ekologlar bir akarsuyu yatak şekli ve genişliği ile akış hızına dayanarak bazı zonlara ayırırlar. Her zon baskın olan balık türü ile karakterize edilmiştir. Bunlar; **Salmo (alabalık) zonu**, Thymallus (gölge balığı) zonu, Barbus (bıyıklı balık) zonu, Abramis (çıplak balığı) zonu **ve acısu (nehir ağız) zonudur.**



**The World's Largest Rivers by Discharge**

	River	Discharge		% of total entering oceans	Runoff Ratio
		m <sup>3</sup> /sec	mm/yr		
1	Amazon, Brazil	190,000	835	13.0	0.47
2	Congo, Zaire	42,000	340	2.9	0.25
3	Yangtze Kiang, China	35,000	560	2.4	0.50
4	Orinoco, Venezuela	29,000	845	2.0	0.46
5	Brahmaputra, Bangladesh	20,000	1070	1.4	0.65
6	La Plata, Brazil	19,500	235	1.3	0.20
7	Yenisei, Russia	17,800	215	1.2	0.42
8	Mississippi, USA	17,700	175	1.2	0.21
9	Lena, Russia	16,300	210	1.1	0.46
10	Mekong, Vietnam	15,900	630	1.1	0.43
11	Ganges, India	15,500	455	1.1	0.42
12	Irrawaddy, Burma	14,000	1020	1.0	0.60
13	Ob, Russia	12,500	135	0.9	0.24
14	Sikiang, China	11,500	840	0.8	-
15	Amur, Russia	11,000	190	0.8	0.32
16	St. Lawrence, Canada	10,400	310	0.7	0.33

<http://www.slideshare.net/mohammedalmusawi6666666/ch16-surface-waterfall2007final>

**Şekil xx.** Dünyanın en uzun ve en çok su taşıyan nehirleri.

**Durgun Su Ekosistemleri.** Durgun su ekosistemleri arasında **ilk akla gelen göl ekosistemleridir.** Göller iç ve dış kuvvetlerin etkisinde oluşan çukur alanların suyla dolması sonucu oluşur. Bunlar çukurluğun **kökenine göre tektonik, volkanik, buzul, karstik, kıyı delta ve hevelan gölleri olarak adlandırılır.** Göller; kapladıkları alan, derinlik, denizden yükseklik ve oluşumlarına göre çok farklıdır. Göllerin bir kısmı çok sığ (Tuz Gölü 1-2 metre) olduğu gibi bazıları bir çok denizden daha derin (Baykal Gölü 1620 m) 'dir. Bazı göller küçük bir su birikintisi görünümünde olduğu halde, bazıları çok geniş (Hazar Gölü 440.000 km<sup>2</sup>) bir alanı kaplamaktadır.

Kapalı havzalarda yer alan göller iç drenaja bağlıdır ve dışarıya su göndermezler, örneğin, Van Gölü. Bir kısmı ise dış drenaja bağlıdır ve gölden dışarıya su akışı vardır, örneğin, Eğirdir Gölü. Bu farklılık ekolojik ve çevre kirlenmesi yönünden önemli bir etkidir.





### Akarsu ve Durgun su ekosistemleri

Göl ekosistemlerinin özelliklerini belirleyen ve sınırlayan en önemli etmenler, gölün fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Bu etmenler ve etkileri şu şekilde özetlenebilir.

- Fiziksel etmenlerin başında fotosentezi sağlayan ışık gelir. Bu nedenle güneş ışığının etkisi belirli bir derinliğe kadar ulaştığından, fotosentezin etkisi derine doğru azalmaktadır. Bunun sonucu göl içinde besin üretiminin tüketiminden fazla olduğu bir üst bölge ile, tüketimin üretimden fazla olduğu bir alt bölge ortaya çıkar.

- Sıcaklık, yoğunluğu değiştirerek göl sularının düşey doğrultudaki hareketini sağlar. Ekolojik yönden çok önemli olan bu hareket, besinlerin ve oksijenin derinlere inmesine olanak verir.

- Basınç, canlılar üzerinde etkili olan önemli bir etkidir. Göllerin okyanuslara oranla çok sığ olması, canlılar üzerindeki basınç faktörünün etkisini azaltmaktadır.

- Göl sularının kimyasal özelliklerini, oluştukları bölgenin doğal özellikleri ile sularını dışarıya boşaltıp boşaltmamaları belirler. Genellikle göl dışarıdan bir akarsuyla besleniyorsa akarsuların getirdikleri sedimentlerin içerdiği tuzların birikmesi ile tuzlu, eğer dışarıya su veriyorsa, bu göllerin suları tatlıdır.










































- Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yer alan bazı göllerdeki tuz miktarları, yaşama olanak vermeyecek kadar fazladır (Dead Sea, Lüt Gölü-binde 300, Tuz Gölü -yazın binde 320).

- Göl sularındaki çözülmüş tuzları tümü ve suyun asitlik (pH) derecesi, iklim koşulları ve beslenme havzalarındaki kayaların kimyasal bileşimleri ile ilgilidir.



### Durgun su ekosistemleri-Göller

**Tablo XX.** Dünyanın en büyük 15 tatlısu gölü (Polar göllere yer verilmemiştir).

	Gölün adı	Kıyısı olduğu ülkeler	Alanı	Boyu	En fazla derinlik	Su hacmi	Küçük resmi -ortak ölçekte-	Önemli özellikler
1	Superior (Superior)	 Canada  United States	82,414 km <sup>2</sup>	616 km	406.3 m	12,100 km <sup>3</sup>		Büyük Göllerin su hacmi en fazla olanı
2	Viktorya (Victoria)	 Uganda  Kenya  Tanzania	69,485 km <sup>2</sup>	322 km	84 m	2,750 km <sup>3</sup>		Afrika'nın en büyük gölü
3	Hurun (Huron)	 Canada  United States	59,600 km <sup>2</sup>	332 km	229 m	3,540 km <sup>3</sup>		Dünyanın en büyük göl adasına sahip gölü
4	Michigan (Michigan)	 United States	58,000 km <sup>2</sup>	494 km	281 m	4,900 km <sup>3</sup>		Tamamı tek bir ülkede olan en büyük göl Milyonlarca insana içme suyu sağlar
5	Tanganika (Tanganyika)	 Burundi  Tanzania  Zambia  Democratic Republic of the Congo	32,893 km <sup>2</sup>	676 km	1,470 m	18,900 km <sup>3</sup>		Dünyanın ikinci en büyük tatlısu hacmine ve derinliğine sahip gölü Dünyanın en uzun gölü
6	Baykal (Baikal)	 Russia	31,500 km <sup>2</sup>	636 km	1,637 m	23,600 km <sup>3</sup>		Dünyanın en derin ve tatlı su hacmi en fazla olan (%20) gölü Dünyanın en berrak gölü
7	Great Bear Lake (Büyük Ayı)	 Canada	31,080 km <sup>2</sup>	373 km	446 m	2,236 km <sup>3</sup>		Kanada'daki göllerin en büyüğü.
8	Malawi (Malawi)	 Malawi  Mozambique  Tanzania	30,044 km <sup>2</sup>	579 km	706 m	8,400 km <sup>3</sup>		Afrika'nın ikinci en derin gölü En fazla balık türü barındıran göl
9	Great Slave Lake (B. Slave)	 Canada	28,930 km <sup>2</sup>	480 km	614 m	1,560 km <sup>3</sup>		Kuzey Amerika'nın en derin gölü.
10	Erie (Erie)	 Canada  United States	25,719 km <sup>2</sup>	388 km	64 m	489 km <sup>3</sup>		Avlanma, kirlilik, alg patlaması sorunları
11	Winnipeg (Winnipeg)	 Canada	23,553 km <sup>2</sup>	425 km	36 m	283 km <sup>3</sup>		Elektrik üretilen dünyada en büyük su hazinesinden biri
12	Ontario (Ontario)	 Canada  United States	19,477 km <sup>2</sup>	311 km	244 m	1,639 km <sup>3</sup>		Kanada'nın en kalabalık eyaletine adını vermiştir
13	Ladoga (Ladoga)	 Russia	18,130 km <sup>2</sup>	219 km	230 m	908 km <sup>3</sup>		Avrupa'nın en büyük gölü
14	Balkaş (Balkhash)	 Kazakhstan	16,400 km <sup>2</sup>	605 km	26 m	106 km <sup>3</sup>		Bir boğazla, batı (tatlı su) doğu (tuzlu su) olarak iki kısma ayrılır
15	Onega (Onega)	 Russia	9,891 km <sup>2</sup>	248 km	120 m	280 km <sup>3</sup>		Elli nehirden beslenir Gölde 1650 ada vardır

# ÇEVRE VE DOĞA KORUMADA TARİHSEL GELİŞMELER

## İnsan ve Çevre

İnsan, dik duruşa, görece gelişmiş bir beyine, soyut düşünme ve konuşma yeteneğine, alet kullanma ve üretme becerisine sahip bir canlı türüdür. Bilimsel adı olan *Homo sapiens*, Latince "akıllı insan" veya "bilen insan" anlamındadır.

Fosil kayıtlarına göre anatomik olarak çağdaş insan tanımına uyan en eski fosiller 195 bin yıl öncesine aittir (1) ve Afrika'da bulunmuşlardır. Çağdaş tipte *Homo sapiens* alttürünün ilk ırkı olan Cro-magnon İnsanı ise zamanımızdan 50 bin yıl önce ortaya çıkmıştır. İnsanoğlunun ortaya çıkışına dair kabul gören başlıca iki varsayım vardır. Bunlardan birincisi çağdaş insanın Afrika'da ortaya çıkıp dünyaya yayıldığını öne süren "**tek orijin**" varsayımı, diğeri farklı bölgelerde evrim geçirerek çağdaş insana dönüştüğünü öne süren "**çoklu bölge**" varsayımdır.

Çağdaş insanın en yakın akrabaları adi şempanze (*Pan troglodytes*) ve cüce şempanze (bonobo) (*Pan paniscus*)'dir. Bu iki şempanze türü ve insanoğlu yaklaşık 6 milyon yıldır farklı bir evrim çizgisi izlemelerine rağmen tamamlanmış gen haritalarına göre aralarındaki yakınlık fare ile sıçan arasındaki yakınlıktan on kat daha fazla, akraba olmayan iki insan arasındaki yakınlıktan sadece on kat daha azdır. Bu iki şempanze türü ile insan DNA'sı %98.4 oranında benzeşmektedir.

İnsan, alet kullanabilmesini sağlayan, kolların serbest olduğu dik bir vücuda sahiptir. Beyni soyut düşünme, anlam verme, konuşma ve kendini gözleyebilme yeteneklerine sahiptir. Alet kullanabilmesi ve zihninin özellikleriyle insan diğer canlılardan ayrılır. İnsan zihninin temel özelliği bilinçtir. Bilinç ile birlikte, kendini gözleyebilme, zamanı algılayabilme ve özgür iradeye sahip olma insanda bulunan özel niteliklerdir. Doğayı anlayabilir, denetimi altına alabilir ve kendi amaçları doğrultusunda doğanın güçlerini kullanabilir.

İnsanoğlu varoluşundan itibaren çevreyle doğrudan etkileşim içerisinde bulunmuştur. Uzun yıllar çevreyle uyumlu bir yaşam sürdürmüş, onun sağladığı kaynakların sınırsızlığına inanmıştır. Ancak zaman içerisinde hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme gibi öğelerin etkisiyle başlarda göz ardı edilen, ikinci plana atılan çevre sorunları birikimli bir etkiyle büyüyerek tüm dünyayı tehdit eder bir hal almaya başlamıştır. **Tarihsel süreç içinde çevre ile insan-toplum ve kalkınma-gelişme ilişkileri 12 aşamada sınıflandırılabilir.**

Birinci aşama: Boyun eğme: insan çevreyi olduğu gibi kabullenmekte, doğayı mevcut biçimi ile doğal peyzajıyla kullanmaktadır.

İkinci aşama: Toplayıcılık: İnsan yaşamını sürdürebilmek için yiyecek toplayabilmek amacıyla çevresine küçük müdahalelerde bulunmaktadır.

Üçüncü aşama: Avcılık ve balıkçılık: bu dönemde insan, çevresindeki hayvanları az da olsa teknoloji kullanarak avlamakta ve doğaya olan etkisi giderek arttırmaktadır.

Dördüncü aşama: Göçebe ve pastoral dönem / evcilleştirme: insan çobanlık ve tarımla doğa üzerindeki egemenliğini büyük ölçüde arttırmış ve yerleşik düzene geçmiştir. Göçün denetimi, tanıtmaya, alıştırmaya, doğallaştırmaya ve evcilleştirmeye gibi büyük gelişmeler vardır.

Beşinci aşama: Çobanlık: Aynı cinsten hayvanların bir araya toplanmasıyla; bölgesel denetim, koruma, seçme ve sömürü gelişmiştir.

Altıncı aşama: Bitki yetiştirme: Toprak üzerindeki insan denetimi giderek artmakta; tohum kullanarak bitki yetiştirme yöntemlerinin geliştirilmesi. Toprağın hazırlanması, hasat ve depolanma ile toprak üzerindeki denetim ivme kazanmıştır.

Yedinci aşama: Tarım: insanın çevre üzerinde doğal etkileri yanında, yapay deneyimlerinin başlangıcıdır. Daha geniş ve temel bilgi birikimi vardır.

Sekizinci aşama: Sanayi: insanın doğadaki kaynakları teknolojinin yardımıyla ihtiyaçlarını

karşılığa çalıştığı ve doğaya tamamen egemen olduğu dönemdir.

Dokuzuncu aşama: Kentleşme: sanayileşme ile birlikte kentleşme çevredeki kirlenme ve bozulmaların temelini oluşturan etkilerin başlangıcıdır.

Onuncu aşama: İklimsel denetim ve kozmik patlama: atmosferin aşılması ve uzayan keşfi ile birlikte, insan yeryüzüne bağıllıktan kurtulmaya çalışmaktadır.

On birinci aşama: İklim denetimi: yapay olarak iklim üzerinde denetimlerle, doğal döngülere müdahale edilmektedir.

On ikinci aşama: Eksobiyolojik kaçış: Dünyanın dışında başka yaşama ortamları arayarak, yerçekiminden kurtulmaya çalışmaktadır.

Çevresel sorunların kaynağı toplumların üretim ve tüketim faaliyetlerini gerçekleştirirken çevreyi dikkate almamaları olarak gözlenmektedir. Bu faaliyetler nedeniyle de çevre üzerindeki baskı artmakta ve taşıma kapasitesi aşılmaktadır. Toplumların gelişmişlik düzeylerine göre çevre üzerinde yarattıkları baskıların nedeni ve düzeyi farklılıklar gösterse dahi günümüzde çevresel sorunlar yerel ya da bölgesel olmaktan çok küresel bir bakışla değerlendirilmektedir.

## Çevre Bilinci ve Doğa Sevgisi

Tarih öncesi çağlardan başlayarak, geçmişte yaşayan toplumların da çevrenin korunması konusunda çalışmalar yaptığını gösteren pek çok bilgi ve kanıt mevcuttur. Bunlar arasında Duwarmish Kızılderilileri'nin Reisi **Seattle** tarafından 1853-1857 yıllarında A.B.D Cumhurbaşkanı olan Franklin Pierce hitaben yazılan mektup, özü itibarıyla günümüzde bir *çevre anayasası* olarak kabul edilmektedir. **Reis Seattle** çevre ve doğa konusundaki yaklaşımlarıyla, insan-çevre ilişkilerine önemli bir bakış açısı sağlamaktadır. Her şeyden önce; doğa insana değil, insan doğaya aittir ve insan doğa içindeki bir parçadır. Doğa ve içindeki her şey insanın görünümünü aksettirir. Bir diğer önemli bakış açısı da toprağın ve çevrenin insanın ailesi gibi görülmesidir. İnsanın ailesine kötülük yapmaktan kaçınması gibi doğaya da kötülük yapmaktan, onu istismar etmekten ve hor kullanmaktan kaçınması gerekir.

### Kızılderili Reisi Seattle'ın Mektubu



Bu mektup 'Duwarmish' Kızılderililerin reisi Seattle tarafından 'Washington'daki büyük başkan'a yani 1853-1857 yılları arasındaki Amerikan Cumhurbaşkanı Franklin Pierce'ye ithafen yazılmış:

## Çevre Anayasası

'Washington'daki büyük başkan bizden topraklarımızı satın almak istediğini bildiren bir mektup yollamış. Dostluktan söz etmiş büyük başkan... Ama biz sizin, dostluğumuza ihtiyacınız olmadığını biliriz.

Gökyüzünü nasıl satın alabilirsiniz? Ya da satabilirsiniz? Ya toprakların sıcaklığını? Ağzımdan çıkan sözler yıldızlara benzer, büyük başkan, hiç sönmezler. Bu yüzden söyleyeceklerime güveniniz.

Havanın taze kokusuna, suyun pırıltısına sahip olmayan biri onu nasıl satabilir? Kutsaldır bu topraklar benim için ve ulusum için... Yağmur sonrası ışıltılı her çam yaprağı. Denizi kucaklayan kumsallar. Karanlık ormanların koynundaki sis şakıyan böcekler... Ve bilin ki: Kızılderili adamın anıları ağaçların öz suyunda saklıdır. Toprak bizim anamızdır. Washington'daki büyük başkan bizden topraklarımızı istediği zaman bütün bunları istemektedir. Büyük başkan bizim babamız, biz de onun çocukları olacaktık. Büyük ruh ulusumuzu sever fakat nedendir bilinmez, Kızılderili çocuklarını terk etti. Şimdi size makineler yolluyor ve çok yakında beklenmedik yağmurlar sonrası yataklarımıza taşan ırmaklar örneği beyaz adam bu toprakların her karışını dolduracak. Bizler yetim kaldık. Çünkü başka ırklardanız, çünkü ihtiyaçlarımız farklı öyküler anlatırlar. Bilesiniz ki: Derelerin ve ırmakların içinden geçen sular sadece su değildir. Atalarımızın kanıdır o. Babalarının mezarını geride bırakır beyaz adam. Toprağı çocuklarından çalar. Açlığın dünyayı saracak beyaz adam. Ve ardında koskoca bir çöl bırakacaksınız. Sabahın sisi dağların karnından doğan güneşi görür ve kaçır. Demir at (lokomotif) öldürüp çürümeye bıraktığınız, binlerce buffalodan nasıl kıymetli olabilir? Nasıl? Anlamıyorum. Hayvanlar insanları bıraksa, insanlar ruhlarının yalnızlığından ölmez mi? Hayvanların başına gelen, insanın da başına gelecektir. Toprağın başına gelen, oğullarının da başına gelecek...

Çocuklarınıza bizim öğrettiğimiz şeyleri öğretin. Toprak bizim anamızdır. Ve toprağa tükürülmez. Toprak insana değil, insan toprağa aittir. İnsan hayat dokusunun içindeki bir liftir sadece...

Beyaz adam neyi satın almak istiyor? Gökyüzü ve toprakların sıcaklığını mı? Koşan antilopların çabukluğunu mu? Biz size bunları nasıl satabiliriz? Ve siz nasıl satın alabilirsiniz?

Bir kağıt parçasını imzaladığımız ve beyaz adama verdiğimiz için her şeyi yapabileceğini mi zanneder beyaz adam? Havanın tazeliğine ve suyun pırıltısına sahip değilseniz, bunu nasıl satabiliriz size? Son buffalo da öldüğünde onları tekrar nasıl satın alabilirsiniz? Beyaz adam geçici bir iktidardır ve o kendini her şey zannetmektedir. Bir insan annesine sahip olabilir mi?

