

14. BÖLÜM

İÇ SULARDA EKOSİSTEM, ENERJİ ve PRODÜKTİVİTE

Komunite Kavramı ve Ekosistem

Çevre koşullarıyla sınırlanmış bir alanda birbirine bağımlı veya bağımsız olarak yaşamlarını sürdüren çeşitli bitki ve hayvan türlerinden oluşan doğal popülasyon topluluklarına **komunite** denir.

- Her komunitenin canlı elemanları arasında ve bu canlı elemanlarla ortam ko şulları arasında etkili olan fizikokimyasal elementlerin kompleks bir ilişki düzeni vardır. Bu karşılıklı ilişkiler sonunda komunitenin yapısı ve işleyişi ortaya çıkar.
- (deniz, acısu, göl ve gölet)

- Büyük komuni teler temelde kendi kendilerine yeterli ve diğer komunitelerden bağımsız birimlerdir. Bir büyük komunte iğiride çeşitli sayıda küçük komuniteler (sosyeteler) bulunabilir. Bunlar ikinci derecede topluluklar olup enerji akışı bakımından bağımlıdırlar. Örne ğin bir nilüfer bitkisinin tutunduğu dip çamuru dip komunitesini (bentos) oluşturur.

- Komunitede süksesyon daima dinamik bir öğedir. Böylece çeşitli türlerin yerine birbirlerini izleyen başka türler ortaya çıkarak zamanla bir kominutenin yerini bir başkası alır. Buna sıralı değişim veya **süksesyon** denir, süksesyon en son ve en dengeli saflla olan **klimaksa (doruk evresi)** doğru bir ilerleme halindedir .

- Paleolimnolojik deliller oligotrofik veya ötrofik yapıdaki eski sabit göllerin iklim ve edafik çevreleri (toprağa bağlı dış etmenler) ile dengede olduğunu gösterir. Drenaj alanında erozyonun artışı veya insanlar tarafından ormanların yok edilmesi gibi faktörler dengeyi bozar ve dengesi bozulan göl hızla ötrofikasyona doğru gider. Buna benzer bozulma göllerin gübrelenmesiyle de ortaya çıkar.

- Kendi kendini destekleyen bir komunitede birbirini etkileyen can sız ve canlı (biyolojik) elemanlann karşılıklı ve karmaşık ilişkilerinin tümüne **ekosistem** denir.

- *Bir ekosistemin elemanları arasında enerji ve madde alışverişleri kendine öz bir yapıda meydana gelir. Termodinamik bakımdan oldukça sabit bir sistemdir. Ekosistemlere giren başlıca maddeler; güneş enerjisi, mineraller, atmosferik elementler ve sudur. Ekosistemlerden çıkan maddeler ise; ısı, oksijen karbondioksit ve diğer gazlarla suyun taşıdığı elementlerdir **tablolaştır***

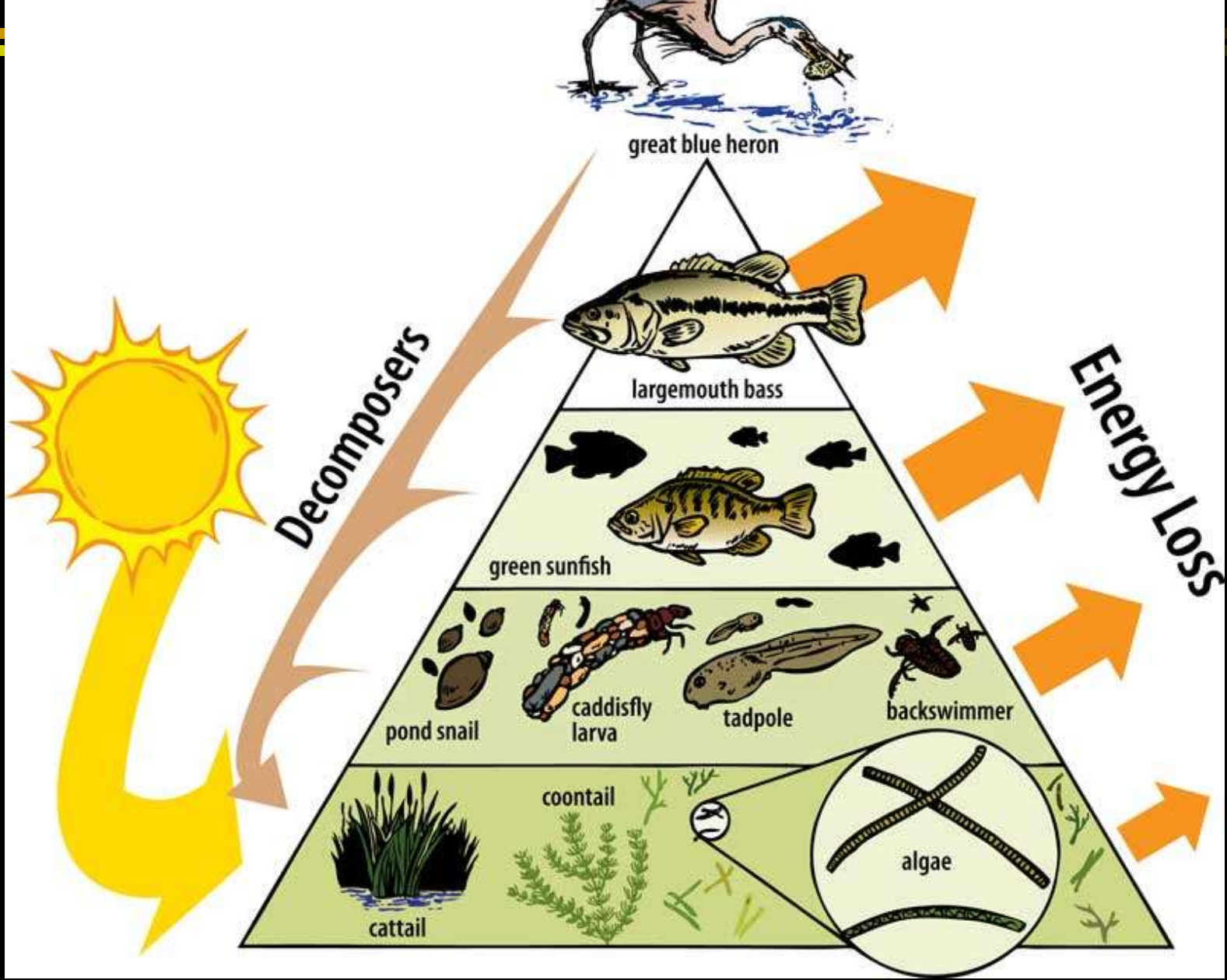
- Ekosistemlerin çoğu uzun bir evrim sürecinde oluştuğundan kendi kendini dengeleyen bir nitelik ka zanmıştır. Bu nedenle çevre etmenlerini belli ölçülerde değişimine ve popölasyon yoğunluğunda meydana gelen ani değişikliklere bozulmadan karşı koyabilirler.

- Bir ekosistemin biyolojik elemanları **üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar** olmak üzere üç grupta tolanır. Bu biyolojik elemanlara ek olarak sistemde, abiyotik maddeler ve enerji akışı gibi cansız fizikokimyasal çevre etmenleri de vardır. Bir ekosisteme alınan ve sistem içinde akan enerji sadece bir defa kullanılır. Buna karşılık mineral ve besleyici elementler ekosistemin canlılarından cansızlarına geçerken tekrar tekrar kullanılır. Böylece ekosistemin canlı ve cansız elemanlarından oluşan bir birlik ortaya çıkar.

Ekosistemde Madde İletimi

- Bir ekosistemde madde iletimi canlılar arasında görülen besin zinciri ile sağlanır.
- **Besin zinciri:** Bir ekosistemde bulunan canlılardan birinin diğeri üzerinden beslenmesi sonucu oluşan bir piramittir. Doğada iki tip besin zinciri oluşur, bunlardan biri herbivorların bitkileri besin olarak almalarıyla, diğeri ise az çok ayrışan bitkisel ve hayvansal artıkların alınmasıyla başlar (Şekil 6.1).
- **Bitkilerle Başlayan Besin Zinciri:** Bitkilerle başlayan besin zincirinde, zincirin halkalarını oluşturan başlıca üç grup vardır. Bunlar sırasıyla üreticiler, tüketiciler (birincil, ikincil, üçüncül vb. gibi) ve ayrıştırmacıdır.

- **Üreticiler:** Ekosistemde güneş enerjisinden (Potansiyel enerji) yararlanarak anorganik maddelerden besinini sentezleyen tüm klorofilli canlılar üretici olarak tanımlanır. Bu gruba giren canlı sayısı oldukça fazladır. Başlıcaları ototrof bakteriler (fotosentetik ve kemosentetik türler), endofitik ve epifitik fotosentetik canlılar, fitoplankton ve makroskopik su otları ve bitkileridir.