Günlerimizin kalan kısmını nerede geçireceğimiz önemli değil. Çocuklarımız babalarını gururları kırılmış gördüler. Savaşçılarımız utandırıldılar. Yenilgiler sonrası kendilerini içkiye ve yemeğe verdiler. Bu yolla vücutlarını uyuşturuyorlar. Bir kaç kış ömrümüzün kaldığı bu topraklarda yakında matemimizi tutacak tek bir kişi bile kalmayacak. Ama niye ağlayayım? İnsanlar denizdeki dalgalar gibi gelip geçerler. Biz gidiyoruz, ama beyaz adamın da bir gün keşfedeceği şeyi bugünden biliyoruz. Hepimiz aynı büyük ruhtan geliyoruz. Beyazlar da bir gün bu topraklardan gidecektir. Belki de bütün ırklardan daha çabuk. Yataklarınızı zehirlemeye devam edin. **Ve bir gece kendi çöplerinizde boğulacaksınız.** Bu kader bizim için şu anda bilinmezdir. Fakat biliyoruz ki batışınızda her tarafa parlak bir ışık yayacaksınız.

Bütün buffalolar öldürüldükten, yaban atları ehilleştirildikten, ormanın en gizli köşelerine kadar dünya insan kokusu ile dolduğunda, sevimli tepelerin görüntüsü konuşan tellerle kirletildikten sonra, bir bakacaksınız ki gökteki kartallar yok olmuş. Hızlı koşan taylara elveda demişsiniz. Bu ne demektir biliyor musunuz? Bu yaşamın sonu ve sadece daha fazla hayatta kalmanın başlangıcıdır...

Biz kardeşlerinizininkinden ne kadar farklı olursa olsun her insanın istediği gibi yaşamasını savunuyoruz. Eğer biz teklifinizi kabul edersek, bu sadece yeni toprakları güvence altına almak için olacaktır ve orada son günlerimizi rahat ve huzurlu geçirebiliriz belki...

Size bu topraklarımızı sattığımız zaman, siz onu bizim sevdiğimiz gibi seviniz, onunla bizim ilgilendiğimiz gibi ilgileniniz. Ve onu bugün bulduğunuz gibi hatırlayınız. Bu toprakları ve üzerindeki canlıları çocuklarınız için koruyunuz. Çünkü bu dünya kutsaldır. Beyaz adam bile ortak kaderimizden kaçamaz, belki biz hepimiz kardeşiz. Bunu zaman gösterecek.

## Çevre ve Doğa Korumada Yakın Gelişmeler

### Rachel Carson

Rachel Carson doğayı seven ve günümüzde mevcut çevre bilinci düzeyinin oluşturulmasında çok büyük bir etkiye sahip olan duyarlı bir insandı. 1907 yılında, okyanustan uzakta, Pennsylvania kırsalında dünyaya geldi, fakat kariyerinin gelişmesinde, deniz biyolojisi tutkusunu takip etti. Massachusetts, Cape Cod, Wood's Hole Biyoloji Laboratuvarında günlerini geçirdi ve eğitimi, Johns Hopkins Üniversitesi, zooloji'de 1932'de yüksek lisans derecesi ile tamamlandı. 1936'da, çalışmayı 15 yıl sürdürdüğü Birleşik Devletler Balıkçılık ve Yaban Hayatı Servisinde bir araştırmacı ve editör olarak çalışmaya başladı. Hiç evlenmedi, annesine baktı ve anne ve babası ölen büyük yeğenini evlad edindi. Bu süre boyunca, halk için deniz doğa tarihi hakkında yazmaya başladı. Ödül kazanan, *Etrafımızdaki Deniz* adlı kitabı tamamladığı 1952 yılında, yazdıklarına yoğunlaşabilmek için Birleşik Devletler Balıkçılık ve Yaban Hayatı Servisindeki Baş Editörlük görevinden ayrıldı.

İkinci Dünya savaşından sonra, biraz isteksiz olarak Rachel, ilgisini denizden karaya çevirdi. Hevesli bir kuşçu oldu ve pestisit uygulamaları ile bağlantılı kuş ölümlerinin her yönüyle farkına vardı. Daha fazla araştırdıkça, yapay kimyasal pestisitlerin yanlış kullanımına karşı rahatsızlığı artmış oldu. Bir kitap yazarak, pestisit kullanımının yan etkileri hakkında halkı bilgilendirme sorumluluğunu üstlenmeye karar verdi. Başlangıçta, pestisitlerin kuşlar üzerindeki etkileri bölümü için "Sessiz Bahar" başlığını kullanmayı tasarladı fakat daha sonra, 1962'de, bu başlık kitabın tamamı için kullanıldı.

Beklediği gibi, kimya endüstrisi ve Birleşik Devletler hükümetinin bazı üyeleri hışımla onu yaygaracılıkla suçladılar. Yine de, Carson'un mesajı tereddütsüzdü: yapay kimyasal insektisitlerin kontrol edilemeyen kullanımını engellemeye azmetmişti. İnsanların ve çevrenin korunması için yeni politikaların oluşturulmasını talep ediyordu. Onun mücadelesi, uzun dönemli etkileri bilinmeyen bu teknolojinin yanlış uygulamaları ile olmuştur ve insanların rızası olmadan zehirli kimyasallarla kontaminasyonlardan korunma temel haklarında ısrarcı olmuştur. Kitabı en çok satanlardan oldu ve televizyonda, Birleşik devletler Kongresinde ve İngiliz Lordlar Kamarasında tartışmalara katıldığı durumları görece kadar uzun yaşadı. Çevre koruma hareketlerini başlatan kıvılcımları sağlayan bu nazik doğa bilimci ve kusursuz yazara insanların çoğu güven duymuşlardır. Kuşkusuz, 1970'lerde başlayan biyolojik mücadeleye ilginin artmasını, çevre üzerinde en az etkiye sahip zararlılarla mücadele seçeneklerinin keşfedilmesi tutkusu desteklenmiştir.

### İnsan Sağlığı ve Çevresel Kaygılar

Yapay kimyasal pestisitlerin kullanılmasına karşı toplumda ilk umumi çığlık, 1962 yılında yayımlanan *Sessiz Bahar* adlı kitabın yazarı Rachel Carson tarafından seslendirilmiştir. Yapay kimyasal pestisitlerin geliştirilmesinden sonra, pestisit kullanımı denetim dışına çıkmış ve pestisit kullanımı ile ilgili yasal düzenlemeler yetersiz kalmıştır. Bunun bir örneğini, Tennessee Av & Balıkçılık Kurulundan bir biyolog, rekreasyonel bir alanda Japon böceği (*Popilia japonica*)'nin mücadelesi için 33.75 kg/ha) dieldrin (DDT'den daha zehirli bir bileşik) granüllerinin uygulamasını bildirmektedir. Bu granüller, piknik masalarını kaplayacak kadar çok kesif uygulanmış ve ebeveyn ve çocuklara yemekten önce bunları masalarından süpürmeleri söylenmiştir (Graham, 1970).

Bu örnekteki gibi ölçüsüz uygulamalar böceklerden çok besin zincirinde daha yukarıdaki hayvanların, örneğin, kuşların ve balıkların kapsamlı ölümüyle sonuçlanmaktadır. Bir yabanhayati biyoloğu olarak çalışan Rachel, bu çevresel yan etkilerin farkına varmıştır. Bu zehirlerin geniş ölçekli, düzensiz

uygulamaları hakkında bir kitap yazmaya ve bu kitapla yönetimi pestisit kullanımının etkilerini araştırmaya ve pestisit kullanımını düzen altına almaya yöneltmeye karar vermiştir. Başkan Kennedy bu kitabı okudu ve Rachel'in ileri sürdüğü türden araştırmaların başlatılmasına aracı oldu. Bu kitap çok kapsamlı bir tartışma doğurdu ve kimya endüstrisinin sindirme gayretlerine rağmen, *Sessiz Bahar* en çok satan kitaplardan biri oldu. Kitap çoğunlukla çevresel hareketi başlatan tetikleyici olarak değer kazanmıştır. Bu tartışmanın kesin yankısı ile Başkan Nixon 1970'de, Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansını (EPA) kurmuştur ve günümüzde bu kurum, zararlıların mücadelesinde insektisitlerin, herbisitlerin ve fungusitlerin kullanılmasını düzenlemektedir. Aynı şekilde, pestisitlerin kullanılması pek çok ülkede o ülkelerin kendi yönetimleri tarafından düzenlenmektedir.

İnsektisitlerin hayvanlar ve çevre üzerinde çeşitli yan etkilerinin olduğu konusunda Rachel Carson tamamen haklıydı. ABD'de, 1991 yılında, 160 milyon hektar dolayındaki alanda, hektara yaklaşık 3 kg pestisit uygulanmıştır. Bu uygulama düzeyi ile, doğal flora ve fauna kesinlikle pestisitlere maruz kalmaktadır. Hedeflenmeyen hayvan ve bitkilere bir kısmını öldüren dolaysız etkiler ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında, daha az duyarlı türleri öldürmediği halde sağlıklarını ve üremelerini etkileyen öldürücü olmayan bazı etkiler de vardır. Klasik bir vaka, avcı kuşlarda yumurta kabuğundaki incelmeye atfedilen, DDT'nin neden olduğu üreme başarısızlığıdır (Pimentel *et al.*, 1992). DDT ABD'de yasaklanmış olsa da, pek çok göçmen kuş türünün kışı geçirdiği bazı Güney Amerika ülkelerinde hala kullanılmaktadır. Diğer bir çevresel etki toprak fümigasyonunda yaygın olarak kullanılan, DBCP ile ilişkili kuşlarda sperm üretimindeki azalmadır. Yeni çalışmalar, yaygın olarak kullanılan herbisitlerin ikiyaşamlı popülasyonlarının azalması ile muhtemelen bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Toprakta kalan veya suda çözünen pestisit kalıntılarından kaynaklanan etkiler de mevcuttur. ABD'deki uygulanan pestisit düzeyleri ile bazı alanlarda içme suyundaki pestisit kalıntı miktarları kavranabilir.

Pestisitlerin insanlar üzerinde etkilerinin olabildiğini biliyoruz, ancak değişik dozlardaki farklı insektisitlerin farklı etkileri vardır. Deri ve göz incinmeleri gibi küçük belirtilere neden olan akut etkiler olabilmekte, ancak yüksek düzeylerdeki tesirlerde, bazı materyallere maruz kalındığında ölüm olası olmaktadır. Düşük seviyeli insektisitlere maruz kalmanın kronik etkilerini (akut etkilere neden olandan daha düşük dozlara ve çoğunlukla uzun bir dönem içinde maruz kalma) kestirmek daha zor olmaktadır.

Yapay kimyasal pestisitler geliştirip pazarlayan kimya kuruluşları, itibarları için, günümüzde zararlılarla mücadelede yine de etkili olan, insanlar ve çevre için daha güvenli bileşikler üretmektedirler. Gelişmiş ülkelerdeki güvenlik artırıcı denetimler, şimdilik yeterince uygulanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde pestisit kullanımı ile ilgili denetimler de daha sıkı olmaktadır. Örneğin, Danimarka, İsveç ve Hollanda'da ilgili mevzuat 2000 yılı itibarıyla etkili olan, tarımsal pestisit kullanımında %50'lik bir azaltma öngörmektedir (Matteson, 1995). ABD'de, mevzuat bir kısım kimyasal pestisitleri yasaklamakta ve alternatif zararlı mücadele stratejilerini desteklemektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) zararlılarla tümleşik mücadeleyi teşvik eden, pestisitlerin dağıtımı ve kullanımı hakkında bir düstür uyarlamaktadır.

Diğer yandan, ABD ve Avrupa'da yasaklanan pestisitler, denetime bağlı olmadan uygulandıkları veya az bir denetimin icra edildiği gelişmekte olan ülkelerde sıkça hala üretilmekte ve/veya satılmaktadır. Endüstrileşmiş ülkelerde yasaklanmış veya kullanımları sıkı bir şekilde sınırlandırılmış pek çok pestisit, gelişmekte olan ülkelerde hala pazarlanmakta ve kullanılmaktadır. Bu kimyasallar milyonlarca çiftçinin ve çevre sağlığında çok ciddi riskler ortaya koymaktadır (FAO Director-General Dr. Jacques Diouf; J. Harris, 2000).

Gelişmiş ülkelerde kimyasal pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki kapsamlı etkilerini kestirmek çok zor olmakta ve bu durum halen gelişmekte olan ülkeler için daha da zor olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü 1992 yılında, 25 milyon pestisit zehirlenmesi vakasının olduğunu ve çoğu tarım çalışanlarından ve kırsal topluluklarından, her yıl 20,000 istenmeyen ölüm meydana geldiğini hesaplamaktadır (WHO, 1992). Nikaragua'daki bir inceleme, pestisit zehirlenmesi vakalarından üçte ikisinin kaydedilmediğini ortaya koymuştur. Bir özette, tüm pestisitlerin %50'sinin çeşitli rahatsızlıklarla ilişkili olduğu ve kaydedilen ölümcül pestisit zehirlenmelerinin %72,5'inin gelişmekte olan ülkelerde meydana geldiği, buna karşın bu ülkelerin dünyada kullanılan pestisitlerin sadece %25'ini üstlendikleri belirtilmektedir (J. Harris, 2000). Pestisitlerin %80'den fazlası gelişmiş ülkelerde kullanılırken, zehirlenmelerin %99'u denetim ve eğitim sistemleri iyi bir şekilde yerleşmemiş olan gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmektedir.

## **Stockholm Konferansı**

Çevre korumacılık fikrinin 18. Yüzyılın sonlarında "kırsala geri dönüş çağrıları" ile başladığı söylenebilir. Ancak I. Dünya Savaşından ve özellikle II. Dünya Savaşından sonra, savaşın neden olduğu çevre yıkımlarından dolayı, çevre korumada daha ciddi adımlar atılmıştır. Özellikle 1960'larda başlayan yoğun araştırmalar ve değerlendirmeler, çok büyük çevresel sorunlar yaşandığını ortaya koymuştur. Bunlara bağlı olarak yapılan tahminler ise, yakın bir gelecekte çok daha büyük ve küresel boyutta çevre sorunlarının, hatta felaketlerin yaşanabileceği biçimindedir. Bu tarihlerden itibaren "doğayı korumacı" bir ekolojik dünya görüşü benimsenmiştir. 1960'lı yıllardan itibaren, önce gelişmiş ülkelerde başlayan çevre korumacılık fikri, 1972 yılında Stockholm Çevre Konferansında ortaya atılan "Tek Bir Dünya" görüşü ile bütün ülkelere önemli bir görüş olarak benimsenmiştir.

Günümüzde, I. ve II. Dünya Savaşlarının ağır ve yıkıcı sonuçlanandan sonra dünyada çevrenin korunması, yönünde önemli çalışmaların başladığı görülmektedir. BM örgütünün ve Dünya Bankasının kurulması, AT ve NATO'nun konu ile ilgili birimleri oluşturması, gönüllü kuruluşların ve hükümetlerin çevre üzerinde yoğunlaşmalarına neden olmuştur. Özellikle son 30 yıllık zaman dilimi içinde düzenlenen uluslararası toplantıların ve oluşturulan küresel politikaların ana eksenini çevre oluşturmaktadır.

Bugün çoğu ülke anayasalarında çevre ile ilgili bir hüküm vardır. Çevreyle ilgili bir hüküm içeren anayasalarda kimi ülkeler, **çevre hakkını** açıkça kabul ederken, kimi ülkelerde çevrenin korunmasını temel ilke olarak benimsemiş görünmektedir. Buna karşılık henüz uluslararası düzeyde çevreye ilişkin bir hakkın garanti edilmesi söz konusu değildir. Ekonomik gelişim farklılıkları başta olmak üzere, anayasal ve kültürel yapı farklılıkları, çevre hakkının niteliği, unsurları ve tarafları gibi konulardan kaynaklanan tartışmalar başlıca sıkıntılar olmaktadır.

Çevre hakkı ilk aşamada ekonomik, toplumsal ve kültürel haklar içinde ele alınmış, bu bağlamda sağlık hakkının bir uzantısı olarak ortaya çıkmıştır. BM çerçevesinde 1966'da imzalanan "Ekonomik, Toplumsal ve Kültürel Haklar Uluslararası Sözleşmesi" çevre ve endüstri sağlığının tüm açılardan iyileştirilmesini öngörmüştür.

Günümüzde çevre konusunda ülkeler arasında ayrıntılı sözleşmelerin yapıldığı, uluslararası alanda çevre hakkının dile getirildiği ilk toplantı, Stockholm Konferansı (5-16 Haziran 1972) olmuştur. BM örgütüncü gerçekleştirilen Konferansa 100'den fazla ülke temsilcisi katılmıştır. Stockholm Konferansının önemi, ülkelerin çevreye karşı sorumluluklarını kabul etmenin yanında, insanın yeryüzündeki varlığını sürdürebilmesi için çevre korumasının kaçınılmaz olduğu görüşünde birleşmesidir.



Konferans sonunda 26 maddeden oluşan bir **bildirge** yayınlanmıştır ve bir de **eylem planı** kabul edilmiştir. Konferansta her ülkenin kendi kaynaklarını koruması, kirleten devletten tazminat isteyebilmesi, doğal çevrenin korunması ve yenilenme olanağı bulunmayan kaynakların kullanımında titizlikle davranılması; hava, su, deniz ve toprak gibi kaynakların canlılar için zararlı sayılabilecek etkilerden kurtarılması önerilmiştir.

Stockholm Konferansının çevre yönünden asıl önemi **çevre korunmasının kaçınılmazlığının kabul edilmesidir**. Konferans sonunda yayınlanan bildirgenin birinci maddesi "insanın rahat yaşamasına izin verecek bir çevre kalitesi içinde, özgürlüğe, eşitliğe ve yeterli yaşam koşullarına hakkı vardır" görüşüne yer verilmiştir. Böylece insan olmak sıfatıyla sahip olduğu onura, özgürlüğe, eşitliğe ve yaşama hakkına sıkı sıkıya bağlı çevrede yaşayabilme hakkı da uluslararası bir belgede ifade edilmiştir. Stockholm Bildirisi hukuki olmaktan, daha çok, moral bir güce sahip, kabul eden devletleri bağlayıcı değil, ideal bir amaca yönelik temenni düzeyindedir. Bu açıdan bağlayıcı olmamakla birlikte, özgürlük, eşitlik gibi değerlerle çevre hakkını insan haklarıyla bağdaştırabilmiştir.

Birleşmiş Milletler, Stockholm Konferansının önerisi üzerine çevre programı için bir yönetim konseyi kurmuştur. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO), "üçüncü kuşak insan hakları" kavramı çerçevesinde, çevre hakkının gelişmesinde büyük katkıda bulunmuştur. UNESCO'nun yaklaşımına göre "insan olmak hakkı" bütün haklardan önde gelen, onların temelini oluşturan bir haktır.

### **Brundtland Raporu: "Ortak Geleceğimiz"**

Birleşmiş Milletler örgütü, çevre ve ekonomik gelişme arasındaki artan çatışmaya uluslararası bir yaklaşım sağlayabilmek için 1983 yılında *Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun kurulmasına karar vermiştir. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanan ve yoksulluğun kaldırılması, doğal kaynaklardan elde edilen yararın eşit dağılımı, nüfus kontrolü ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi gibi sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda çözüm arayan bir rapor 1987 yılında 'Ortak Geleceğimiz' adı altında yayınlanmıştır.*

Komisyon başkanlığını yapan Gro Harlem Brundtland'ın adıyla anılan bu raporda temel vurgu, uluslararası ekonomik ilişkilerde önemli anlayış değişikliklerinin gerekliliğidir. Bu değişikliklerin özünde, dengeli ve sürekli kalkınma düşüncesi yatmaktadır. Buna göre kalkınmanın sürdürülebilirliği ve kabul edilebilirliği, çevrenin, ekonomik gelişmenin kaynağı ve sınırı olduğu düşüncesinin benimsenmesine bağlıdır.

Sürdürülebilir kalkınma, bugünün ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılarken gelecek nesillerin de yaşam koşullarını ve çevresel değerlerini dikkate alarak bunun sağlanması için gerekli ekonomik, beşeri, çevresel ve teknolojik açıdan yapılması gerekenleri ortaya koymaktadır. Bu amaç doğrultusunda Rapor, insan-doğa ve insan-insan etkileşimleri arasındaki uyumun arttırılabilmesi için gerçekleşmesi öngörülen çözüm önerileri sunmaktadır. Ortak Geleceğimiz adlı Brundtland Raporu bütün ülkelerde büyük yankı uyandırmıştır. Bu raporda, çevreye zarar vermeden kalkınmayı sağlayabilmenin ancak sürekli ve dengeli bir kalkınma ile mümkün olabileceği açık olarak belirtilmiştir.

### **Rio Yeryüzü Zirvesi**

Stockholm Konferansının 20. yıldönümü nedeniyle Birleşmiş Milletler, 1992 yılında Brezilya'da yeni bir çevre konferansı düzenleyerek, yirmi yılın genel bir değerlendirmesi ile geleceğe yönelik politikaların belirlenmesini amaçlamıştır. Rio Dünya Zirvesi olarak da geçen konferansın sonunda, çevre ve gelişme

alanında 27 emredici ilke benimsenmiştir. Konferansta çevrenin, insan haklarının, herkesin ve her zamanın sorunu olduğu, devletlerin iradelerine bırakılmayacağı gerçeği vurgulanmıştır. Rio Bildirisinin birinci maddesine göre "insanlar, sürekli ve dengeli kalkınmanın merkezindedir. Doğa ile uyum içerisinde, sağlıklı ve verimli bir yaşama hakları vardır. Sürekli ve dengeli kalkınmayla, sağlıklı ve verimli yaşama hakkının birlikte ele alınması, çevre hakkı açısından biraz belirsiz kalmıştır. Dengeli de olsa, sürekli kalkınma, çevreyi sürekli tehdit edecektir.

Rio Konferansı bu belirsizliğinden başka, yaptırım mekanizmalarından da yoksundur. Bağlayıcı hükümler de getirememiştir. Buna ek olarak, gelişmiş ülkeler çevre koruması sorununu ve maliyetini, geliştirmekte olan ülkelere yüklemeye çalışmışlardır. Ayrıca bildiride yer alan "Sürdürülebilir Kalkınma" modelinin, geliştirmekte olan ülkelerin kalkınma haklarıyla birlikte kalkınma yollarını belirleme haklarına ters düştüğü, söz konusu ilkenin ekonomik ve siyasal yönünün dikkat çekici olduğu vurgulanmaktadır.

Dünyanın ikinci büyük çevre etkinliği olarak kabul edilen Rio Konferansı kendisinden bekleneni verememiştir. Dünyanın ekolojik tahribatı ile ekonomik yapılanma arasındaki ilişki bir kez daha vurgulanmış, gelişmiş ülkelerle, geliştirmekte olan ülkeler arasındaki çevre teknolojisi transferi, ekonomik destek sorunu, borç, dünya ticaret sistemi konularındaki belirsizlikler Rio Konferansı ile de aşılamamıştır.

## **Çevrenin Öğeleri**

Nereden yaklaşırsa yaklaşılsın, çevreyi etkileyen yegane etken insan olmaktadır. Çünkü insanın etkisi kaçınılmazdır ve insan etkisinin olmadığı doğal ortamlarda "denge" söz konusudur. Bu dengeye, doğa bilimcilerine göre "doğal denge", ekoloğlara göre "ekolojik denge" ya da "ekosistem" semavi dinlere göre "ilahî denge", sibernetik bilimcilerine göre "doğal sibernetik" denmektedir.

Çevrenin öğelerini belirlerken eksen, yine insan olacaktır. Ancak burada çevrenin öğelerinden söz ederken, iki yönlü bir etkileşimden söz edilebilir. Bunlar, çevreyi etkileyenler ve çevreden etkilenenlerdir. Böylece çevreyi etkileşim biçimleri bakımından genel olarak iki öğeye indirgemek olanağı vardır.

1. İnsan: Çevrenin etkileyici öğesi insandır. İnsan çeşitli müdahalelerle çevresini değiştirmekte ve çevrenin biçim değiştirmesinde etkin rol oynamaktadır. Doğal ve yapay çevre içinde yer alan canlı ve cansız tüm varlıklar insanın etkisine açıktır.

2. Doğa: Çevrenin etkilenen öğesi, genel anlamda doğadır. Doğanın içinde yer alan canlı ve cansız tüm varlıklar, insanın kullanımına açık olduğu için etki altında kalmaktadır.

## **Çevre Hakkı**

Doğal dengenin bozulmasından, çevre tahribatından zarar gören sadece insan değildir. İnsanlığın, doğal değerlere karşı sorumluluklarının, moral (ahlaki) nitelikte sınırlı olamayacağından, yasal sorumluluğun temellerinin neler olabileceği ortaya konmalıdır. Gelecek kuşaklar kadar, canlı ve cansız varlıklar için de geçerli olan problemlerin çözüme kavuşturulmasında yasal dayanakların nasıl oluşturulabileceği sorularına cevap aranmalıdır.

Baştan belirtmek gerekir ki, çevreyi, insanı esas alarak korumak, çevrenin diğer öğeleri açısından tatmin edici değildir. İnsan merkezli korumada, her şeyden önce, klasik "hak" anlayışındaki "çıkar koşulu" gelecek kuşaklar için savunulamayacağından, kapsam dışı kalacaktır. İnsan hakkı olarak çevre hakkından söz etmek; korunmak istenen değer ve hakkın konusunu insan olarak kabul etmek, çevre hakkını sınırlamak olur. Aslında amaç sadece insanı korumaksa, bu boyuttaki bir koruma, mevcut insan haklarıyla sağlanabilir. Bu anlamda "yaşama hakkı" ve "sağlık hakkı" ilk akla gelenlerdir. Her şeyden

önce, yaşama hakkı bir kimsenin yaşarken beden bütünlülüğüne dokunulmamasını açıklar. Sonra insan bedeninin her türlü dış korkudan uzak bir biçimde yaşayabilmesini içerir. İnsan sağlığı, bundan öte toplum sağlığının, yaşam kalitesinin bir göstergesi olup, kuşkusuz insanın çevresiyle ilişkilidir. Bu iki hak aracılığıyla, insan yaşamı, insan sağlığı için gerekli olacak kadar çevre korunması sağlanabilecektir. Çevre hakkı ilk aşamada ekonomik, toplumsal ve kültürel haklar içinde ele alınmış, bu bağlamda **sağlık hakkının** bir uzantısı olarak ortaya çıkmıştır.

Oysa çevre hakkı çok daha kapsamlıdır. Bu hak, günümüz insanların olduğu kadar, gelecek kuşak insanların da hakkıdır. Bugünkü ve gelecek kuşaklarla birlikte canlı ve cansız varlıklar da katılırsa; çevre hakkı sahipleri zincirine bir halka daha eklenmiş olacaktır. İnsan dışındaki canlı ve cansız varlıkların korunmasının ancak insanın korunmasını sağlamak için olabileceği yaklaşımında ise hedef sadece insanı korumak olduğunda, bırakalım insan dışındaki diğer canlıları, gelecek kuşak insanları bile bu korumadan yoksun kalacaktır. Her şeyden önce klasik hak anlayışı buna izin vermemektedir. Canlı ve cansız varlıkların korunması, insanın korunması içindir dediğimizde, cümlenin karşıt anlamından "insanın korunmasına kısa ya da uzun dönemde etkisi olmayan canlı ve cansız varlıkları korumaya değmez" sonucu çıkar. Çevreyi "insanı esas almak yoluyla" (egosantrik) koruma insanın çevresini dar yorumlama sakıncasını taşımaktadır.

Çevre hakkının öznesine canlı ve cansız varlıkları katmak klasik hak anlayışıyla bağdaşmayacaktır. Gerçi çevre hakkı egosantrik koruma yönüyle de ele alınsa klasik insan haklarıyla yine bağdaşmamaktadır. Yapılması gereken, hukukun temel kavramlarını, yeni gelişmeleri göz önüne alarak tekrar yorumlamaktır. Artık doğanın, ancak hakların "konusu" olabilir anlayışı aşılmalıdır. Hukukta hak sahibi varlıklar, şahıslardır ve her insan bir şahıstır. Bu gruba "gerçek kişiler" denmektedir. Fakat şahıslar sadece insanlardan ibaret değildir. Bir gaye etrafında birleşmiş şahısların meydana getirdiği toplulukların (dernek) ve bir gayeye tahsis edilmiş malların (vakfın) da şahıs oldukları kabul edilmiştir. Bu gruba da "tüzel kişiler" deniliyor. Gerçek kişiler bir yana, tüzel kişilik tamamen hukuk düşüncesinin bir ürünüdür. Hak sahibi olmak açısından canlı ve cansız varlıklar için de aynı düşüncenin geliştirilip geliştirilemeyeceği tartışılmaktadır. Bu soruya olumlu yanıt verilirse, bu kez başka bir problem daha çıkıyor. Aktif olarak haklarını kullanamayacak olan bu varlıkların haklarının nasıl savunulacağı, bunu kimin koruyacağı sorunu doğmaktadır.

### **Yasalarda Çevre Hakkı**

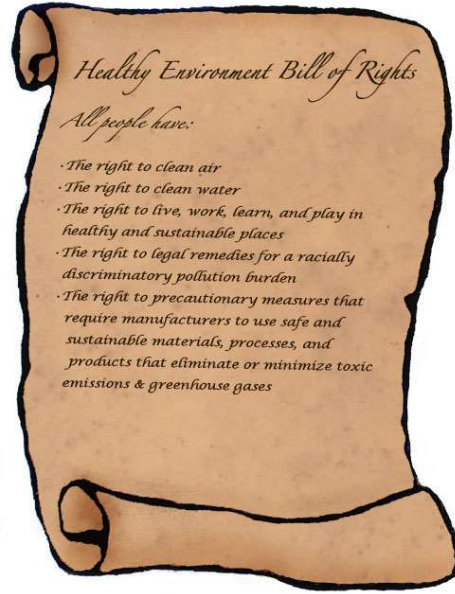
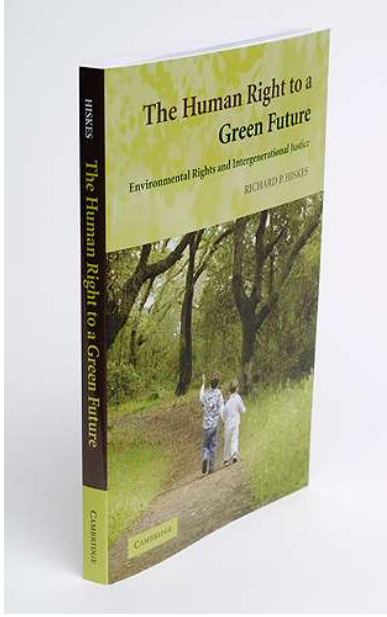
1982 Anayasası çevre korumasını açık bir hüküm altında düzenlememiştir. Anayasanın 56. maddesinin başlığı "Sağlık hizmetleri ve çevrenin korunması" şeklindedir. 1982 Anayasasının 56. maddesinin ne başlığında ne de metninde, ne de gerekçesinde "çevre hakkı" ifadesine rastlanmaz.

Madde 56: "Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. "Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir." Maddenin gerekçesinde de "çevre hakkı" ifadesi yer almamaktadır. Çevre korunmasının bu önemi ve son yıllarda kazandığı boyutlar, bireye devlete karşı, dengeli ve sağlıklı çevrede yaşama yolunda bir sosyal hak tanınmasını zorunlu kılmaktadır.

Anayasal düzenlemenin dışında çerçeve niteliğindeki 2872 sayılı Çevre Kanunu en başta söz edilmesi gereken düzenlemelerden birisidir.

Kanunun amacı 1. maddesinde belirtilmiştir. "Bu kanunun amacı, bütün vatandaşların ortak varlığı olan çevrenin korunması, iyileştirilmesi, kırsal ve kentsel alanda arazinin ve doğal kaynakların en uygun bir şekilde kullanılması ve korunması; su, toprak ve hava kirliliğinin önlenmesi; ülkenin bitki ve hayvan varlığı ile doğal ve tarihsel zenginliklerin korunarak, bugünkü ve gelecek kuşakların sağlık, uygarlık ve

yaşam düzeyinin geliştirilmesi ve güvence altına alınabilmesi için yapılacak düzenlemeleri ve alınacak önlemleri ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleriyle uyumlu olarak belirli yasal ve teknik esaslara göre düzenlemektir.”



Her insanın sağlıklı ve ekolojik yönden sorunsuz bir çevrede yaşama hakkı vardır. Artık bugün insanların sağlıklı bir çevrede yaşama hakkıyla eş anlamda olan “çevre hakkı”, insanların temel hakları arasında sayılmaktadır.

## **ÇEVRE SORUNLARI**

### **Çevresel Bozulmanın Nedenleri**

#### **İnsanın çevreyi kullanması**

Geçmişte, insan etkinliklerinin çevre üzerindeki etkileri ile ilgili nispeten daha az bir kaygı mevcuttu. Ormanların kesilmesi, akarsuların önüne set çekilmesi ve toprağın erozyona uğramasındaki kontrolsüz gidişe izin verilmiş, madencilik ve diğer endüstri kollarından kaynaklanan atıklar toprağa, suyollarına ve havaya boşaltılmıştır. Bununla birlikte, özellikle son dönemlerde, çevrenin artık daha fazla düşüncesizce kullanılmayacağı gerçeği artan bir şekilde anlaşılır olmuştur. İnsan etkinliklerinin çevreye zarar verdiği ve bu zararın tehlikeli ve kalıcı olabildiği açığa çıkmıştır. Bu farkındalığın karşılığı olarak pek çok alanda insan etkinlikleri çevrenin onarımına hasredilmiştir. Balıkların yaşayamayacağı kadar kirlenmiş akarsular temizlenmekte, havanın tehlikeli boyutlarda kirlendiği bazı şehirlerde bu kirlilik bir dereceye kadar önlenebilmektedir. İnsanlarla çevre arasındaki ilişkiler insan ekolojisinin konusu olmaktadır. İnsan-çevre ilişkisinin en önemli durumları bu kapsamda değerlendirilecektir.

Çevre sorunları, insanlığın yaşadığı ekolojik sorunlardan biridir ve insanların çeşitli faaliyetleri sonucu çevrenin bozulmasıyla ortaya çıkmaktadır. Çevre, canlı ve cansız öğelerden oluşan bir bütündür. Eğer canlı ve cansız öğeler arasındaki karşılıklı ilişkiler uyumlu bir biçimde devam ediyorsa, yaşamın temel koşulu olan beslenme, üreme ve barınma/korunma tehdit altında değilse o çevrede sorun yoktur.

Bugün dünyada çok ağır çevre sorunları yaşanmaktadır. Sanayi devrimiyle başlayan çevredeki

bozulmaların ve sorunların öneminin 1960'lı yıllardan öncesine kadar anlaşılabilmesi, bu sorunların ağırlaşmasına, boyutlarının genişlemesine ve dünyanın ortak bir sorunu haline gelmesine neden olmuştur.

Değişik kaynaklarda çevre sorunu ve çevre kirliliği kavramları farklı olarak değerlendirilmektedir. Ancak, özellikle son yıllarda, yaygın olarak, çevre kirliliği ile çevre sorunları aynı anlamda kullanılmaktadır. Buradaki kirlilik terimi sadece bir ortama karışan bir kirleniciyle olan kirlenmeyi değil, herhangi bir nedenle çevredeki bozulmaları da ifade etmektedir. Dolayısıyla, çevre sorunu veya çevre kirlenmesi dendiği zaman, insanların çeşitli faaliyetlerine bağlı olarak oluşan hava, su ve toprak kirliliği gibi hem kirlenicilerden kaynaklanan sorunlar, hem de gürültü, asit yağmurları, erozyon ve iklim değişikliği gibi diğer ekolojik olumsuzluklardan kaynaklanan sorunlar anlaşılmaktadır.

Bu duruma göre çevre sorunları, çevreyi oluşturan canlı ve cansız öğeler üzerinde, insanın çeşitli faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkan ve yaşamı olumsuz yönde etkileyen bozulmaların ve sorunların tümüdür diye tanımlanabilir.

Bir canlı olarak insanlar, başta fizyolojik gereksinimleri olmak üzere tüm ihtiyaçlarını etkileşim içinde oldukları çevreden karşılarlar. Eline geçirdiği tüm doğal kaynakları dilediği gibi ve sorumsuzca kullanan insanlar, bugün çevredeki aşırı kullanım nedeni ile önemli çevre sorunlarıyla karşı karşıyadır. Önceleri kaynakların hızla tükendiğinin farkına varamayan insanlar, günümüzde (1) kaynakların azalması, (2) ihtiyaçların artması ve (3) çevre sorunlarının giderek daha da yoğunluk kazanarak artması gibi üçlü bir kıskaçın içine girmiştir. Bir yandan ihtiyaçlar karşılanacak, diğer yandan doğal kaynaklar gün geçtikçe azalacak ve çevre sorunları artan bir biçimde günlük yaşamı etkilemeye devam edecektir.

Günümüz insanının çok çeşitli ihtiyaçları, sürekli olarak artış göstermektedir. Bu ihtiyaçlar ise, yeni teknolojiler kullanarak her gün, bir önceki günden daha fazla üretilerek, küreselleşen dünyada daha kısa zamanda pazarlanmakta ve dünyanın her yanına çok kısa zamanda ulaştırılmaktadır.

Kitle iletişim araçlarındaki olağanüstü erişim, olup bitenleri anında tüm dünyanın gözleri önüne sermektedir. Yedi milyara yaklaşan nüfusuyla dünya, hem küresel bir pazar haline getirilmiş, hem de küresel bir dünya kültürü oluşturulmuştur. Giderek tüm toplumlarda ortak değer yargıları hakim olmaya başlamaktadır.

İnsanları bu ortak noktaya getiren ideoloji, ilerleme ideolojisidir. Buna bağlı olarak, çevre sorunlarının temel nedenleri veya temel etkenlerinin neler olabileceği sorusuna şu yanıtlar verilebilir:

- İnsanların ekosistem konusundaki bilinçlerinin yetersizliği,
- Kullanılan teknolojilerin, ekosistemlerin kendini yenileyebilme yeteneğine uygun olmayışı,
- Bireysel ve toplumsal ölçekteki kullanılan sosyo-ekonomik kalkınma süreçlerinin, ekosistemlerin kendini yenileyebilmesine izin vermeyecek biçimde kullanılmasıdır.

Eski uygarlıkların çöküşüne çevre kirliliğinin yol açtığı görülmüştür. Çevredeki bozulmanın temelinde, tüketim olgusu önemli bir yer tutmaktadır. Genel anlamı içinde günümüzde yaşanan çevre sorunları, üretimin ve dolayısıyla tüketimin dışı vurmuş bir sonucu olarak görülebilir. Tüketim olgusu çevreyi 3 boyutta etkilemektedir. Bunlar: (1) daha fazla kaynağın kullanılmasının gerekmesi, (2) ağır endüstri mallarının üretimi sırasında birçok kirli atığın doğaya bırakılması ve (3) tüketim sonucunda ayrıca çevre sorunlarının ortaya çıkmasıdır. Konut atıkları ve hastane atıkları ile birlikte kanalizasyon atıklarından oluşan organik atıklar, tüketim sonucu ortaya çıkan çevre sorunlarına örnek verilebilir.

Duwarmish Kızılderilileri'nin Reisi **Seattle** tarafından 1853-1857 yıllarında A.B.D Cumhurbaşkanı Franklin Pierce hitaben yazılan mektup, bugün boşuşmakta olduğumuz ve içine çekildiğimiz çevre sorunlarının en çarpıcı habercisi olmuştur. Mektubunda, "Açlığın dünyayı saracak beyaz adam. Ve ardında

koskoca bir çöl bırakacaksınız. Hayvanların başına gelen, insanın da başına gelecektir. Ve bir gece kendi çöplerinizde boğulacaksınız. Bu kader bizim için şu anda bilinmezdir. Fakat biliyoruz ki batışınızda her tarafa parlak bir ışık yayacaksınız” diyen **Seattle**’ın henüz tam olarak anlam yükleyemediğimiz uyarıları çok ciddi uyarıları mevcuttur.