Tüketiciler

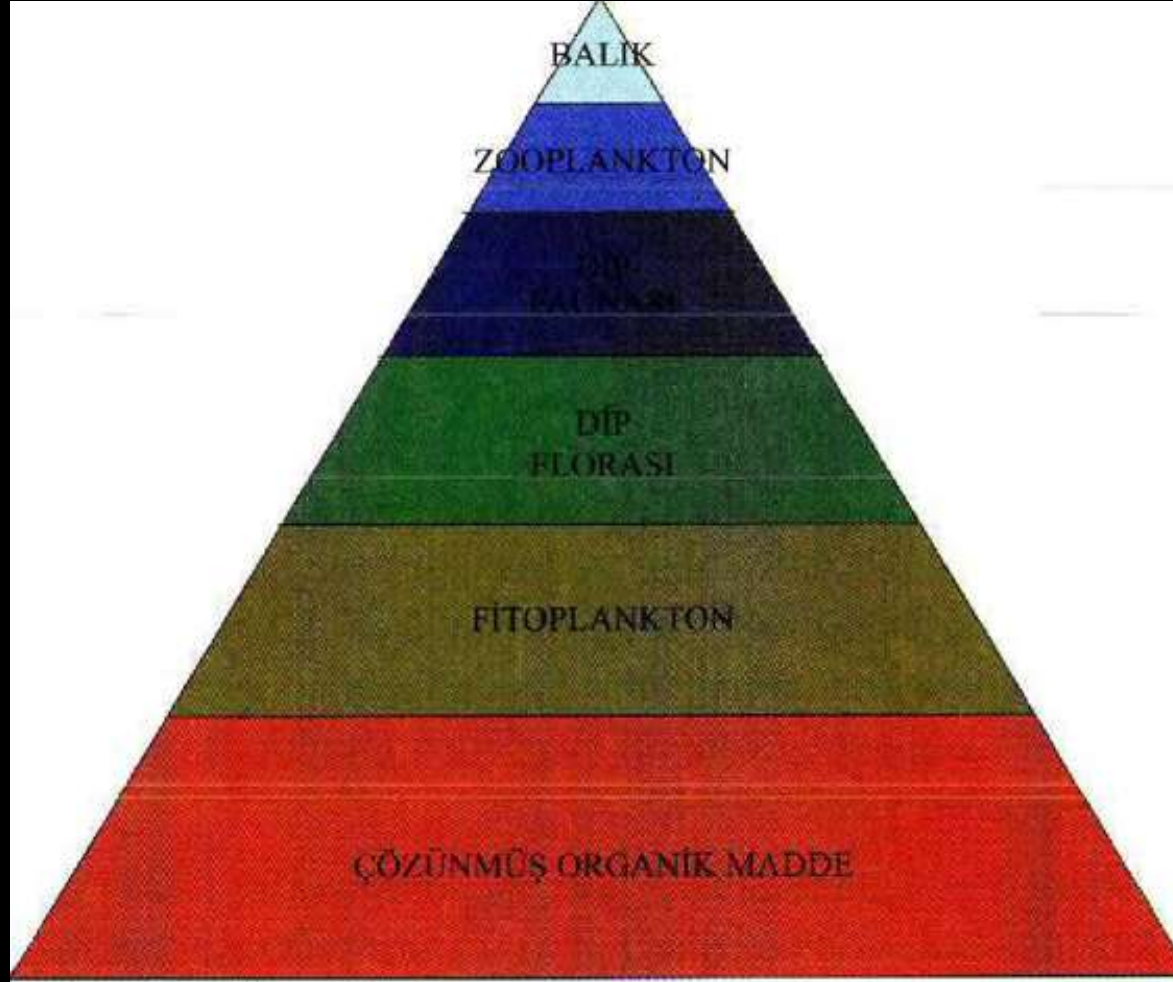
- : Ototrof canlıların oluşturduğu ürünlerle beslenen ilk herbivorlara birincil tüketiciler denir. Bu gruba yeşil bitkiler üzerinde parazit yaşayan bitki ve hayvanlarla sucul ortamda fitoplanktonla beslenen küçük krustase ve molusklar da hildir, herbivorlarla beslenen kamivorlar ikincil tüketicileri ve küçük kamivorlarla beslenen daha büyük karnivorlar üçüncül tüketicileri oluştururlar. Üçüncül tüketici den sonra karnivor sayısı oldukça azalır.