Çevre sorunları çoğu zaman ölçülemez öğeler içermesi nedeniyle, önceden kolaylıkla hesap edilip parasal birimlerle ifade edilemez. Çevre sorunlarının oluşmasına neden olan kirlenici kaynaklar doğal ve yapay kaynaklar olarak iki grupta toplanabilir. Bunlardan, doğal kaynaklar; volkanik faaliyetler, orman yangınları, açık arazilerde bitki ve hayvan ölümlerinin bozulmasıdır. Yapay kaynaklar ise; Minerallerin işlenmesi, metalürjik ve kimyasal işlemler, kağıt-karton endüstrisi, yanmadan kaynaklanan kirlilik, nükleer işlemler vb.’dir.

Ekonomileri yatay olarak gelişen, üretim zincirindeki halka sayısının az olduğu az gelişmiş ülkelerde çevre yıkımı; ekonomileri dikey olarak gelişen, üretim zincirinde çok çeşitli halkaların olduğu gelişmiş ülkelerde çevre kirlenmesi daha çok ağırlık kazanmaktadır. Çevrenin kalitesinde oluşan bu bozulmalar kısaca; ormanların yok edilmesi, erozyon, çölleşme gibi olaylardan oluşan çevre yıkımı; kentleşme, endüstrileşme, kişi başına tüketim, nüfus artışının neden olduğu çevre kirlenmesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Buna göre çevre kirlenmesi; insanların, başta endüstri olmak üzere türlü faaliyetleri sonucu oluşan toksik ve kirlenici sıvı, katı ve gaz atıkların toprağa, suya ve havaya bırakılmaları, havadaki titreşimin neden olduğu gürültü ile radyoaktif maddelerin yayılması sonucu doğadaki var olan ekolojik denge ve uyumun bozulması ile insanların, diğer canlıların ve cansızların zarar görmesi ve varlıklarının sürdürülmesinde meydana gelen zorluklardır.

## **İnsan Nüfusundaki Artış**

Günümüzün çok ciddi çevre problemlerinin çoğu özellikle 1959-1999 yılları arasında yaşanan insan nüfusundaki aşırı artışla ilişkilidir. Dünya nüfusunun 1850’de 1 milyar dolayında olduğu tahmin edilmektedir. Seksen yıl içinde, yaklaşık 1930’larda, bu nüfus 2 milyara çıkarak, ikiye katlanmıştır. 1970’lerin ortasında, 4 milyara ulaşarak tekrar ikiye katlanmıştır. Nüfusun ikiye katlanması için gerekli sürenin gittikçe kısaldığı görülmüştür. Bu yıllarda yapılan tahminlerden biraz farklı olarak dünya nüfusu 2000’lı yılların başında değil, 2012’de 7 milyara ulaşmıştır.

İnsan nüfusu kontrolsüz olarak çoğalmaya devam edemez. Diğer doğal popülasyonlardaki gibi, sonunda insan nüfusu da, çevrenin daha ileri boyutlarda destekleyemeyeceği bir noktaya ulaşacaktır. Besin, su, mekan veya diğer bazı gereksinimlerin karşılanamaması her popülasyon için sınırlandırıcı bir etken olarak rol oynamakta ve daha fazla büyümeyi durdurmaktadır. Çevrenin destekleyebileceği popülasyon büyüklüğü çevrenin **taşıma kapasitesi** olarak adlandırılmaktadır. Gelecekte bir noktada, insan nüfusundaki büyümenin, yeryüzünün taşıma kapasitesine ulaşacağı ve daha fazla sayıda insanın varlığını destekleyemeyeceği için durdurulması gerekecektir.

Bir popülasyon, doğum oranı ile ölüm oranı eşit olduğunda ve göçlerden kaynaklanan değişiklikler olmadığında aynı büyüklükte kalmaktadır. Yaşadığımız yüzyılda, sanayileşmiş ülkelerde ölüm oranı, sağlık hizmetlerinden, gıda üretiminden ve sağlık alanındaki gelişmelerden dolayı hızla azalacaktır. Bu ülkelerin çoğunda doğum oranında, dengeli ancak yaşlı bir nüfustan dolayı da bir azalma meydana gelecektir. Bu ülkelerin bazısında, nüfus azalmasına neden olacak şekilde, doğum oranı ölüm oranının altına düşecektir. Gelişmekte olan ülkelerde, doğum oranı çok yüksek kalacaktır. Bu ülkelerin çoğunda

ölüm oranı, nüfusta hızlı bir artışa neden olan yüksek doğum oranının devam etmesi gibi destekleyici koşullardan dolayı aşağıya düşecektir. Bununla birlikte, gelişmekte olan uluslarda insanların çoğu yaşamını kıtlık içinde sürdürecektir. Besin üretimi nüfus artış hızında olmayacaktır. Bu ülkelerde tarımsal üretimdeki herhangi bir yetersizlik açıktan kaynaklanan geniş ölümlere neden olabilecektir.

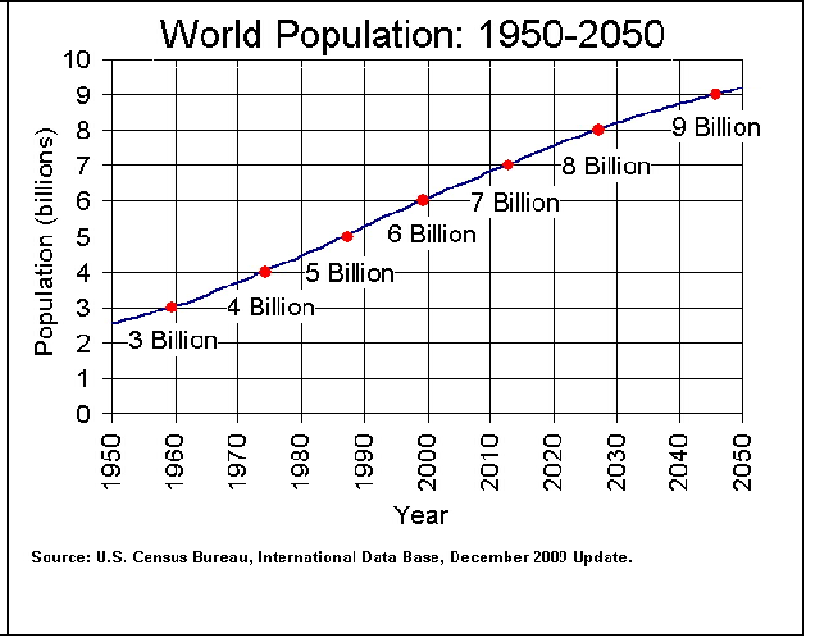
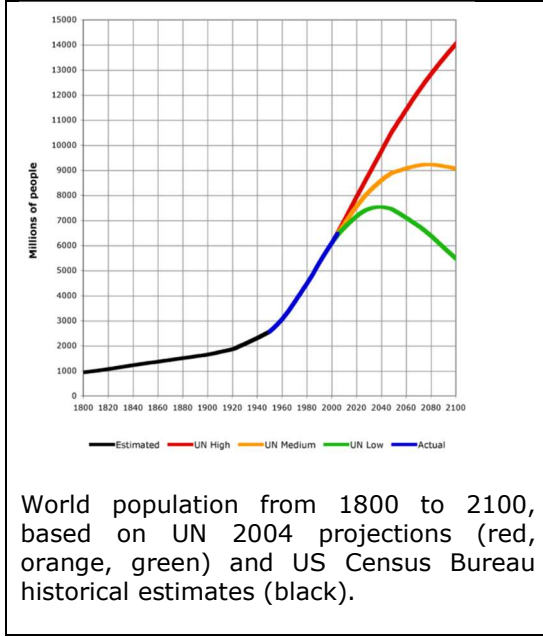
Mart 2018'de 7,6 milyar olan dünya nüfusu Temmuz 2018'de 7,633.000.000 olacaktır. Yıllık nüfus artış oranı %1,09 ve yıllık artış miktarı 82,557,224 kişidir. Bun göre her yıl dünya nüfusuna Türkiye büyüklüğünde bir miktar eklenmektedir. Dünya nüfusunun 2050 yılında 10,5 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Artan nüfusla birlikte artış gösteren üretim ihtiyacı ve tüketim çevre üzerindeki baskıyı daha da artırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde küresel tüketici sayısının artışı, artan nüfus ve gelir düzeyi enerji, ulaşım, su kullanımı ve atık üretimi ile çevre üzerindeki baskıya artırırken [20], gelişmiş ülkelerde bu durum daha çok üretim, teknoloji, enerji ve hammadde tüketimi ihtiyacından kaynaklı çevresel kirlilik olarak baş göstermektedir.



**Tablo . Geçmişteki Dünya Nüfusu ile ilgili tahminler\* (Milyon olarak dünya nüfusu. En düşük ve en yüksek tahminler aynı olduğunda bunlar en düşük olarak gösterilmiştir)**

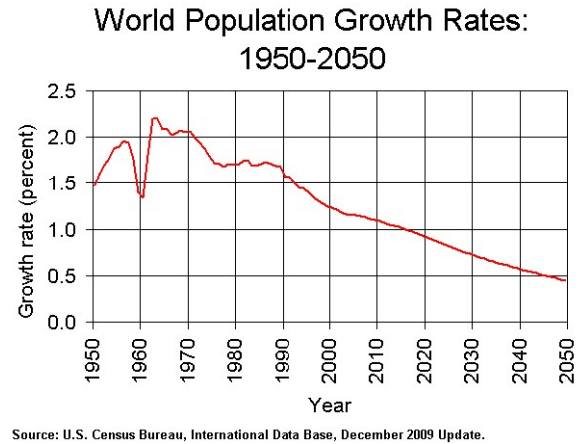
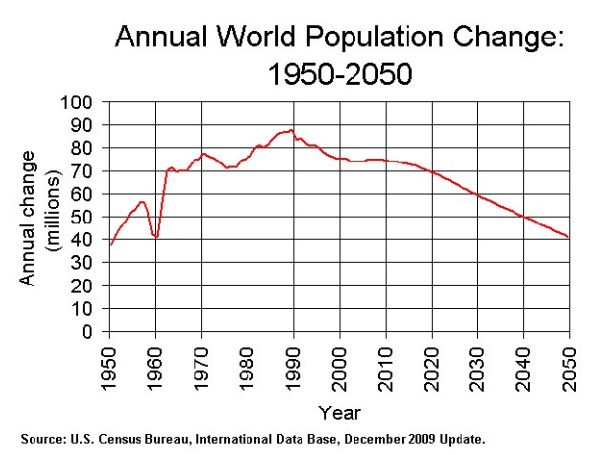
Yıl	Özet		Biraben	Durand		Haub	McEvedy and Jones	Thomlinson		UN, 1973		UN, 1999	USCB*
	Düşük	Yüksek		Düşük	Yüksek			Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek		
10000 BC	1	10					4	1	10				
5000 BC	5	20					5	5	20				
1000 BC	50						50						
500 BC	100						100						
1 AD	170	400	255	270	330	300	170	200		200	400	300	
1000 AD	254	345	254	275	345		265					310	
1500 AD	425	540	460	440	540		425					500	
1800 AD	813	1,125	954				900	900		813	1,125	980	
1900 AD	1,550	1,762	1,633	1,650	1,710	1,656	1,625	1,600		1,550	1,762	1,650	
1950 AD	2,400	2,556	2,527				2,516	2,500	2,400	2,486		2,520	2,556

\*US Census Bureau



Dünya nüfusu 1959'da 3 milyardan, 40 yıl içinde ikiye katlanarak 1999'da 6 milyara yükselmiştir. Census Bureau'nun son tahminleri, bu nüfus artışının, daha yavaş olsa da, 21. Yüzyılda da devam edeceğini göstermektedir. Dünya nüfusunun 1999'daki 6 milyardan, yüzde 50'lik bir artışla 46 yılda, 2045'te 9 milyara çıkacağı tahmin edilmektedir.

Dünya nüfusunun büyüme hızı, ölüm oranındaki azalmalardan dolayı, 1950-51'de yılda yaklaşık yüzde 1.5'ten 1960'lı yılların başında en yüksek değere, yüzde 2'nin üzerine çıkmıştır. Ondan sonra çoğalma oranları, evlenme yaşının yükselmesi as well as increasing availability ve etkili doğum kontrol yöntemlerinin uygulanmasıyla azalmaya başlamıştır. Nüfus artışıdaki değişikliklerin her zaman düzenli olmadığı dikkat çekmektedir. Örneğin, 1959-1960'daki en düşük bir büyüme oranı, Çin'in büyük ekonomik ilerleme planından dolayıdır. Bu yıllarda, büyük toplumsal örgütlenme hareketi içindeki Çin'de doğal felaketler ve azalan tarımsal üretim, ölüm oranının hızla artmasına ve yeni doğumların nerdeyse yarı yarıya azalmasına neden olmuştur.

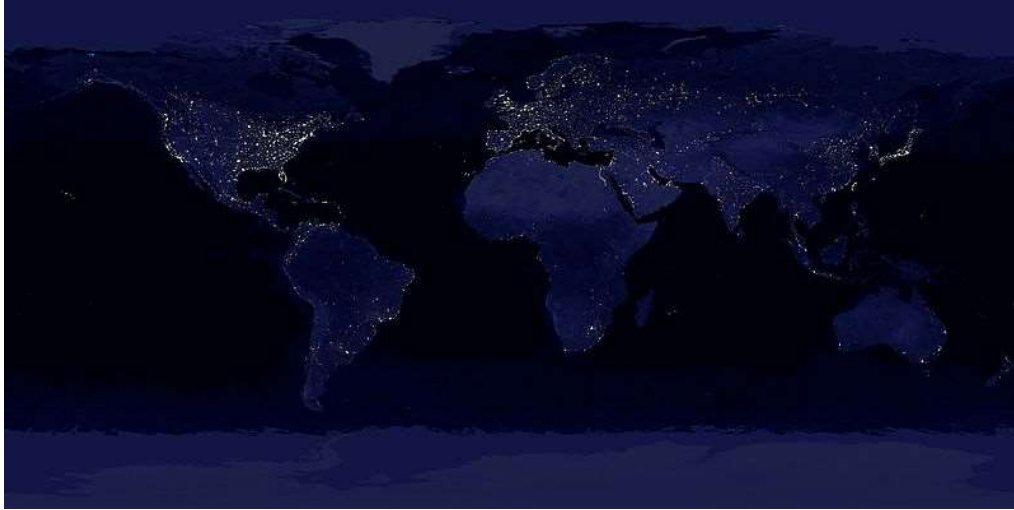
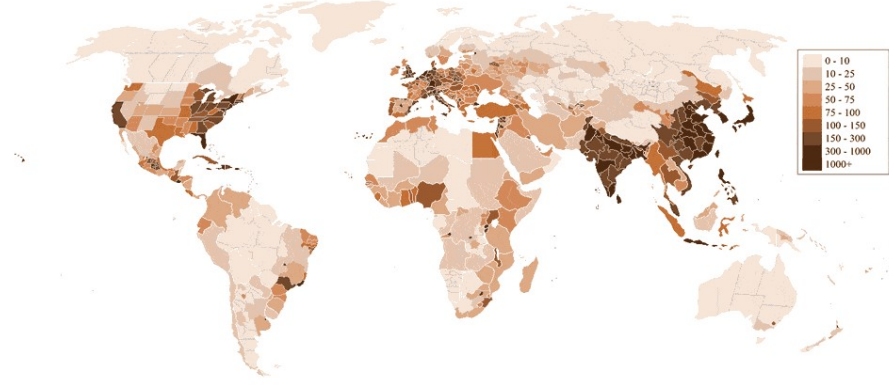


Büyüme oranlarına ek olarak, nüfus artışına bakmanın diğer bir şekli, toplam nüfustaki yıllık değişiklikleri değerlendirmektir. Dünya nüfustaki yıllık artış 1980'lerin sonunda yaklaşık 88 milyonla en yüksek değere ulaşmıştır. En yüksek nüfus artış oranı 1960'ların sonunda meydana gelmiş, ancak

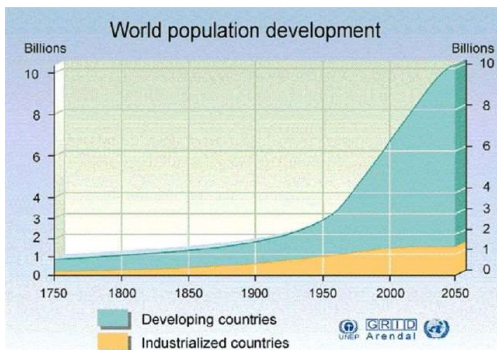


1980'lerdeki dünya nüfusu 1960'lardan daha fazla olduğu için, en yüksek yıllık nüfus artışı 1980'lerin sonunda gerçekleşmiştir.

Bu dünya haritasında her bir ülke veya memleketin nüfus yoğunluğu renklerle vurgulanmıştır. Nüfus yoğunlukları ülkelerin genel yoğunluklarıdır. Lejanttaki sayılar km<sup>2</sup>'deki insan sayısıdır ve 20 bin km<sup>2</sup>'den daha küçük tüm ülkeler nokta ile gösterilmiştir.



NASA tarafından, çok sayıda resim bir araya getirilerek oluşturulmuş, yeryüzünün birleşik gece görüntüsü. Parlak ışıklı bölgelerde insan eliyle yapılmış aydınlatmalar görülüyor. Avrupa kıtası, Hindistan, Japonya, Nil boyu ve Amerika ile Çin'in doğu kesimlerindeki nüfus yoğunluğu net olarak anlaşılabilirken, Orta Afrika, Orta Asya, Amazonlar ve Avustralya'da seyrek yerleşimler göze çarpıyor. Hemen tüm bölgeler ve özellikle Alaska'nın görüntüsü bir önceki haritaki gösterim ile örtüşmektedir.



Şekil XX. Sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışları (1750-2050)

**Tablo XX. Ülkelerin Nüfus Sıralaması**

Sıra	Ülke	Nüfus	Tarih	Dünya nüfusünde %
1	 China	<b>1,413,280,973</b>	March 24, 2018	%18.8
2	 India	<b>1,349,292,607</b>	March 24, 2018	%17.6
3	 United States	<b>326,029,364</b>	March 24, 2018	%4.42
4	 Indonesia	<b>265,897,918</b>	July 1, 2018	%3.54
5	 Brazil	<b>210,363,032</b>	March 24, 2018	%2.82
6	 Pakistan	<b>199,595,100</b>	March 24, 2018	%2.64
7	 Nigeria	<b>194,270,670</b>	July 1, 2018	%2.56
8	 Bangladesh	<b>165,824,772</b>	March 24, 2018	%2.19
9	 Russia	<b>143,972,694</b>	January 1, 2018	%2
10	 Mexico	<b>130,248,173</b>	March 1, 2018	%1.74
11	 Japan	<b>127,280,620</b>	July 1, 2018	%1.67
12	 Ethiopia	<b>106,706,341</b>	March 24, 2018	%1.41
13	 Philippines	<b>106,001,268</b>	July 1, 2018	%1.26
14	 Egypt	<b>98,790,996</b>	July 1, 2018	%1.25
15	 Vietnam	<b>96,187,135</b>	March 24, 2016	%1.24
16	 DR of the Congo	<b>83,145,986</b>	July 1, 2018	%1.16
17	 Germany	<b>82,236,272</b>	June 30, 2018	%1.11
18	 Iran	<b>81,740,114</b>	March 24, 2018	%1.08
<b>19</b>	 <b>Turkey</b>	<b>81,541,426</b>	March 24, 2018	<b>%1.08</b>
20	 Thailand	<b>69,136,700</b>	March 24, 2018	%0.89
21	 United Kingdom	65,097,000	January 1, 2016	%0.89
22	 France	64,529,000	February 1, 2016	%0.88
23	 Italy	60,676,361	October 30, 2015	%0.83
24	 Tanzania	55,155,000	July 1, 2016	%0.75
25	 South Africa	54,956,900	July 1, 2015	%0.75
26	 Myanmar	54,363,000	July 1, 2016	%0.74

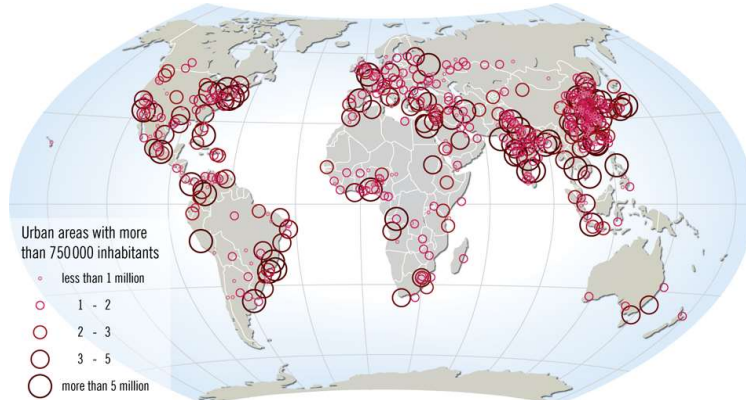
Doğrudan veya dolaylı olarak, nüfus artışı problemi herkesi etkilemektedir. İnsan nüfusunun artışında besinin sınırlandırıcı etken olmasına izin verildiği sürece, dünyanın çoğu yerinde en büyük nüfus kontrol aracı açlıktan kaynaklanan ölümler olacaktır. Bu durumdan sakınmanın bir yolu, nüfusu mevcut büyüklüğünde tutacak düzeyde doğum oranını azaltmaktır. Bu, belirli bir zaman süresince doğum sayısının ölüm sayısına denk olduğu *üretken yenilenme* (reproductive replacement) düzeyidir.