- **Aynştırıcılar:** Besin zincirinin son halkasını oluşturlar. Bunlar bitki ve hayvan ölüleri ile atık maddelerle beslenen bakteri ve mantarlar gibi mikroorganizma dır. Organik maddeleri parçalayarak minerallerin serbest hale geçmesini sağlarlar. Genellikle mantarlar bitkisel artıkları, bakteriler ise hayvansal artıkları aynştırırlar.
-

- Üreticiler olarak tanımlanan bu bitkisel canlıların faaliyetleri sonucu önce karbohidratlar oluşur. Daha sonra buna ortamda bulunan anorganik maddelerin de eklenmesiyle protein ve yağlar meydana gelir. Böylece protoplazmanın yapısına giren organik maddeler sentezlenerek ilk ürün (fitoplankton) yapılmış olur. Besin zincirini
- 2
- oluşturan tüm canlıların solunum olayları ile (organik madde + O₂ - CO₂ + H₂O +

- ısı enerjisi) bir taraftan CO₂, su ve enerji ortama tekrar sağlanırken, birinci ürünü tüketerek gelişen ikincil ve onunla beslenen üçüncül ürün vb. gibi besin zincirini
- oluşturan her basamaktaki canlıların ölümü ve dışkısıyla ortama verilen anorganik maddeler tekrar birincil ürünün oluşturulmasına kaynak olur ve döngü bu şekilde sürer

Biyomas ve çözünmüş organik madde piramidi (üçgenin oransal bölümleri çeşitli elemanların arasındaki ağırlık ilişkisine göre hazırlanmıştır).



Ekosistemin Biyokimyasal Yapısı:

- Ekosistemlerde oluşan maddelerin önemli bir kısmı sürekli dolanım halindedir ve çoğu tekrar tekrar devreye girer. Canlıların çoğunun protoplazmasında kırktan fazla element bulunur. Bunların en önemli leri karbon, azot, hid rojen, oksijen, fosfor ve kükürttür. Bunlara ek olarak daha az miktarlarda kalsiyum, demir, magnezyum, potasyum, sodyum ve diğer elementler vardır.

- Biyokimyasal döngü; gaz (C, N, Hp) ve çökelti evresi olmak üzere başlı ca iki evrede bulunur. Gaz evresinin deposunu atmosfer oluşturur. Çökelti evresinde ise elementler katı halde birikirler.

- Bir ekosistemin kimyasal kısmı canlı sistemlere defalarca girer ve çıkar. Örne ğin silis sedimanda diatom kabuklarmca tutulduğu zaman veya üzerine diğer mad delerin yığılmasıyla gömüldüğü zaman kaybolabilirse de bu jeolojik zaman süreci içinde sadece geçici bir dönem içindir. Besleyici maddeler ve diğer mineraller sürekli olarak biyotik komunitelerde döngüye girer ve çıkarlar.

Ekosistemde Enerji Akışı

- Enerji akışı teimi bir ekosistemde tüm verimi ve metabolik kompleksi kapsayan bütünleştircibir kavramdır. Enerj inin bir sisteme nasıl girdiği, nerelerde kullanıldığı ve sistemi nasıl terkettiği anlamını taşır. Güneş enerjisinin tutulması ve kimyasal enerjiye çevrilmesi yani özümleme ile başlayan enerji akışı besin zinciri yoluyla ba samak basamak ilerler. Bu esnada her düzeyde enerji kaybı olur. Enerji akışı sonucu enerji büyük bir canbda birikerek depolarnr

- Bu şekilde fotosentezden başlayarak solunum, metabolizma, depolama olayları ile enerjinin ısı olarak veya hareket gibi olaylarla kaybolması ekosistemin metabolizması olarak düşünülebilir .

- Ekosistem komplekstir, enerji, besleme basamaklarında küçük miktarlarda ile riye doğru aktığı gibi geriye doğru daha fazla akar (Şekil 6.4). Tennodinamiğin 2. kın-ah enerjinin bir yoğunluk bölgesinden daha düşük bir yoğunluk bölgesine aktığı nı ifade eder. Bu akışta aşağı doğru her basamakta bir miktar enerji kaybolur. Hay van metabolizmasında veya besin molekülünün yapısında bulunan enerjinin çoğu büyüme ve diğer metabolik olaylarda kullanılırsa da bir miktar enerji kullanılmaz ve çoğu düşük ısı enerjisi olarak çevreye dağılır ve kaybolur.

Komunite Metabolizması

- Komunite metabolizması, bir canlının metabolizmasını ölçmeğe benzer bir yöntemle saptanabilir. Komunite metabolizması belli bir zaman süreci için hesaplanır. Bunun için gün ışığı süresince brüt total fotosentez (P) saptanır ve 24 saatlik bir periyot esnasında hesaplanan total solunumla (R) karşılaştırılır.
- Böylece, sistemde bireysel canlı solunumunu veya türe ait fotosentez oranlarını saptamaya gerek kalmadan komuniteye ait *PIR* oranı hesaplanabilir. Olayın ayrıntılarına girmeden burada şunu söyleyebiliriz; gün boyu oksijen artışı net fotosentezi yansıtır.

- Burada üretilen oksijenin bir kısmının deneyden önce solunumla tüketildiği varsayılır. Bürüt primer prodüksiyon üretilen oksijene oranlıdır. Solunumun baskın olduğu gece süresince oksijen tüketildiği için bir gecede oksijen tüketimi (12 saat karanlığa göre) total günlük solunumun (R) iki katıdır. Bu şekilde bulunan günlük solunumun yansı net fotosenteze eklenir, böylece toplam total primer prodüksiyon (P) saptanmış olur. P/R oranı günden güne, mevsimden mevsime ve yıldan yıla değişir.
- Fakat bu oran bize ekosistemin yapısını veya komünitenin tipini gösterir.
- Primer prodüksiyon ürünlerinin kullanılıp harcandığı yıkıcı olaylar total solunumun aynısıdır. PIR oranı uyum içinde olduğu zaman ototrof canlıların ürettiği tüm organik materyal ayrıştırıcı olaylarla parçalanır ve dinamik denge sağlanır.

- Oligotrofik göllerde *PIR* oranı 1.0'den önemli bir sapma göstermez. Böyle komiteler bir çeşit dengededir; güneş enerjisi alınır ve oldukça düzenli bir tarzda organik moleküllere çevrilir. Az miktarda organik maddenin dip yığınlarında de polanmasına rağmen hemen hepsi kullanılır. Bazı günlerde fotosentezin solunumla aşağı yukarı deng ede olduğu saptanmıştır.

- Ötrof göllerde *PIR* oranı 1.0'den büyüktür. Ototrof canlılar solunumda tüketilenlerden daha fazla organik madde üretirler. Bununla beraber bir denge vardır. Çünkü organik maddenin fazlası sedimanda depolanarak ileriki bir tarihte oksitlenmeyi bekler $P/R > 1.0$ olan komuniteler ototrofi gösterir; yani organik moleküllerin sentezlenmesi heterotrofik olayların ayrıştırılmasından fazladır. Gübrelenmiş balık göletleri ve lağım sularının karıştığı lagünler bu tipe örnektir.

- Bunların primer prodüktiviteleri yüksektir ve sadece az bir kısmı solunum di yebileceğimiz heterotofik olaylarda kullanılır. Poster (1973) te lağım suyu karışan göletlerde fotosentez yoluyla yılda 2.80 kca l/cm² ' lik yıllık güneş ışınının organik moleküllere çevrildiğini saptamıştır. Bu şekilde oluşan primer prodüktivitenin 1.44 kcal/cm² 'si kominite solunumunda yok olurken, 1.3 kca l c m²'si sedimanda depolanır. Böyle oldukça yüksek verimli ekosistemlerde güneş enerjisi girişi geçici olarak engellenirse organik molekül sentezi durur ve bu sürede depolanan enerji kullanılır. Böylece sığ ötrofik göllerin buz ve karla kaplı oldukları kış mevsiminde ve bulutlu havalarda *PIR* oranları ekseriya birimin altına düşer. Allaktonik organik moleküllerin karıştığı ekosistemlerde *PIR* oranı 1.0'in oldukça altındadır

Beslenme Basamakları (Trofik düzey) ve Besin Piramidi

- Her ekosistemde klorofilli bitkiler kendileri için gerekli organik maddeleri kendileri sentezleyerek büyür ve gelişirler. Herbivor hayvanlar bitkilerle, karnivor hayvanlar da herbivorlarla beslenirler. Her basamağı oluşturan canlıların ölümü halinde basit elementlere ayrıştırılarak ekosistemin yeniden zenginleşir. Bu elementler ve güneş enerjisi yardımıyla su ekosisteminde bulunan klorofilli bitkiler yeniden gelişme olanağına sahip olurlar.

Böyle bir döngüde beslenme basamağım oluşturan düzeyler arasında biyomas (canlı madde) yönünden önemli farklar vardır. Genelde beslenme basamakları bir piramide benzediğinden buna **Besin piramidi** adı verilir. Piramidin kaidesini önemli biyomasa sahip olan bitkisel canlılar oluşturur. Yukarıya doğru çıkıldıkça biyomasta önemli azalmalar olur. Örneğin bir kilo bitkisel maddeden bir kilo hayvansal madde meydana gelmez. Çünkü bitkilerin yapısında çok miktarda hayvanların yararlı maddesi selüloz vardır. Ayrıca bitkiler kendi yaşamsal etkinlikleri için bu maddelerin bir kısmını kullanmak zorundadırlar. Bu durumda tüm maddeler ortamdan bitkilere bitkilerden hayvanlara yüzde yüz etkinlikle aktarılmaktadır.