Nüfus kontrolü ile birlikte, endüstrileşmiş uluslar tarafından savurgan tüketimi azaltıcı adımlar atılmalıdır. Böylece, daha fazla kaynak gelişmekte olan ülkelerin kullanımına sunulabilecektir. Tarımsal üretim, kereste üretimi, madencilik ve su kullanımındaki koruyucu önlemlerin dikkatle uygulanması, besin üretimini ve diğer ihtiyaç maddelerinin üretimini değişmez bir düzeyde sağlayabilecektir. Besin maddelerinin üretimi de arttırılabilir. Sulama, gübre ve pestisitlerin kullanılması yanında yüksek verimli ürünlerin geliştirilmesi ile yiyecek teminini arttırılacaktır. Yeni besin kaynakları, örneğin okyanuslardan, türetilebilir. Bununla birlikte, ekologların çoğu, ne tür adımlar atılırsa atılsın, mevcut nüfus artış hızı devam ettiği sürece besin temininin er geç yetersiz olacağı görüşünü paylaşmaktadır.

## Kentleşme

1950 ile 2000 yılları arasında kentsel alanlar tüm dünya üzerinde %171 oranında artmıştır ve bazı çalışmalar bu oranın 2030'a kadar %150 daha artacağını öngörmektedir. Günümüzde dünya nüfusunun yarıya yakını kentlerde yaşamaktadır ve 2030 yılında bu oranın %60'a varacağı tahmin edilmektedir. Bu bakımdan süregiden kentleşme ile birlikte arazi kullanımı, doğal habitatların bozulması, uzun vadeli toprak kayıpları, sera gazı emisyonu ve hava kirliliğindeki artış çevre üzerinde baskı oluşturmaktadır [20]. Kısaca nüfusun kırsal ve kentsel dağılımı da en az nüfus artışı kadar çevre sorunları üzerinde etkilidir. Kentleşmeye bağlı su, enerji, gıda, barınma gibi ihtiyaçlar artmış buna bağlı doğal kaynak tüketimi de artış göstermiştir. Bir başka açıdan bakıldığında sanayi devrimi ile birlikte kentleşmenin hız kazandığı söylenebilir.

Teknolojik gelişmelerle nüfus artışlarının ikiye katlanması, pek çok ekosistemin sorumsuzca yok olmasına neden olmaktadır. Nüfus arttıkça, arazi kullanma şekilleri değişmektedir. Kırsal (tarımsal) alanlardan şehirlere taşınma olmaktadır. Şehirlere olan nüfus hareketi veya **şehirleşme** ile verimli tarım alanlarının yerleşime açılarak ve alışveriş merkezlerine dönüştürülerek bozulmalarına neden olmaktadır. Bu çeşit büyüme, önceden dokunulmamış sulak alanlar gibi diğer ekosistemleri de tahrip veya tehdit etmektedir. Bu değişiklikler pek çok bitki ve hayvan türünün doğal yaşam alanlarını bozmaktadır.



Şekil XX. Dünya belli başlı büyük şehir merkezleri.

Hızlı ve çarpık kentleşmeyle çevre sorunları arasındaki yakın ilişki bilinen bir gerçektir. Günlük hayatta yaşadığımız sorunların ve çevre sağlığı problemlerinin nedeni ülkemizdeki nüfus artışının ve kentleşme sürecinin yönetiminden kaynaklanmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre; 1927'de 13 milyon 648 bin 270 kişi olan nüfusumuzun yüzde 76'sı köylerde yaşamakta iken, Ocak 2012 itibariyle bu oran yüzde 76,8'i şehirlerde (il ve ilçe merkezlerinde) ve %23,2'si belde ve köylerde yaşayan 74 milyon 724 bin 269 kişiyi ile tam tersine dönmüştür. Yaklaşık 85 yılda yaşadığımız bu inanılmaz değişim sürecini içselleştirdiğimizi ve ideal halde gerçekleştirdiğimizi söylebilir miyiz?



Manhattan, New York City, ABD

1970'lerde hızlanan ve 1980'den itibaren üst noktaya varan kırdan kente göçün nedenleri pek çok kesim tarafından tartışılmaktadır. İşin çevre boyutu ise sonuçları itibariyle halen batılı ülkeler düzeyinde gündeme maalesef gelememiştir. 1952'de Londra'da yaşanan hava kirliliği veya 1986'daki Çernobil nükleer kazasındaki gibi toplu ölüm hadiselerine benzer bir olayla karşılaşmadığımız için sorunun gündeme gelmesi oldukça gecikmiştir. Oysa geç kentleşmiş ve geç sanayileşmiş bir ülke olarak çevre sorunlarının insan sağlığı üzerine etkileri bizde daha çok akut değil, kronik olarak ortaya çıkmaktadır. Bugün Avrupa Birliği uyum sürecinde yasalarımızda sınır değerlerini belirlediğimiz birçok kirleticinin, bırakın insan sağlığı üzerine etkilerinin araştırılmasını, su, hava, toprak gibi değişik alıcı ortamlardaki seviyeleri dahi bilinmemektedir.



Çarpık kentleşme



Doğal dokunun korunmaması

Çevre sorunlarının ana kaynakları olarak kabul edeceğimiz çarpık kentleşme ve çarpık sanayileşme konusunda katlanmamız gereken bedeller oldukça yüksektir. Çarpık kentleşme, şehirlerin, plansız ve denetimsiz olarak ihtiyaçlar dikkate alınmadan, mevcut doğal ve tarihi dokunun korunması düşünülmeden, alt yapısız, her türlü estetik kaygıdan uzak tamamen gelişigüzel bir şekilde merkezden dışa doğru büyümesidir. Özellikle deprem gerçeğinde yaşadıklarımız, ülkemizde kentleşme sürecinin iyi yönetilmediğini açıkça ortaya koymaktadır.

**Tablo . Dünyanın en kalabalık şehirleri**

Sıra	Şehir	Nüfus	Toplam alan (km <sup>2</sup> )	Nüfus yoğunluğu (/km <sup>2</sup> )	Ülke
1	Shanghai	24,183,300	6,340.5	3,814	 China
2	Beijing	20,794,000	16,411	1,267	 China
3	Karachi	14,910,352	3,780	3,944	 Pakistan
4	Shenzhen	13,723,000	1,493.32	9,190	 China
5	Guangzhou	13,081,000	1,347.81	9,705	 China
6	Mumbai	12,442,373	465.78	27,223	 India
7	<b>Istanbul</b>	<b>12,661,000</b>	<b>620.29</b>	<b>20,411</b>	 <b>Turkey</b>
8	Moscow	12,229,000	1,021.75 <sup>[23]</sup>	11,969	 Russia
9	São Paulo	12,038,000	1,081.05	11,199	 Brazil
10	Kinshasa	11,462,000	473.73	24,195	 DR of Congo
11	Tianjin	11,249,000 <sup>[30]</sup>	1,331.83	8,446	 China
12	Lahore	11,126,000	502.55 <sup>]</sup>	22,139	 Pakistan
13	Delhi	11,034,555	461.83	2,457	 India
14	Jakarta	10,624,000	661.50	16,060	 Indonesia
15	Dongguan	10,615,000	1,721.34	6,167	 China
16	Lagos	10,552,000	433.34	24,350	 Nigeria
17	Seoul	9,806,000	605.25	16,202	 South Korea
18	Foshan	9,279,000	1,325.88	6,998	 China
19	Tokyo	9,273,000 <sup>[44]</sup>	626.99	14,790	 Japan
20	Chengdu	9,012,000	970.84	9,283	 China
21	Lima	8,894,000	215.74	41,226	 Peru
22	Mexico City	8,875,000	607.22	14,616	 Mexico
23	London	8,787,892	1,572	5,590	 United Kingdom
24	Tehran	8,694,000	574.13	15,143	 Iran
25	New York	8,622,698	786.30	10,966	 United States
26	Bangalore	8,520,435	665.52	12,803	 India

**Not:** Dünyadaki en yüksek nüfuslu şehirlerin sıralaması, bir şehrin yönetsel sınırları (şehir dışından ayrılmış kentsel mekan) içinde yaşayan nüfus (the population of a city proper) kavramına göre belirlenmiştir.



New York City, ABD

Bugün kentlerimizdeki ana problemlerden biri yoğunluk problemidir. Yani, birim alanda olması gerekenden daha çok insanın yaşaması ve birim alanda altyapı hizmetlerinin, yeşil alan, hava, su ve toprağın yetersiz kalmasıdır. Kentlerin dönüşümü konusunda son yıllarda gündeme gelen yeni yapılaşma çalışmalarının beklenen iyileştirmeyi verebilmesi için daha fazla ekonomik güce ve zamana ihtiyaç vardır. Bu dönüşümlerde deprensellik, altyapı, yoğunluk, üretim, güvenlik, eğitim ve çevre ile ilgili önceliklerin bir bütün olarak ele alındığı tümleşik bir yaklaşım izlenmelidir.

### **Yetersiz Tarımsal Uygulamalar**

Doğal bir ekosistemde, toprak yüzeyi ölü bitkilerle kaplıdır. Bunlar ayrışır ve toprağa katılan zengin humus oluşur. Tarım alanlarında, ekinler hasat edilir ve bitki kısımlarının çoğu tarlalarda uzaklaştırılır. Böylece, tarım ürünlerine geçen topraktaki bitki besin maddeleri tarlalardan uzaklaştırılır. Bu bitki besin elementleri geri getirilmezse, toprağın verimsizleşir ve ürün verimi azalır. Geçmişte bu meydana geldiğinde, sadece verimsiz bir toprak örtüsünün geride kaldığı tarlalar terk edilirdi. Tarlalar bitki örtüsünden yoksun kaldığında, kuvvetli yağmur veya rüzgarlar üst toprağı taşıyıp uzaklaştırabilmektedir. Pek çok alanda, sığır ve koyun sürüleri ile aşırı otlatma otlakları bitki örtüsünden yoksun bırakmaktadır. Toprağın aşınımını önleyen en önemli etkenlerden biri de toprağın organik madde içeriğidir. Toprak tenelerini bir arada tutan ve toprağın su tutma kapasitesini önemli ölçüde arttıran organik maddeler, toprağa, üzerindeki bitki örtüsünden eklenmektedir. Bitki örtüsünün tarımsal üretim ve otlatma ile sürekli uzaklaştırılması toprağın organik madde içeriğini azaltmakta ve erozyona duyarlı hale getirmektedir.



### **ÇEVRE KİRLİLİĞİ**

Çevreye eklenen herhangi bir şeyin, onu canlılar için daha az uygun yapmasına "kirlenme" denir. Çevrenin kirlenmesi nüfus artışı ve endüstriyel gelişme ile artmaktadır. Taşıtlardan, katı yakıtların yanmasından çıkan gaz atıklar ve endüstriyel gazlar havayı kirletmektedir. Akarsu ve nehirlere akıtılan kirli su ve endüstriyel atıklar su yollarını kirletmektedir. Toprak, genellikle endüstri ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan çok büyük miktarlardaki katı atıklardan kirlenmektedir. Bazı endüstriyel atıklar yüksek derecede zehirli olmaktadır.

İnsanla birlikte diğer canlıların yaşamaları üç temel maddeye bağlıdır. Bunlar hava, su ve topraktır. Özellikle su ve hava yaşam için en gerekli maddelerdir. Yaşam için gerekli olan bu maddeler, doğal olarak insanların en çok etkileşim içinde oldukları maddelerdir. Zaten yaşadığımız tüm çevre sorunları

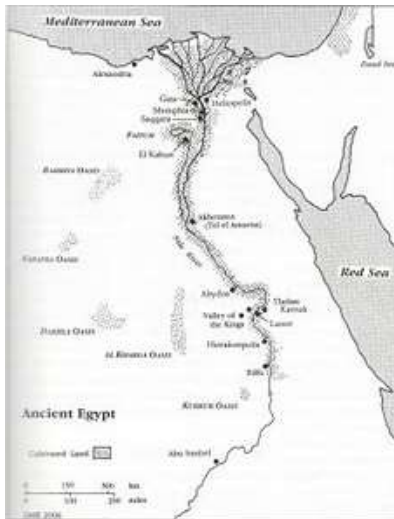
temelde bu üç maddenin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Diğer kirlenme çeşitleri yine bu üç temel maddenin ayrı ayrı veya birlikte kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Dünyamızın değişik yerlerinde değişik türden çok büyük çevre sorunları yaşanmaktadır. Burada insanın yaşamı ve geleceği için çok önemli olan temel sorunlardan ve bunların etkilerinden bahsedilecektir. Bunlar hava, su ve toprak kirliliği, radyoaktif kirlilik, toprak erozyonu, ozon kaybı, asit yağmurları ve iklim değişiklikleri gibi insanın geleceğini ilgilendiren çevre sorunlarıdır.

## SU KİRLİLİĞİ

Su, hayatın özü, en vazgeçilmezi ve bütün canlıların biricik hayat kaynağıdır. Sıvı haldeki su, yeryüzünü diğer tüm gezegenler içinde ayrıcalıklı kılan maddedir. Tarih boyunca medeniyetlerin oluşmasında en önemli unsur su olmuştur, çünkü insanoğlu bir yere yerleşmek için ilk önce suyu aramış ve su bulduğu yerlerde şehirler, medeniyetler kurmuştur. Büyük akarsular boyunca kurulan şehirler tarih boyunca varlıklarını sürekli korumuşlardır.

Saflığın, sadeliğin ve bilgeliğin sembolü olarak su, eski uygarlıkların gündelik hayatında kutsal sayılmış ve suyu israf etmenin tabiatın dengesini bozacağına inanılmıştı. Bu nedenle, Eski Mısır'da ölünün yanı başında bulunan "Ölünün Kitabı"nda Tanrıya verilen hesapta: "Çalmadım, Öldürmedim, Suları Kirletmedim" ifadelerine yer verilmiştir. Ganj Nehrinde, Fırat ve Dicle'nin kenarında, Amerika'nın derin ırmaklarında su, her zaman varlığın özü olarak saygı görmüştür. Bütün eski medeniyetlerde, kutsal kitaplarda ve bilgeliğin izlerini taşıyan bütün eserlerde suya mistik bir güç atfedilmiştir. Hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye bağlı kirlenme nedeniyle, yirmi birinci yüzyılda su kaynakları insanoğlu için daha değerli ve çok daha önemli hale gelmiştir. Bu nedenle, günümüzde bilim adamları, insanlığın gelecekteki su ihtiyacının karşılanmasına çözüm üretebilmek için, suyu en az kayıp ile kullanma, atık suyu yeniden kullanabilme ve deniz suyunu tatlı suya dönüştürebilme yolunda projeler üretmektedirler.



**Antik Mısır**

**Büyük Mısır Uygarlığının ihtişamlı yaşamının çizgileri**

**"Çalmadım, öldürmedim, suları kirletmedim"** (I have not stolen, I have not killed; I have not laid waste the plowed land, nor trampled down the fields. I have never fouled the water, nor have I polluted the land. (Ancient Egyptian Wisdom from The Book of The Dead) )

## Dünyadaki Tuzlu ve Tatlı Suyun Dağılımı

Yeryüzündeki toplam su hacmi, %97.41'i tuzlu ve %2.59'u tatlı su olmak üzere 1386 milyon km<sup>3</sup> olarak tahmin edilmektedir. Yüzeyledeki tatlı suyun sadece %0,3'u sıvı haldedir. Ek olarak, yeryüzeyinin içinde aşağı mantoda yeryüzündeki suyun toplamının 5 katından daha fazla su tutulmaktadır.

Su Kaynağı	Su Hacmi km <sup>3</sup>	% toplam su	% tuzlu su	% tatlı su	% yüzeyle sıvı tatlı su
<b>Toplam su hacmi</b>	<b>1386.000.000</b>	<b>100</b>	<b>97,5</b>	<b>2,5</b>	
<b>OKYANUSLAR</b>	<b>1.338.000,000</b>	<b>96,5</b>	<b>99,0</b>		
Pasifik Okyanusu	669.880.000	48,3	49,6		
Atlas Okyanusu	310.410.900	22,4	23,0		
Hind Okyanusu	264.000.000	19,0	19,5		
Güney Okyanusu	71.800.000	5,18	5,31		
Arktik Okyanus	18.750.000	1,35	1,39		
<b>BUZ ve KAR</b>	<b>24.364.000</b>	<b>1,76</b>		<b>69,6</b>	
<b>Buzullar</b>	<b>24.064.000</b>	<b>1,74</b>		<b>68,7</b>	
Antarktik buz örtüsü	21.600.000	1,56		61,7	
Grönland buz örtüsü	2.340.000	0,17		6,68	
Arktik adalar	83.500	0,006		0,24	
Yüksek dağ buzulları	40.600	0,003		0,12	
<b>Toprak buzu ve permafrost</b>	<b>300.000</b>	<b>0,022</b>		<b>0,86</b>	
<b>YERALTISUYU</b>	<b>23.400.000</b>	<b>1,69</b>			
Tuzlu yeraltısuyu	12.870.000	0,93	0,95		
Tatlı yeraltısuyu	10.530.000	0,76		<b>30,1</b>	
Toprak nemi	16.500	0,0012		0,047	
<b>GÖLLER</b>	<b>176.400</b>	<b>0,013</b>			
<b>Tuzlu göller</b>	<b>85.400</b>	<b>0,0062</b>	<b>0,0063</b>		
Hazar Denizi	78.200	0,0056	0,0058		
Diğer tuzlu göller	7.200	0,00052	0,00053		
<b>Tatlısu gölleri</b>	<b>91.000</b>	<b>0,0066</b>		<b>0,26</b>	<b>87,0 + 13,03</b>
Afrika Büyük Gölleri	30.070	0,0022		0,086	28,8
Baykal Gölü	23.615	0,0017		0,067	22,6
Kuzey Amerika Büyük Gölleri	22.115	0,0016		0,063	21,1
Diğer Tatlısu gölleri	15.200	0,0011		0,043	14,5
Atmosfer	12.900	<b>0,00093</b>		0,037	
Bataklıklar	11.470	<b>0,00083</b>		0,033	11,0
Akarsular	2.120	<b>0,00015</b>		0,0061	2,03
Biyolojik su	1.120	<b>0,000081</b>		0,0032	

### Doğal Suların Özellikleri

#### Suyun Fiziksel Özellikleri

Günlük yaşantımızda karşılaştığımız sular değişik cins ve miktarlarda safsızlık içerir. Suyun kaynağına göre içerdiği maddeler değişir. Suyun özellikleri ve davranışı saf sudan farklıdır. Doğal sulardan, saf



suya en yakın olanlar yağmur ve kar sularıdır. Ancak hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgeler için bunu söylemek zordur. Saf su renksiz ve kokusuzdur. Suları renkli gösteren içerdikleri maddelerdir. Geçiş metallere özellikle Fe, Mn ve Cr bileşiklerinin suda bulunması suyun renkli görünmesine neden olur. Suyun kokusu ve tadı, su çözünen inorganik ve organik maddeler ile çeşitli mikroorganizmalardan kaynaklanır. İçme suyunda koku istenmez, ancak lezzet istenir. Genellikle amonyak, sülfürler, siyanürler, fenoller, serbest klor, petrol atıkları, bitkisel ve hayvansal atıklar suya istenmeyen kokular verirler. İçme sularında bulanıklık istenmez, berrak olması istenir. Çözünen madde miktarı iletkenlikle doğru orantılıdır. Maden suları iletkenlikleri en fazla olan sulardır. Suyun +4°C'deki yoğunluğu 1 g/ml'dir. Su donduğunda yoğunluğu azalır ve 0,9 g/ml olur. Donan kısmı, suyun üzerinde yüzer.

### **Suyun Kimyasal Özellikleri**

Doğal suların pH'sı içerdikleri maddelere göre değişir. Normal suların pH'sı genellikle 6,5 – 7,5 arasında değişir. Asit yağmurlarında pH'nın 2,3'e düştüğü görülmüştür. Yer altı sularında pH'yı, daha fazla çözüldüğünden  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^{2-}$ ,  $CO_2$  belirler. Ayrıca, çözülmüş  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Cr^{+3}$  iyonları sulara asitlik sağlar. Sularda  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonları sertliğe neden olur. Suların sertliği FS: 10 mg  $CaCO_3$  /L, AS: 10 mg CaO /L olarak birimlendirilir.

Sularda ana bileşen olarak  $Ca^{+2}$ ,  $Na^+$ ;  $Mg^{+2}$ ;  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$  iyonları bulunur. Ayrıca Fe,  $Cu^{+2}$ , Mn, Ni, Zn, Co, Cd, Cr, Pb, Hg, Be; Al, As, Se, Rb, Li, I,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ , B,  $CN^-$ ,  $H_2S$  ve pestisitler eser miktarda bulunabilir.

### **Gaz Çözünürlüğü**

Gazlar, temas ettikleri sıvılarda genelde yapısı bozulmadan moleküler halde çözünürler. Çözünme miktarları sıcaklığa ve basınca bağlıdır. Gazların sıvılardaki çözünürlükleri Henry Yasası ile verilir. Gazların sıvılarda yoğunlaşarak sıvılaşmaları ısılan bir tepkime gerektirdiğinden sıvılaşmazlar. Gazların sıvılarda çözünmeleri ısıveren bir işlem olduğundan tercih edilen bir olaydır. Bu nedenle sıcaklık arttıkça çözümleri azalır. Isıtılan sudan gaz kabarcıklarının çıkması sıcaklık artışıyla çözümlerin azalmasına örnektir. Soğuk sularda çözülmüş oksijen miktarı, ılık sulardakinden daha fazladır. Gazların sıvılardaki çözünürlüğü ile sıcaklık ilişkisi Klapeyron denklemi ( $\log C^2/C^1 = (\Delta H/2,303 R) (1/T^1 - 1/T)$ ) ile verilir.

Bir gazın sıvı içindeki çözünürlüğüne basıncın etkisi, sıcaklığın etkisinden çok daha fazladır. Bir gazın çözünürlüğü gaz basıncıyla doğru orantılı olarak artar. Bu Henry Yasası olarak bilinir ve  $C = k \cdot P^{gaz}$  ve  $P^{gaz} = X^{gaz} \cdot k$  şeklinde ifade edilir. Henry yasası yüksek basınçlarda ve gazın sıvıda iyonlaşması ya da tepkimeye girmesi durumlarında geçerli değildir. Bazı gazlar düşük, bazıları ise daha yüksek gaz basıncında çözünürler.

### **Su Kirliliğinin Kaynakları**

Yeryüzündeki sular güneş enerjisi ile yürüyen sürekli bir döngü içindedir. İnsanlar, tüm gereksinimleri için, suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra geri verirler. Suya, bu döngü sırasında, doğal yapısında bulunan değişik maddelere ek olarak, özellikle insanların çeşitli amaçlar için kullandıkları sırada, değişik maddeler karışmaktadır. Böylece suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri değişmektedir.



Sağlıklı bir sucul ekosistem    Tehdit altındaki sucul bir ekosistem    Yıkıma uğramış bir sucul ekosistem

Suyun emme, taşıma ve çözme özellikleri vardır. Atmosferdeki su buharının yoğunlaşması sırasında bazı gazlar emilmektedir. Yer yüzeyinde ve yer altında kayaların ve toprakların özelliklerine göre suya çeşitli organik ve inorganik maddeler karışmaktadır. Suya karışan bu maddeler, suyun kokusunu, rengini ve berraklığını belirlemektedir.

Su kaynakları evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Özellikle sanayi atıklarının ve evsel atıkların doğrudan veya dolaylı olarak akarsu, göl ve denizlere boşaltılması, çarpık kentleşme, tarımda mücadele ilaçları ve aşırı gübre kullanılması, deniz taşımacılığı ve deniz kazaları suların kirlenmesine neden olan başlıca faaliyetlerdir. Bunlara ek olarak asit yağmurları, foseptik ve çöplüklerdeki sızıntılar gibi etkenler de yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kirleterek su kalitesini bozmakta ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir.

Dünyanın her tarafında, evlerde ve endüstride her gün çok büyük miktarlarda su kullanılmaktadır. Ancak, sağlanan suyun çoğu kirlenmiş olmaktadır. Su kirliliğinin başlıca kaynakları ve kirleticilerin bilinen en önemli etkileri aşağıda değerlendirilmiştir.

Su kirliliğinin kaynakları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Sanayi kuruluşları
- Enerji üretim santralleri
- Tarımsal faaliyetler
- Nüfus artışı ve kentleşme
- Turizm
- Deniz taşımacılığı ve deniz kazaları
- Foseptikler ve çöplükler
- Asit yağmurları
- Hayvansal atık üreten tesisler
- Erozyon

Su kirliliği kaynaklardan su ortamlarına verilen kirleticiler, aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Topbaş ve diğerleri, 1998).

Tuzluluk (kalsiyum, magnezyum, sodyum, sülfat ve klörürler)

Zehirli gazlar (Karbon dioksit, kükürtdioksit, hidrojen sülfür vb.)

Azot ve fosforun yol açtığı kirlilik

Ağır metaller ve iz elementler (Kurşun, demir, arsenik, çinko, cıva, mangan, nikel, kobalt, vb.)

- Zehirli organik bileşikler

Siyanürler

- Petrol türevleri
- Tarımsal mücadele ilaçları (Pestisitler)
- Gübreler (Doğal ve yapay)
- Deterjanlar
- Çözünmüş organik maddeler (Bitki ve hayvan atıkları)
- Patojenler (Hastalık yapan bakteri ve virüsler)
- Askıda (süspansiyonel) katı maddeler (Mineral ve organik kökenli)
- Radyoaktif kirleticiler

## Başlıca Su kirleticileri

**Doğal Organik Kirleticiler:** Pek çok "**organik atıklar**" bitki ve hayvan kökenli materyallerdir. Bu materyaller çoğunlukla biyolojik olarak parçalanabilirler, yani bakteriler ve diğer ayrıştırıcı organizmalar tarafından daha küçük maddelere yıkılabilirler. Akarsuların içerdikleri *organik ögeler*, alıcı ortamlarda bakteriler aracılığı ile ayrıştırılır. Bu ayrışma başlangıçta *aerobik* (oksijenli) koşullarda oluşur ve sulardaki çözünmüş oksijen, bakterilerin metabolik faaliyetleri için tüketilir. Tüketilen oksijen, atmosferle su arasındaki ara kesitte gerçekleşen *gaz aktarımı* ile yeniden kazanılır ve "**doğal arıtım**" olarak adlandırılan bu döngü kararlı bir halde sürer. Aerobik ayrışma kesintisiz olarak devam edebildiği sürece, organik maddeler çevresel açıdan bir sorun teşkil etmemektedir. Çünkü bu tepkimelerin son ürünleri su kirliliğine neden olmamaktadır.

Kanalizasyon ağları ile konserve, şeker, bira, et ürünleri ve kağıt fabrikalarının atıkları su yollarındaki organik materyallerin en büyük kaynaklarıdır. Organik atıklar küçük miktarlarda suya verildiklerinde, bakteri ve diğer ayrıştırıcı organizmalar onları parçalayarak, suyu temiz tutabilirler. Ancak bu materyallerin yıkımı sudaki oksijeni tüketir. Lağım ve diğer organik artıklar büyük miktarlarda bulduklarında, suyun oksijen içeriği önemli derecede azalır. Bu, balıkları ve diğer türden sucul organizmaları öldürür.

Bakterilerin çoğu aerobiktir, hücresel solunumu yürütmek için serbest oksijene gereksinimleri vardır. *Seçimli anaeroblar* denilen bazı bakteriler serbest oksijenin varlığında da yokluğunda da yaşayabilirler. Oksijenin varlığında aerobik solunumla ya da oksijenin yokluğunda fermantasyonla enerji sağlarlar. Diğer yandan diğer bakteriler oksijenin varlığında yaşayamazlar. Bunlara *zorunlu anaeroblar* denir. Bu bakteriler sadece fermantasyondan enerji sağlarlar. Bu grubun bir üyesi, *Clostridium botulinum*, besin zehirlenmesinin en tehlikeli çeşidi, *botulisme* neden olur. *C. botulinum* uygun olarak sterilize edilmemiş konserve besinlerde gelişir. Botulisme bu bakteriler tarafından üretilen toksinler neden olur.

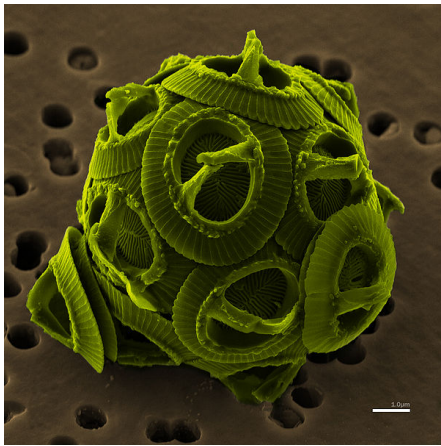
Fermantasyon sırasında, farklı bakteri grupları çok büyük çeşitte organik bileşikler üretirler. Etil alkol ve laktik asitten başka, bakteriyal fermantasyon asetik asit, aseton, butil alkol, glikol, bütirik asit, propiyonik asit ve doğal gazın temel bileşeni metan üretebilir.

Anaerobik mikroorganizmalar da sulara bulunan organik maddeyi tüketmekle birlikte, metabolizmaları, aerobik metabolizmaya kıyasla çok farklı özellikler gösterir. Anaerobik tepkimler sonucunda, amonyak (NH<sub>3</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) gibi yarı kararlı son ürünler açığa çıkar. Özellikle hidrojen sülfür (çürük yumurtaya benzer kokusu ile) anaerobik ayrışmanın en belirgin göstergesidir. Anaerobik ortamda balık ve diğer yüksek organizasyonlu canlıların yaşaması mümkün

olmadığı gibi, oksijensiz sular içme ve kullanma suyu sağlama, rekreasyon gibi kullanım amaçlarına da uygun değildir.

Bazı organik artıklar bitki besin maddeleridirler. Bu maddeler su ortamında büyük miktarlarda bulduklarında, alglerin ve sucul bitkilerin gelişmesini uyarırlar. Göllerde, bu besin maddelerinin bulunması sükesyon sürecini hızlandırır. Organizmalar öldükçe, materyaller göl tabanına eklenir ve derinlik azalır. Kıyıdaki bu gelişme gölün boyutlarını küçültür. Bu aşırı beslenme ve üretim artışı durumu olan devirsel işleme "ötrofikasyon" (eutrophication) denir. Kullanılmış suların alıcı ortamlara verilmesi sonucunda ortaya çıkan en önemli sorunlardan biri de bu aşırı beslenmedir. Bu besin maddeleri bazen alg popülasyonlarında aşırı bir gelişmeye neden olur. Sadece en üstteki alg katmanı yeterli ışık ve oksijen alır ve daha aşağı katmanlar ölür. Bu materyallerin ayrıştırılmasıyla göl suyunun oksijen içeriği azalır, bu da diğer canlı formları öldürür.

Algler, bir hücrelilerden, 65 metre boya ulaşabilen büyük kahverengi algler gibi çok hücreli formlar arasında değişen, basit yapılı, tipik olarak kendibeslek organizmaların geniş ve çeşitli bir grubudur. Bitkiler gibi fotosentetikler, ancak dokuları, kara bitkilerinde bulunan pek çok değişmez organlara organize olmadığından basit yapıdadırlar. En büyük ve en karmaşık deniz formları suyosunlarıdır. Günümüzde alg terimi eukaryotic organizmalarla sınırlıdır. Bu nedenle, tüm gerçek algler zarla çevrili bir hücre çekirdeğine ve bir veya daha çok zarla kuşatılmış plastidlere sahiptir. Diatomlar da alg örnekleridir. Basit eşeysiz hücre bölünmesinden, eşeyli üremenin karmaşık formlarına değişen geniş erimli bir üreme stratejisi sergilerler. Algler, kara bitkilerinde tanımlanan, örneğin damarsız bitkilerdeki yapraklar (phyllids) ve rhizoidlerden veya damarlı bitkiler (tracheophytes)'dedeki yapraklar, kökler ve diğer organlar gibi çeşitli yapılardan yoksundur. Çoğu fotoototrofik olmasına karşın, mixotrofik zarlar içeren bazı gruplar hem fotosentezden hem de organik karbonu osmotrophy, myzotrphy veya phagotrophy'den alarak enerji sağlarlar. Bazı bir hücreli türler tamamen dışsal enerji kaynaklarına bağlıdırlar ve fotosentetik aygıtları sınırlı ya da hiç yoktur. Bununla birlikte, yaklaşık tüm algler fotosentetik mekanizmalara sahiptir ve fotosentez ürünü olan oksijen üretirler.



Bir hücreli coccolithophore'un taramalı elektron mikrofrafisi

Sahil kayalıklarında algler

**Azot ve Fosfor:** Azot bileşikleri, su kirliliği açısından ötrofikasyona, oksijen bilançosunun etkilenmesine ve içme sularındaki toksikolojik sorunlara neden olur. Belli konsantrasyonların üzerinde amonyum, nitrat, nitrit, protein ve organik azot canlılara toksik etki yapabilir. Bu azot bileşiklerinin dinamik bir şekilde  $N_2$  gazına dönüştürülmesi gerekir. Doğadaki azot döngüsü Şekil 2.18'de şematik olarak gösterilmiştir. Sudaki amonyum ve serbest amonyak dağılımı üzerinde pH ve sıcaklığın etkisi

Şekil 2.19’da gösterilmiştir. Toprak-tahıl sisteminde azot döngüsü ise Şekil 2.20’de gösterilmiştir.

Azot bileşikleri su ortamlarında ötrofikasyona neden olmaktadır. Yüzeysel su ortamlarında birincil üretimi sınırlandırabilecek etkenler azot ve fosfordur. Doğaya verilen azotlu bileşikler giderek artmakta, nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemleri doğal koşullarda bu bileşikleri ayrıştırmada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle doğada organik ve inorganik (NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) azot bileşikleri artmaktadır. Su ve topraktaki bu azot bileşiklerini gidermek için arıtma sistemleri kullanılmaktadır.

İçme suyunda azot bileşiklerinin bulunması halinde; amonyum, dağıtım şebekesinde bakteri gelişimine ve aşırı klor tüketimine, nitrat bebeklerde mavihastalığa (*methemoglobin*), nitrit ise asidik ortamlarda oluşturduğu nitrosaminler (özellikle dimetilnitrosamin ve dietilnitrosamin) ve nitrosamidler aracılığıyla kanserojen etkilere yol açmaktadır.



Doğal arıtım



Ötrofikasyon

Sulara verilen organik azot, amonyak ve nitrit biyolojik süreçler aracılığı ile nitrat şeklinde yükseltgenmektedir. Bu tepkimelerde tüketilen oksijen önemli miktarlara ulaşabilmektedir. Arıtma tesislerinde tam nitrifikasyon uygulanmadığı takdirde, bu sularda mevcut olan amonyak, alıcı ortamlarda önemli oksijen tüketimine neden olabilmektedir. Günümüzde gelişmiş ülkelerdeki arıtma tesislerinin hemen tümünde nitrifikasyon kademeleri bulunmaktadır.

Fosfor döngüsü, sadece toprak ve suda cereyan eden bir çevrimdir. Atmosferdeki fosfor bileşikleri yok denecek kadar azdır. Su ortamında fosfor döngüsü Şekil 2.22’de gösterilmiştir. Toprak ürün sisteminde fosfor döngüsü Şekil 2.23’de gösterilmiştir. Fosfor, doğada ya mineral (Ca<sub>3</sub> (PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> vb.) ya da organik bağlı olarak (nükleik asitler, ATP, fosfolipidler) bulunur. Organik fosfor bileşikleri, biyolojik faaliyetler ile parçalanarak ortama fosfat (PO<sub>4</sub>) verirler. Bu fosfat, ya mineralize olarak doğaya katılır ya da organizmalar tarafından tutulur. Biyolojik olarak fosfat tutulması iki şekilde olur. Ya fosfat organizmaların yapısına assimile olur (nükleik asit, fosfolipid, ATP vb.) ya da polifosfat halinde bazı organizmalar tarafından (*Acinetobacter* sp.) hücre içinde PHB olarak biriktirilir. Polifosfat biriktiren bu organizmalar gübre katkı maddesi olarak kullanılabilir.

Sucul sistemlerde fosfor, bu ortamlarda mevcut olan çok yönlü ve karmaşık kimyasal ve biyokimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biridir. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur ve doğal ortamlarda gerçekleşen pek çok biyokimyasal tepkimede yer alır. Pek çok gölde, fosfor konsantrasyonunun çok az olduğu durumlarda bile, azot genellikle yeterli düzeyde bulunmakta ve fotosentezle üretim yapan ototrof canlıların biyokütle sentezini sınırlayıcı eleman (Justus Liebig’in *minimum yasasına* göre) fosfor olmaktadır. Heterotrof mikroorganizmaların gelişiminde de fosfor önemli bir role sahiptir.

**Yapay Organik Kirleticiler:** Pestisitler, gübreler ve deterjanlar gibi çeşitli yapay organik maddeler sucul hayat için zehirlidirler. Gübreler ve deterjanlar aynı zamanda bitki besinleri içerirler. Net etki, bir ekosistemin doğal dengesini bozacak ve onu tahrip edecek yöndedir.

Yapay organik maddeler suları büyük ölçüde kirletirler. Üretimleri her yıl bir öncekine göre biraz daha arttığından ve çevrede kolay parçalanmadıklarından, sadece sularda değil, genel olarak çevrede ciddi birer sorun haline gelmişlerdir. Doğal sularda bulunan yapay organik maddeler su bakterileri tarafından biyolojik olarak parçalanamadıkları gibi, atık madde işleme süreçlerinde de yıkılmazlar. Bundan dolayı sularda uzun süre kalırlar (plastikler, pestisitler gibi). Bazıları suya kötü renk, koku ve tat verirler. Bu durum o suda yetişen balık türlerini olumsuz yönde ve büyük ölçüde etkiler. Bazıları (petrol atıkları, pestisitler gibi) çok düşük derişimde bile sucul yaşam için son derecede zararlıdır.

Yapay organik maddeler denince akla ilk gelenler:

- Petrol kökenli yakıtlar
- Plastikler
- Plastikleştiriciler
- Elyaf lar
- Elastomerler
- Tarım İlaç ları
- Deterjanlar (Yüzey aktif maddeler, suyun yüzey gerilimini düşürürler)
- Pestisitler (insektisitler, herbisitler, fungusitler vb. )
- Besin katkı maddeleri
- Çözücüler
- Yağlı boyalar

**Hastalık Oluşturan Organizmalar:** Hastalık oluşturan mikroorganizmalar işlem görmemiş lağım suları ve çiftlik hayvanlarının atıklarından suya geçebilmektedir. Suya lağım bulaşması, *Escherichia coli* bakterisinin varlığının test edilmesiyle belirlenebilmektedir. Bu organizmalar, diğer bulaştırıcı bakteriler ve virüsler gibi sıcakkanlı hayvanların bağırsaklarında yaşamakta ve onların atıklarında bulunmaktadır.