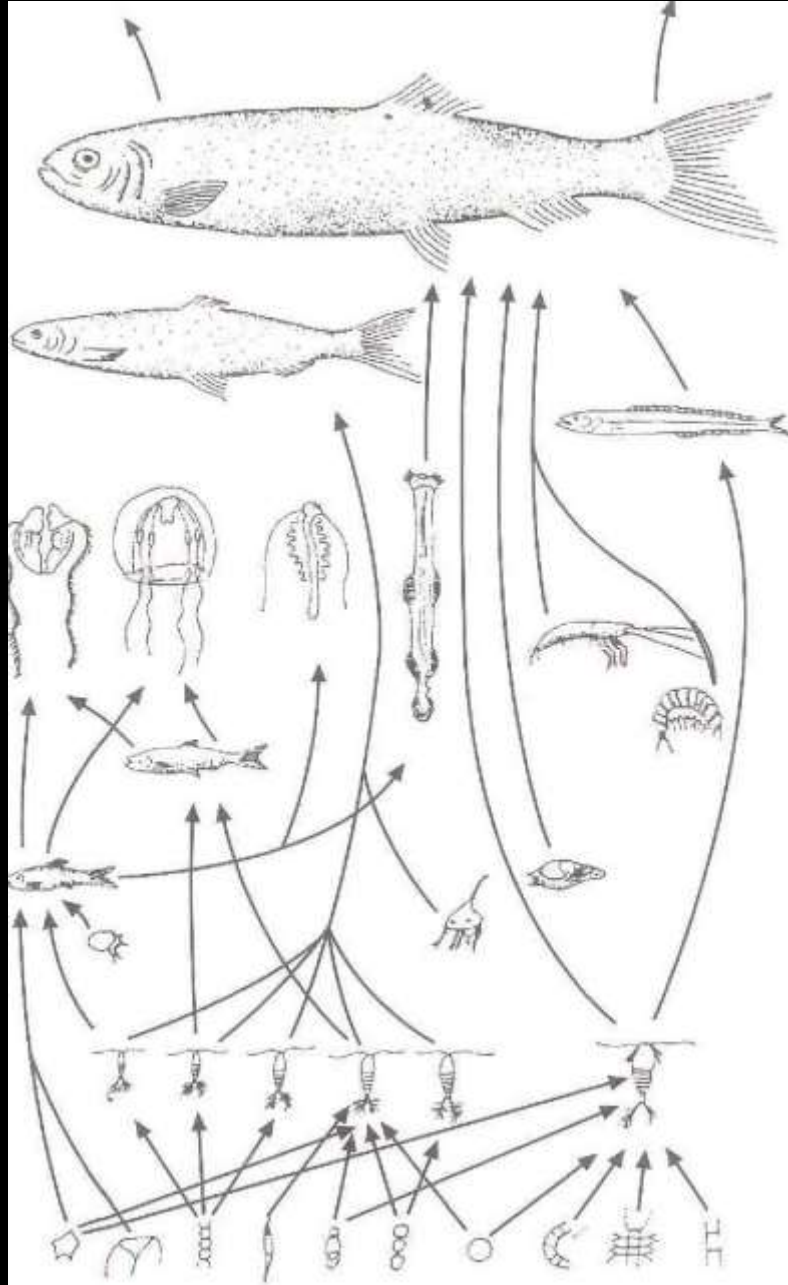
- Besin piramidinde besin zincirini oluşturan komuniteler populasyonları arasında bir denge vardır. Herhangi bir basamakta meydana gelen değişme, onun üzerinde bulunan basamaklar arasında otomatik olarak bir uyum sağlanması neden olur. Örneğin bir bölgede su bitkilerinin **aşırı çoğalması** oradaki toprağın besin yönünden fakirleşmesine neden olur. Bunun sonucunda yeterli besin bulamayan bitkiler gelişemez ve ölürlür. Bu kez ölen bitkilerin ayrıştırılması sonucu toprak zenginleşirken azalmış olan bitki topluluğu daha iyi büyüme olanağı bulur. Dip zenginleştikçe ona bağlı bitkiler daha iyi çoğalır, sayıları artar. Döngü böylece sürer gider.