Patojenler içme ve kullanma sularına kanalizasyon sularının temasıyla karışır. Ayrıca ürünlerin kanalizasyon sularıyla sulanmasıyla da bulaşır. Su patojenik (hastalık yapan) mikroorganizmalar için iyi bir taşıyıcıdır. Tifo, kolera, dizanteri, çocuk felci (palio), sarılık (hepatit) gibi salgın hastalıkların mikropları sularla taşınır ve yayılır. Bu nedenle kullanılan suların kalitesinin bakteriyolojik yönden sık sık kontrol edilmesi gerekir. Herhangi bir yerden şehir suyuna karışan lağım suları kısa zamanda dağılır ve salsın hastalıkların meydana gelmesine neden olur.

Şehir sularının kontrolü çok zor bir iş değildir. Çünkü böyle kontrollerde yukarıda sayılan salgın hastalıklara neden olan her patojen ayrı ayrı aranmaz. Onların yerine, onların varlığını gösteren indikatör bir bakteri olan *Escherichia coli* bakterisi (basili) aranır. Koli bakterisinin tespiti oldukça kolay ve kesindir. Öteki bakterilerin aranması asgari 24 saat sürer ve bu süre içinde de bakteriler büyük ölçüde yayılmış olur.

Koli bakterileri insan sindirim sisteminde yaşar ve çoğalırlar. Bunların hastalık yapma özellikleri yoktur ve daima insan dışıklarında bulunurlar. Bir insandan her gün milyarlarca koli basili lağım sularına karışır. Bir suda koli basilinın bulunması, o suyun lağım sularıyla kirlendiğini gösterir. Koli

basillerinin doğal sularda yaşama ve çoğalma şansları hiç yoktur. Bunların sularda tespiti, lağım sularının, şehir sularına ne zaman karıştığı hakkında da kaba bir fikir verir.

Lağım sularındaki organik maddeleri parçalayan her bakteri sağlığa zararlı değildir. Bunlar insan ve hayvan sindirim sistemlerinde yaşayamazlar. Bir ülkede, su şebekelerinin ve kanalizasyon sistemlerinin artması, o ülkede salgın hastalıkların ve salgın hastalıklardan ölenlerin sayılarının azalması anlamına gelir.

**İnorganik Kirleticiler:** İnorganik kimyasal maddeler, madencilik ve diğer endüstriyel işlemlerle suyollarına boşaltılmaktadır. Bu maddeler insanların kullanacağı suyun arıtma maliyetini yükseltirler. Bazı atıklar insanlar ve diğer hayvanlar için zehirli olan metaller, özellikle cıva ve kurşun içerirler. Su örneklerinin arıtılma derecesi spektrofotometre ile belirlenir.

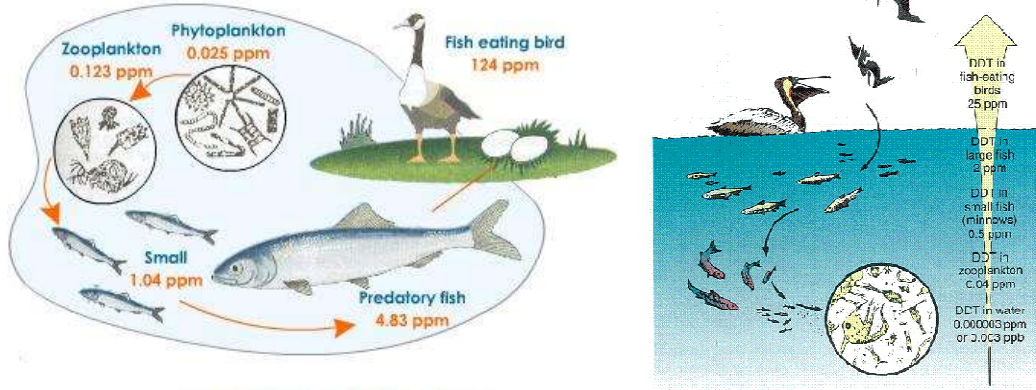
İnorganik madde atıkları da suları önemli ölçüde kirletir. Bu atıkların başlıcaları:

- a) Tuzlar
- b) Metaller
- c) Mineral asitler ve
- d) Minerallerdir.

Bunların sudaki etkileri başlıca üç gruba ayrılır:

- 1) Asitliğin artması
- 2) Tuzluluğun artması
- 3) Toksikliğin (zehir etkisinin) artması

**Biyolojik Büyütüm:** Cıva, kurşun ve bazı pestisitler suyollarına boşaltıldığında, önce küçük sucul bitkiler ve alglerde toplanırlar. Bunlar birinci-düzy tüketiciler tarafından yenir. Bu tüketiciler tarafından yenen bitki ve alg miktarları çok fazla olduğundan, zehirli maddeler vücutlarında birikir. Besin ağında, daha büyük ikinci-düzy tüketiciler pek çok birinci-düzy tüketicileri yerler. Böylece zehirli maddeler ikinci-düzy tüketicilerin vücudunda daha yüksek konsantrasyonlarda birikir. Besin ağı ilerledikçe, daha yukarı düzeydeki tüketiciler, daha fazla miktarlarda zehirli madde biriktirirler. Bu işleme "**biyolojik büyütüm**" (biological magnification) denir. Derişimin en yüksek olduğu, besin ağıının son basamağıındaki hayvanlar, pestisit veya diğer kimyasallardan en çok zarar görürler. Bazı durumda bu son basamak, insanlar olmaktadır. Beslenmelerinde büyük oranda balıketine bağı olan Japonya'da yaşayan insanlar, okyanusa boşaltılan cıvadan kaynaklanan cıva zehirlenmelerinden zarar görmektedirler. Biyolojik büyütüm nedeniyle, avlanan büyük balıkların etinde yüksek derişimlerde cıva bulunur.



Biyolojik büyütüm işlemi, DDT konsantrasyonları besin ağındaki organizmalarda giderek artar.

**Termal Kirlenme:** Akarsu ve nehirlerde su sıcaklığının değişmesi burada yaşayan balık ve diğer organizmaları öldürebilmektedir. Bu çeşit kirlenmeye **termal kirlenme** denir ve suyun bir akarsudan alınıp çeşitli tipteki endüstriyel donanımların soğutulmasında kullanılması ile meydana gelir. Soğuk nehir suyu, fabrikanın sıcak su dolu borularına bitişik borulardan geçirilir. Isı sıcak sudan soğuk suya aktarılır ve böylece ısınmış nehir suyu suyunun geri verilir. Canlı organizmalara olan dolaysız etkilerine ek olarak, ısınmış nehir suyu, soğuk sudan daha az oksijen taşır. Özellikle nükleer güç santralleri soğutma için büyük miktarlarda su gerektirirler.

Su kirliliğinin diğer çeşitleri yağ döküntüleri ve radyoaktif atıkların bulunması ile ilgilidir. Yağlar, çok çeşitli bakterileri öldürseler de, sucul yaşamın tüm formları için zehirlidirler. Su kuşları yağları, kanatlarından temizlemeye çalışırken yuttuklarında ölürler. Radyoaktif atıklar nükleer reaktörlerde, madencilikte ve radyoaktif materyallerin işlenmesinde üretilirler. Oldukça küçük miktarlarda radyoaktiviteye maruz kalmak zararlı olabilmektedir.

## Akarsu Kirliliği

Bitki ve hayvan yaşamı yönünden ekolojik dengenin korunduğu akarsular, sağlıklı akarsulardır. Akarsuyun kirlenmesinde, ona karışan kirlenici maddelerin cinsi ve miktarı ile akarsuyun hidrolojik özellikleri, özellikle akarsuyun debisi önemlidir.

Diğer bütün alıcı ortamlarda olduğu gibi akarsularda da, **doğal bir artım** işlemi olur ve her akarsu kirlilikten önceki durumuna ulaşmaya çalışır. Bu işleme, öncelikle akarsuyun özellikleri ile bölgenin iklimi, topografik yapısı ve suyun sıcaklığı etki etmektedir.

Bir akarsuya aynı miktarda verilen kirlenici, suyun fazla olduğu zamanlarda daha az, akışın düşük olduğu dönemlerde ise daha çok kirlilik yaratır. Bu nedenle yaz kuraklığı yaşayan bölge akarsularında kirlilik derecesi yazın fazladır.

İnsanoğlunun çeşitli etkinlikleri nedeni ile hem tür sayısı, hem de tür çeşitliliği azalmaktadır. Bazı araştırmalar kirlilik derecesini ölçerken, kirliliğin tür çeşitliliğine yansıyan etkilerinin saptanması yöntemini kullanmışlardır. Böyle bir çalışma örneği Şekil 3-1de verilmiştir. Temiz bir nehirde çeşitli tür toplulukları bulunur. Bu türlerin birey sayıları birbirleriyle az çok dengededir. Akarsu kirlendikçe, bazı türler ortadan kalkmakta, kalan türlerin birey sayıları ise artmaktadır.





## Yer Altı Suyu Kirliliği

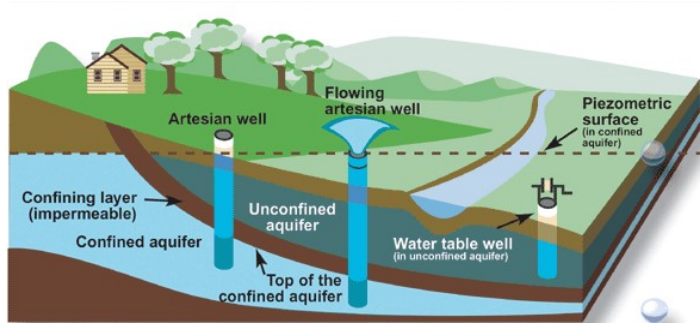
Yeraltı suyu kirliliğini yüzeysel sular ve toprak kirlenmesi ile birlikte ele almak ve incelemek gerekir. Yağış sonrası yeryüzündeki kirlilik hızlı bir biçimde artmaktadır. Organik ve inorganik maddeler, hayvansal ve bitkisel atıklar, doğal ve yapay gübreler, tarımsal mücadele ilaçları ve mikroorganizmalar suyla birlikte yer altına inmektedir.

Yeraltı suları, daha çok evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan çevreye verilmesiyle kirlenmektedir. Bu katı, sıvı ve gaz atıkların yeraltı sularına taşınması yörenin iklimine, jeolojik yapısına, topografik duruma ve atığın cins ve miktarına bağlıdır.

Yeraltı sularından genellikle içme ve kullanma suyu olarak faydalanılmaktadır. Çünkü bu sular diğer sulara göre hem bakteriyolojik yönden daha güvenlidir hem de arıtılması yüzey sularından daha kolaydır. Ancak yeraltı suları yüzeysel sulara göre kirlenmeye karşı daha duyarlıdır. Özellikle toksik maddelerle önemli derecede kirlenen yeraltı suları uzun süre kullanılamaz duruma gelebilir. Çünkü hareketleri çok sınırlı olan yeraltı sularının taşıma güçleri, değişim ve seyreltme kapasiteleri düşüktür.



Bir Sulak Alan

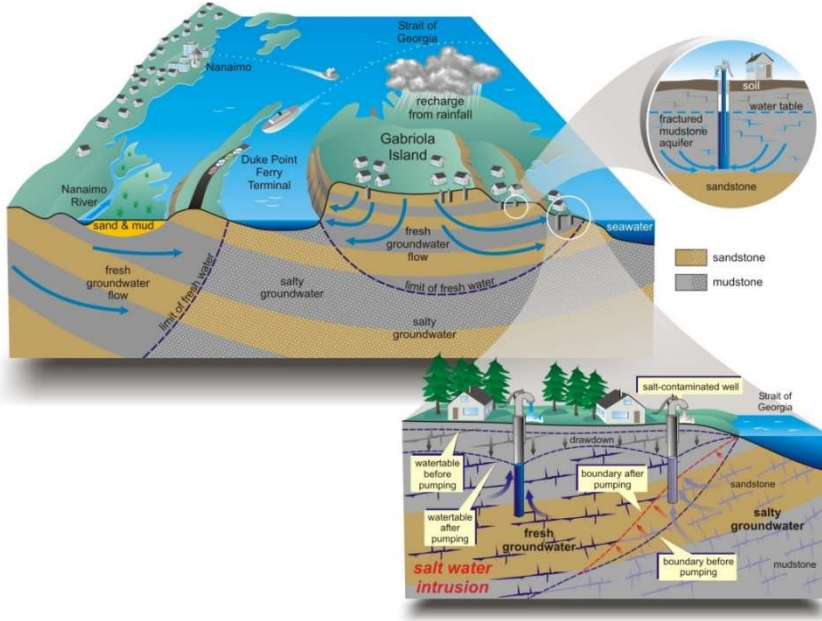


Aquiferler ve su kuyuları

Yeraltı su kirliliğinin birçok nedenleri ve kaynakları vardır. Bunların başlıcaları şunlardır. Tarımsal mücadele ilaçlarının aşırı ve bilinçsiz kullanımı. Evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesi. Foseptik çukurlarından ve açık alanlarda depolanan çöplerden sızan kirli suların yeraltı suyuna karışması ve kıyılarda deniz suyunun yeraltı suyuna karışmasıdır.

Aquifer, bir su kuyusu kullanarak yeraltı suyunun çekilebileceği, geçirgen kayacın veya çakıl, kum veya toz gibi bağlı olmayan materyalin taşıdığı ıslak bir yeraltı su katmanıdır. Aquiferlerde suyun akışı ve aquiferlerin karakterizasyonunu araştıran bilim dalına hidrojeoloji denir. Aquiferler çeşitli derinliklerde bulunabilir. Yüzeeye yakın olanlar su sağlama ve sulama için daha az uygun olmanın yanında aynı alana düşen yağmurla doldurulmaya da daha eğilimlidir.

Pek çok çöl alanlarının içinde veya yakınlarında yer altı suyu kaynakları olarak yararlanılan kireçtaşı tepeler veya dağlar vardır. Kuzey Afrika'da Atlas Dağlarının bazı bölümlerinde, Lübnan ve Suriye'nin Anti-Lübnan düzlüklerinde, İsrail ve Lübnan'da, Umman Jabel Akhdar'da, Sierra Nevada'nın bazı bölümlerinde ve ABD'nin Güneybatı düzlükleri civarında suyun sağlandığı yüzeysel aquiferler vardır. Aşırı kullanım, sürdürülebilir uygun yararlanın aşılmasına neden olmakta, örneğin ikmal edilebilecek olandan daha fazla su çekilmektedir. Libya ve İsrail gibi bazı ülkelerin sahillerinde, nüfus artışının taşıma kapasitesinin üstüne çıkması, su seviyesinin alçalmasına ve sonunda yer altı suyunun denizin tuzlu suyu ile bulaştırılmasına neden olmaktadır.



Sahillerde deniz suyunun yeraltı suyuna karışması

## Deniz Kirliliği

Dünyada bulunan suyun yaklaşık %97'si denizlerde toplanmıştır. Bu nedenle **kirleticiler için en büyük alıcı ortam denizlerdir**. Akarsuların, yer altı sularının ve bir kısım göllerin suları da sonuçta son alıcı ortam olan denizlere karışmaktadır.

Denizlerin kirlenmesine neden olan kirleticiler, deniz kıyılarındaki yerleşim birimlerinden ve endüstri tesislerinden doğrudan verilebildiği gibi, başka yerlerden akarsularla ve rüzgarlarla da taşınmaktadır. Ayrıca denizler üzerinde yapılan çeşitli insan faaliyetleriyle (ulaşım, taşımacılık, petrol çıkarma) ve atmosferdeki çeşitli kirleticilerin yağışla birlikte yeryüzüne inmesiyle de kirlenmektedir.

Denizlere karışan kirletici maddeler dolaylı ve dolaysız olarak, insan dahil bütün canlıların yaşamını büyük ölçüde etkilemektedir. Özellikle denizel ekosistemlerdeki yaşamsal öğelerin, denizdeki doğal kirlenmeden **denizin savunma mekanizmasının çok güçlü olması** nedeniyle fazla etkilenmezler. Ancak insan faaliyetleri sonucu doğal dengenin bozulması durumunda denizel ekosistemler, kendisini koruyamadığından ve yenileyemediğinden deniz kirliliği ortaya çıkmaktadır.



Denizlerde bir veya birkaç **fitoplankton** tününün ani artışı sonucu yoğunluklarının artması nedeniyle deniz suyunun rengi kırmızı veya kahverengi bir görünüm alır. Bu olaya **kızıl akın** (red-tide) adı verilir. Kırmızı dinoflagellatların bazıları zehirli maddeler üretirler. Bazen, bu organizmalar pek çok balığı öldüren "kızıl akın" meydana getiren, bir popülasyon patlaması geçirirler.

Fototrofik protistler **algleri** kapsarlar, genel bir ifade ile kara bitkileri dışında bütün oksijen geliştiren fotosentetik organizmaları içerirler. Bu çeşit protistler üç şubede yer alırlar. Bu Şubeler Euglenophyta-Euglenoidler, Chrysophyta-Sarı-Yeşil ve Kahverengi Algler ile Diatomlar ve Pyrrophyta-Dinoflagellatlar'dır.



Kızıldeniz'de kızıl akın (red tide)

Kızıl akın olayının çoğunlukla yöresel ve mevsimsel olduğu ve genellikle az derin sahil sularında veya nehir ağzına yakın yerlerde olduğu saptanmıştır. Kızıl akın olduğu sırada, ortamda özel ekolojik koşullar geliştiğinden ortam biotası üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu saptanmıştır. Bu nedenle organizmalar genel olarak kırmızı sulu ortamdan kaçarak normal kuşaklara yönelir. Bazı hallerde bu kaçma hareketi gerçekleştirilemeyerek kütleli ölüm olayları meydana gelir. Örneğin, sahillerde izlenen Balık Kırılması olayı bunun tipik örneğidir.

Kızıl akın olayında, canlıların ölümüne neden olan etkenlerin başında, kızıl akını oluşturan organizmaların bir veya birkaç toksik madde üretmekle ortamı zehirlemeleri, su viskozitesinin artması ve bunun sonucu olarak solunum, hareket ve besin sağlama işlevlerinin zorlaşması, anaerobik yıkım (sonuçta H<sub>2</sub>S serbest kalır) olayları görülebilmektedir.

Monaco Akvaryumu'nda 1984 yılında yanlışlıkla Akdeniz'e dökülen ve "katil yosun" denilen *Caulerpa taxifolia* adlı alg türü Güney Avrupa sahillerinde sinsi ilerleyişini sürdürmektedir. Bu algin

kontROLSÜZ yayılış bölgesindeki ekolojik dengeyi önemli ölçüde tehdit etmektedir.

#### Parlak Mavi Dalgaların Sırrı Çözüldü

Bilim dünyası, özellikle okyanuslarda bulunan ve deniz suyuna parlak mavi bir görünüm kazandıran mikroskopik bitkilerin saçtığı biyoluminesansın, yani biyolojik ışığın, nasıl oluştuğunu çözdü. Fitoplankton olarak bilinen bu mikroskopik bitkiler arasında, özellikle, dinoflagellat türlerinin biyolojik ışık saçtığı daha önce biliniyordu. Harvard Üniversitesi'nden Woodland Hastings liderliğindeki bir ekip, dinoflagellatların hücre zarındaki özel bir kanalın elektriksel uyarılara yanıt verdiğini gösterdi. Hastings ve ekibi, bu kanalların, dinoflagellatların biyolojik ışık saçmasını sağlayan mekanizma olduğunu ve dinoflagellatların yapısındaki kanalların, sadece artı yüklü parçacıklar olan protonların geçişine izin verdiğini ortaya koydu.

Uzmanlar, dinoflagellatların su yüzeyinde süzülmesiyle çevrelerindeki suda oluşan hareketin, canlıların içindeki proton dolu organellere elektrik sinyalleri gönderdiğini belirtti. Bu elektrik sinyalleri, voltaj değişikliğine hassasiyet gösteren proton kanallarını açıyor, bir dizi kimyasal tepkimeyi tetikliyor. Bu da neon mavisi ışığı üreten lusiferaz proteinini harekete geçiriyor.

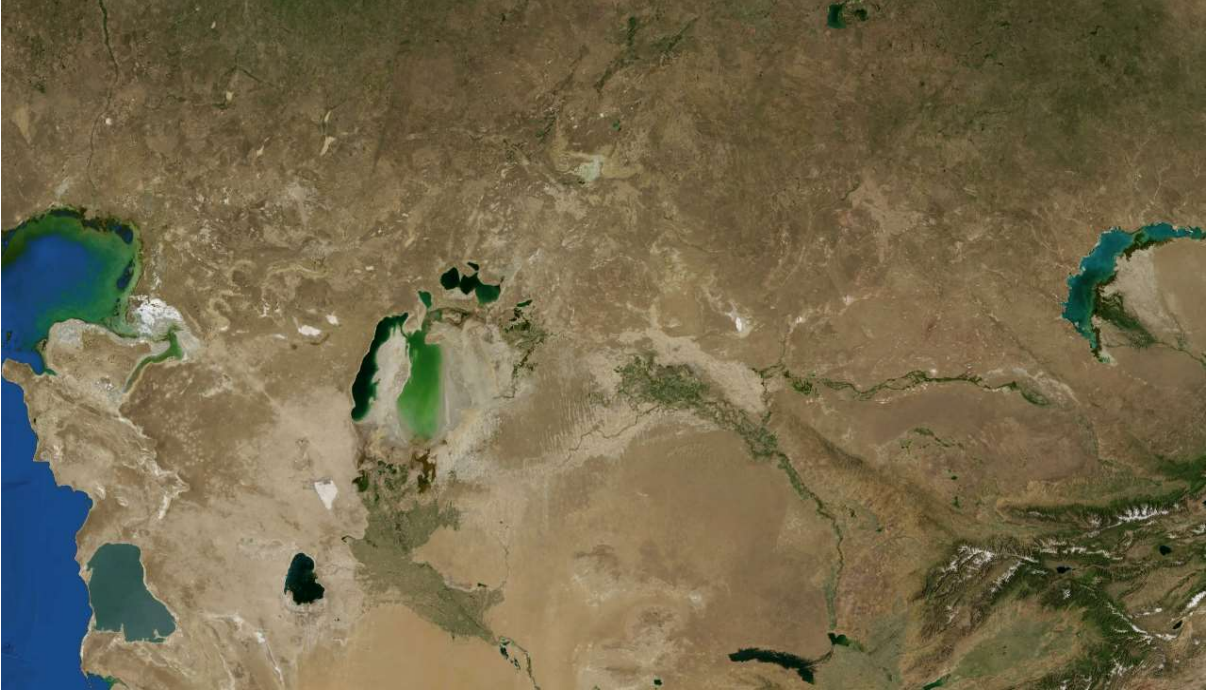


Hastings, bioluminesans olayının Atlas Okyanusu'nda ve Büyük Okyanus'ta neredeyse her gece yaşanan bir olay olduğunu belirterek, bunun hava kuvvetleri pilotlarının yollarını bulmakta kullandıkları bir araç olduğunu ifade etti.

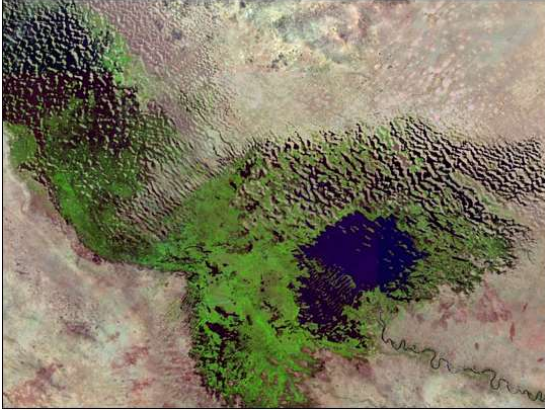
Bilim insanları, bazı dinoflagellatların, balıklara, insanlara ve diğer canlılara zararlı olabilecek zehirler de ürettiğinin altını çizerek, bioluminesansın aynı zamanda düşmana karşı savunma veya avın dikkatini çekme mekanizması olduğunu öne sürüyor.

#### Göl Kirliliği

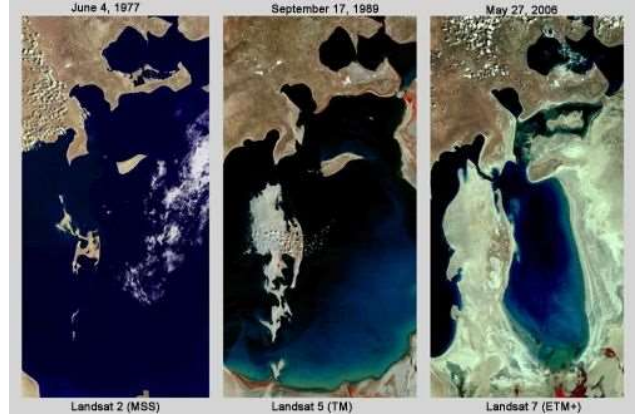
Kirlenmeye karşı en duyarlı alıcı su ortamı göllerdir. Çünkü göllerde, akarsulara göre akış sınırlaması vardır. Onun için kirlenmenin nedenleri ve boyutları daha farklıdır. Göllerin kirlilik kaynakları göl kıyısındaki yerleşim birimleri ve endüstri tesislerinin atıkları ile akarsularla taşınan çeşitli maddeler ve kirleticilerdir. Ayrıca atmosferdeki kirleticiler de çeşitli nedenlerle göl sularının kirlenmesine neden olmaktadır.



Şekil xx. Aral (sol ortada) ve Baykal (sağ üstte) göllerinin uydu görüntüleri.



Aral Gölünün 2001 yılındaki görünümü.



Aral Gölünün 1977, 1989 ve 2006 uydu görüntüleri

Özellikle dışa akışı olmayan havzalardaki göllere akarsularla ve yüzey akışla her türlü çözünmüş ve asılı madde taşınmakta ve burada birikmektedir. Bu taşınan maddelerden özellikle insan etkinlikleri sonucu oluşan kirleticiler, göl kirliliğine yol açmaktadır. Bunlardan bazıları çözünerek bazıları da dibe çökerek olumsuz koşullar oluştururlar. Dışa akış olmadığından kirlilik konsantrasyonu gittikçe artar. Diğer yandan göl, taşınan maddelerle dolmaya başlar. Genellikle dışarıdan gelen organik maddeler, gölün kendi kendisini yenileyebilme özelliğinden dolayı, zararsız hale getirilebilir. Ancak inorganik maddeler gölün doğal yollardan kendini yenileme sınırlarını zorladığı ve aştığı zaman göl ekosistemi yok olmak durumunda kalır.



Aral Gölü'nün Aral Çölü'ne dönüştürülmesi Aral Gölü için bir karşılaştırma: 1989 (sol) ve 2014 (sağ).

Göllere özgü özel bir ekolojik sorun da evsel ve endüstriyel atıklar ile fosfor ve azotça zengin sulama sularının göllere karışması sonucu ortaya çıkmaktadır. Besleyici tuzların (azotlu ve fosforlu maddeler) doğal ve yapay nedenlerle sularda artması sonucu bu ortamlarda canlı organizmaların, dolayısıyla organik maddelerin artışına yani ötrofikasyona neden olur. Nitrat, fosfor, azot ve fosfor içeren tuzlar ötrofikasyon olayının temel maddeleridir. Ötrofikasyon başlayan göllerde, "alg patlaması" denen, alglerin aşırı çoğalması ortaya çıkar. Bu durum, tatlı sularda planktonik organizmaların neden olduğu biyolojik bir olaydır. Bir veya birkaç fitoplankton türü hızla çoğalarak diğer alglerin gelişimlerini engeller.

## Su Kirliliğinin Çevreye Etkileri

Susuz canlılık olmaz. Bütün canlılar besin alamdan haftalarca yaşamlarını sürdürebilir, ancak

susuzluğa sadece birkaç gün dayanabilirler. Bu nedenle içme, kullanma ve sulama suyu sürekli bulunmalı ancak temiz ve güvenilir olmalıdır. Genel olarak, su kirliliğinin çevreye olan olumsuz etkileri, su ortamının özelliğine, kirleticilerin türüne ve miktarına bağlı olarak değişir. Bu olumsuz etkiler şu şekilde özetlenebilir.

- Ekonomik açıdan, deniz, göl ve akarsularda her türlü üretim düşer.
- İçme ve kullanma suyu bulmakta güçlük çekilir.
- Yeraltı sularının kirliliği söz konusu olduğu takdirde, kaynak suları ve madensel sular kullanılamaz duruma gelir.
- Tarımsal sulamada ve endüstriyel kullanımda su sıkıntısı çekilir.
- Suya bağımlı ekosistemlerde doğal denge bozulur.

### **İçme ve Kullanma Suyunun Arıtılması**

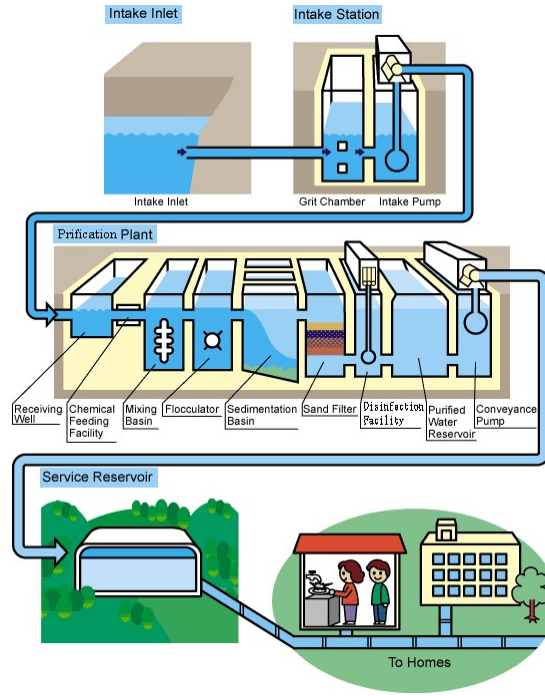
Kurtboğazı ve Çamlıdere Baraj göllerinden sağlanan Ankara'nın içme, kullanma ve endüstri suyu, İvedik Su Arıtma Tesislerinde arıtılmaktadır. Tesiste suyun arıtma aşamaları aşağıda gösterilmiştir.

- Kurtboğazı Barajının alt kısmından alınan suyun olası kötü kalite koşullarını hafifletmek ve oksijen oranını arttırmak amacı ile havalandırması.
- Çamlıdere Barajından, orta seviyeden alınan suyun Kurtboğazı'ndan gelen havalandırılmış su ile karıştırılması.
- Su karışımının oksitlenmeye yardımcı olması ve dezenfeksiyon amacıyla klorlanması.
- Sülfürik asit ile pH ayarlanması.
- Pıhtılaştırıcı Alüminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) ve pıhtılaştırıcı yardımcı polielektrolit dozlaması.
- Kimyasal işleme tabi tutulmuş olan suyun yatay tabanlı durultucu tanklarında durulması.
- Gerekirse durultma işleminden sonra klorlama, Potasyum Permanganat ( $KMnO_4$ ) ve Aktif Karbon dozlaması yapılması
- Hızlı filtrelerde filtreleme yapılması.
- Filtrelenmiş suyun dezenfeksiyon için klorlanması ve kontak tankına girmeden kireç ile pH ayarlanması.
- Suyun 20 dakikadan az olmayacak bir süre kontak tankında tutulması ve gerektiğinde ilave klor uygulanabilmesi.

### **Su Kalitesinin Tayini**

Suyun kalitesini belirlemek için çok çeşitli işlemler gerçekleştirilir. Bu işlemlerden en yaygın olanları aşağıda verilmiştir.

- 1-Çözünmüş oksijen tayini
- 2-Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)
- 3-Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)
- 4-Toplam organik madde tayini
- 5-Katı madde tayini
- 6- Azot tayini
- 7- Fosfat tayini
- 8- Bulanıklık tayini
- 9- Renk tayini
- 10- Koku tayini
- 11- pH tayini
- 12- Bakteriyolojik tayin
- 13-İletkenlik tayini
- 14- Sertlik tayini
- 15- Ağır metal tayini
- 16- Toplam alkalinite tayini



Şekil. Yüzeysel kaynaklardan sağlanan suyun arıtılma aşamaları.

## İçme ve kullanma sularının dezenfeksiyonu

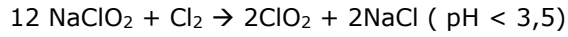
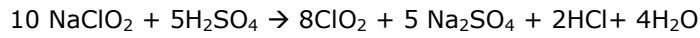
Fiziksel ve kimyasal yöntemlerle hastalık yapıcı bakterilerden arındırma işlemlerine dezenfeksiyon (disinfection) adı verilir. Filtrasyon ve diğer fiziksel arıtım işlemleri suyu ancak %95-99.5 oranında temizleyebilmektedir. Bu nedenle sular etkin bir dezenfektan ile dezenfeksiyona tabi tutulmalıdır. Bu yöntemle, suda bulunan ve hastalık yapan tüm organizmalar ve parazitler ortadan kaldırılır. Dezenfektanlar suda bulunan patojen mikroorganizmalar üzerinde bakteri öldürücü, bakterilerin hareketini engelleyici bir etki gösterirler. Suyun dezenfeksiyonunda klor, kireç kaymağı, kloraminler, klordioksit, çamaşır suyu, iyot, potasyum permanganat, ozon ve ultraviyole ışınlar kullanılır.

**1-Klor:** Dezenfektan maddeler arasında, özellikle ucuzluğu ve uygulama kolaylığı ile sonuçlarının denetlenmesi yönünden en uygun olan bir dezenfektandır. Klor, gaz halinde doğrudan doğruya ya da klor tableti şeklinde kullanılır. Klor gazı bir litre suda yaklaşık 1 mg bulunacak şekilde hesaplanır. Eğer su fazla kirli değilse, suyun litresinde 0,2 mg serbest klor kalır. Bu düzey dezenfeksiyon için yeterlidir. Klorun, dezenfektan etki gösterebilmesi için su ile en az 30 dakika temas etmesi gerekir. Klor gazı (Cl<sub>2</sub>) ile dezenfekte edilen suda HOCl ve OCl<sup>-</sup> oluşur. Bütün bu türler yükseltgen, Cl<sup>-</sup> yükseltgen değildir. HOCl'nin pKa=7,5 olduğundan HOCl pH=7,5 den aşağı pH larda, OCl<sup>-</sup> ise 7,5 den yukarıdaki pH larda baskındır. HOCl , OCl<sup>-</sup> den yüz kat daha kuvvetli dezenfektandır.

**2- Kireç kaymağı:** Klor gazı kadar etkindir. Ayrıca, toz halinde olduğundan kolaylıkla depo edilebilir. Kireç kaymağında %25 oranında aktif klor bulunacağı kabul edilerek 40 gram kireç kaymağı (yani 10 gram aktif klor) bir litre suyla karıştırılır ve artık maddelerin çökmesi için 20 dakika bekletilir. Çökeltinin üst kısmındaki sıvı ayrı bir kaba alınır. Hazırlanan bu sıvıdan (%1'lik ana çözelti) bir litre suya üç damla damlatılır ve 30 dakika bekletilirse su dezenfekte edilmiş olarak içme ve kullanmaya hazır hale gelir.

**3-Kloraminler:** Klora göre daha yavaş etki gösteren ama suda daha uzun süre kalabilen bu bileşikler, günümüzde özel örneğin, sıcak iklim bölgelerinde ya da suyun uzak yerlerden getirilmesi durumlarında kullanılmaktadır.

**4-Klor dioksit (ClO<sub>2</sub>):** Son yıllarda gelişmiş ülkelerde suyun dezenfeksiyonu amacıyla kullanımı giderek artan bu madde, güçlü bir oksitleyicidir ve koku giderici etkisi fazladır. Dezenfeksiyonun yapılacağı yere konulan bir jeneratör aracılığıyla, sıvı sodyum klorür ve hidroklorik asidin birleştirilmesiyle açığa çıkan bu madde sadece sıvı halde kullanılır. Suyun pH'sı ne kadar yüksek olursa olsun, sudaki alglerin ve kirlenmenin giderilmesinde çok etkilidir. Klordan farklı olarak, suda trihalometan bileşiklerinin oluşmasına ve amonyak türevleriyle reaksiyona girmediğinden kloraminlerin oluşmasına yol açmaz. Üstelik klor gazıyla birlikte kullanılırsa trihalometan bileşikleri daha düşük oranda oluşur. Bakteri ve virüs öldürme etkisi klor gazından fazladır. Suyun hoş olmayan rengini ve tadını giderdiği gibi, sudaki toprak, balık veya küf kokusunu da giderir. Suda çözülmüş halde bulunabilen mangan ve demirin çökmesini sağlar.



**5-Hipoklorit:** Diğer dezenfektanların bulunmadığı özel durumlarda seyrek olarak kullanılır. Dezenfeksiyon amacı ile kullanılırken çok fazla miktarına ihtiyaç duyulacağından depolanması oldukça zordur. Üstelik zamanla aktif klor yoğunluğu azalır. Tek üstünlüğü, toksik gazların sızması sorununun olmayışdır.

**6-İyot:** Zorunlu durumlarda kullanılacak dezenfektanlardandır. Yüzde 2'lik tentürdiyodun 2 damlası 1 litre suya karıştırılırsa 30 dakika içinde yeterli bir dezenfeksiyon sağlanır. Suda fazla miktarda organik madde varsa, litreye 3 hatta 4 damla katılabilir.

**7-Potasyum permanganat:** Bu dezenfektan da çamaşır suyu ve iyot gibi ancak zorunlu durumlarda dezenfeksiyon amacıyla kullanılabilir. Kullanıldığı kaptaki leke oluşturur ve 500 miligramdan fazla kullanılırsa suyun rengini de değiştirir. Ayrıca, suyun litresine 500 miligram potasyum permanganatın, kolera vibriyonu dışındaki patojen mikroorganizmalara etkisi kuşkuludur.

**8-Ozon:** Ozon klor gazından daha kuvvetli bir dezenfektandır. Ozon yüksek voltajlı (15000 voltluk) elektriğin kuru havaya uygulanması ile elde edilir. Buradan elde edilen ozon gazı sudan geçirilerek suda çözünür.  $K^H=1,3 \cdot 10^{-2}$  mol /L.at dır. Optimum şartlarda bu şekilde havanın oksijeninin % 6 sı ozona dönüştürülür.

Kuvvetli bir yükseltgen ve bakteri yok edici etkiye sahip olan bir maddedir. Bu etkisinden yararlanılarak suların dezenfeksiyonunda güvenilir olarak kullanılır. Ancak, maliyeti klor ve klor bileşiklerine göre çok yüksektir. Bu nedenle çok gelişmiş ülkelerde ya da özel durumlarda küçük çapta kullanılabilir. Sadece suyu dezenfekte etmekle kalmaz, suyun tadını ve rengini de düzeltir. Suyun metre küpünde 400 miligram ya da litre de 0,4 miligram ozonla 4 dakikada etkin bir dezenfeksiyon sağlanır. Ozon, kalıntısı olmamasına rağmen üretim maliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmaz.

**9-Ultraviyole (morötesi) ışınlar:** 200-300 nanometre dalga boyundaki ultraviyole ışınların dezenfeksiyon etkisi yüksektir. Dezenfekte edilecek suyun derinliği fazla değilse, berrak, yani bulanık değilse, renk değişikliği yoksa ve içinde demir bulunmuyorsa ultraviyole ışınlarla suda bulunan aktif ve spor yapan tüm mikroorganizmalar ya ölür veya bir daha çoğalamayacak duruma gelir. Maliyetinin pahalı olması nedeni ile küçük çapta dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılır. Cıva lambası uyarıldığında yayılan UV-C ışığı (254 nm) uygulanarak akan su dezenfekte edilir.