- Hayvan populasyonları arasında da buna bağlı bir döngü vardır. Belli bir yerde karnivor hayvanların sayısı çok artarsa bunların besinini oluşturan herbivor hayvanların sayısı azalır. Bunun sonucu olarak açlıkla karşı karşıya gelen karnivorların çoğu ölür ve karnivor sayısı azalır. Bu durum herbivorların zamanla artmasına olanak sağlar. Bu kez sayıları azalan karnivorlar yeniden iyi beslenerek hızla çoğalırlar. Sonuç olarak kısa zaman aralıklarında komitenin organizma sayısında dalgalanmalar görülürse de uzun bir süreçte bir ekosistemin trofik yapısı hemen hemen sabit kalır. Bir komitenin yaşadığı alanda genellikle birden fazla besin piramidi vardır. Bu piramitlerin herbiri farklı besinsel basamaklardan oluşur.

- **Beslenme Basamaklarının Saptanması:** Beslenme düzeyi ve besin zincirinin saptanması özellikle büyük hayvanlar için beslenme rejimlerinin saptanmasıyla ger çek leş tirilebilir. Ancak doğada bulunan tüm hayvan türünün beslenme rejiminin tes pit edilmesi oldukça zordur. Hayvanlarda beslenme rejimlerini saptamak için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılan bazıları üzerinde durulacaktır.
- **Doğrudan gözlem yöntemi:** Daha çok büyük hayvanlar için kullanılan bu yön tem teorik olarak kolay gibi görünüyorsa da küçük hayvanlar ve insandan kaçan formlar için zordur. Bu yöntemle hayvanların gözlenmesi suretiyle doğrudan besin çeşitleri saptanır.

-

Besin zincirinin ilk ve son basamağı arasındaki organizma ilişkisi



1.000 kg

Beşinci besin halkası
(Balıklar)

Dördüncü besin halkası
(Karnivor omurgasızlar)

10.000 kg

Üçüncü besin halkası
(Larva - omurgasızlar)

100.000 kg

İkinci besin halkası
(Zooplankton)

İlk. besin halkası
(Fitoplankton)

1.000.000 kg

- **Mide içeriği yöntemi:** Bu yöntemde bir hayvanın mide içeriği incelenerek besin çeşitlerinin saptanması amaçlanır. Daha çok balık ve kuşlarda kullanılan bu yöntemin zorluğu , kısmen veya tamamen sindirilen maddelerin teşhis edilememesidir.
- **Radyoizotop yöntemi:** Hayvanların beslenme rejiminin saptanmasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Bu yöntemde bitkilerin absorbe edebileceği bazı radyoizotoplar (Öm. ^{32}P) belli alanlarda uygulandıktan sonra buralara radyo aktiviteyi belli herbivor türler bırakılır. Bir süre sonra bu türlerin radyoaktiviteyi ölçülerek radyoaktif bir elementle beslenme rejimi saptanır.

Besin piramidi

- Bir ekosistemin beslenme basamakları arasındaki ilişki ilk defa Elton (1927) tarafından kullanılan besin piramidi ile iyi bir şekilde özetlenmiştir. Piramidin birey sayısına, biyomasa veya ekosistemde oluşan enerjiye dayalı olmasına sonucu değişirmez. Piramidin tabanını besinlerini anorganik maddelerden sentezleyen ototroflar oluşturulur. Bunlar tipik yeşil bitkilerden, bir üst basamak heterotroflardan oluşur. Bunlar besin olarak ototrofları kullanan herbivorlardır.

- Bunun üstündeki düzeyde herbivorlarla beslenen predatör heterotroflar vardır. Sekonder karnivorlar daha üst basamağı oluştururlar ve böylece devam eden piramidin en üst düzeyini insan oluşturur. Her düzeyde metabolizma için oldukça fazla enerji kullanıldı. Jğmdan üretilen canlı madde miktarı üst düzeye çıkıldıkça azalır.

Birey sayısına, biyomasa ve enerjiye dayalı besin piramitlerinin çıkarılması aşağıda açıklanmıştır.

- **Birey sayısına dayalı piramit:** Bu yöntemde belli bir alanda kilogramdaki birey sayılan boy gruplarına göre ayrıldıktan sonra dikdörtgenler halinde üstüste konularak **birey piramidi** denen bir şekil elde edilir (Şekil 6.7).
- Bu piramite göre; doğada kısa boylu hayvanlar uzun boylulardan sayıca daha fazla bulunur ve daha çabuk ürerler. Her karnivor hayvanın besin olarak aldığı avın
- en kısa ve en uzun boy sınırı vardır. Karnivorlar bu sınırın üzerindeki büyük ve kuvvetli olanları avlamada zorlandıkları gibi, daha küçükleri avlamaları da verimi düşürür. Buna göre her karnivor hayvan yaşamını sürdürebilmek için optimal boyda avlarla beslenmek durumundadır. Ayrıca karnivorların yaşamlarını sürdürebilmeleri için yıllık minimal bir beslenme rejimi vardır.

- **Biyomasa dayalı piramit:** Bu yöntemde her beslenme düzeyindeki canlıların yıllık biyomasi m² 'de gram veya kcal olarak hesaplanır. Daha sonra hesaplara da yanılarak piramit çizilir (Şekil 6.8). Predatörlerin beslenme zincirinde organizma biyomasi genellikle üçgen şeklindedir. Bununla beraber bazı sucul ekosistemlerde fitoplankton biyomasının zooplankton biyomasından düşük olduğu bazı ayrıcalıklı durumlara rastlanır. Örneğin bazı araştırmacılar bazı göllerde fitoplankton ve zooplankton oranının 0.4 - 9.9 arasında değiştiğini saptamışlardır. Bu durumlarda piramit beklenenden farklı bir yapı gösterir.

- **Enerjiye dayalı piramit:** Besin zincirinin trofik düzeyini göstermede en uygun yöntem enerjiye dayalı piramitlerdir. Bu yöntemde her beslenme düzeyinin enerji miktarı birim alan veya hacminde belli sürede biriken enerji olarak hesaplanır ve dikdörtgenlerle gösterilir (Şekil 6.9). Enerji piramitleri her düzeyde sürekli enerji kayıplarından dolayı zincirin sonuna doğru gittikçe daralır ve üçgen şeklini alır. Şekil 6.10 ' da oligotrofik bir gölde yıllık ortalama biyomas ve yıllık verim piramitleriyle oransal olarak yıllık verim/biyomas piramitleri görülmektedir.

Biyomas ve Prodüktivite

- Ekosistemin biyotik elemanları tüm canlı koinuniteyi (üretici, tüketici ve ayrış tırıcı) kapsar. Buna hasatedilebilir ürün (**Standing** crop) veya **biyomas** denir. Birbi rinden az çok farklı olan bu terimler uzun süre özellikle limnoloji alanında çalışanlar için bir çok karışıklığ a ve yanlış değęerlendirmeye neden olmuştur. Son tanımlamalara göre bu terimler aşağıda açıklanmıştır.
-

Hasat edilebilir ürün (Standing Crop):

- Belli bir alanda herhangi bir zamanda bulunan tüm canlı maddenin ağırlığıdır. Bütün bitki popülasyonunu kapsamayabilir. Zira bazı türler örnek alınırken yanına ulaşılama dışında veya herhangi bir nedenle alınamamış olabilir. Bu terim tarımda kullanılan **ürün (crop)** kelimesinden türetilmiştir. Bu anlamda ürün normal hasat işlemi yapılırken belli bir periyotta belli bir alandan elde edilen organik madde ağırlığıdır. Tarımda kullanılan ürün terimi zamana bağlı olduğundan hasat edilebilir üründen daha az değişken bir ölçümdür.

- Örneğin bir buğday ürünü, toprak üzerindeki bitki kısımlarının yıllık maksimum biçilmemiş ürünüdür. Bir şeker kamışı ürünü hemen hemen ilk yıllık bir süre sonunda bitkinin toprak üstü kısımlarının biçilmemiş ürünü olabilir. Total bitki kütlesinin büyük bir kısmını oluşturan toprak altı organlarını bu ölçümde unutmamak gerekir. Örnek alına zamanına göre biçilmemiş üründe büyük farklar görülür.

- **Toplam Ürün (Yield):** ise ürünün niceliği veya kazanç olarak tanımlanan üründür. Limnolojide hasat edilebilir ürünün her alanda kullanılmasından birçok ka rışıklıklar ortaya çıkmıştır. Planktona uygulandığında biçilmemiş ürün biyom asla sinonimdir.

Biyomas:

- Belli bir birim alanda veya hacimde belli bir zamanda saptanan tüm canlı materyalin ağırlığıdır. Biçilmemiş ürünün bitkinin sadece toprak üstündeki kısmı olarak düşünülmesi (sucul çiçekli bitkilere uygulandığında) bazı belirsizlikler ortaya çıkarır. Zira biyomas tüm bitkiyi kapsar. Biyomas değerlendirilmesi sucul bitki popülasyonlarının veya üretivite dinamiğinin incelenmesinde temeldir. Görüldüğü gibi terimler arasındaki farklılık nedeniyle biçilmemiş ürünün hesaplanması teknolojiye karışıklık yarattığından sadece biyomas teriminin kullanılması daha uy-

- **gundur. Bazı nedenlerle, örneğin herbivorlar sözkonusu olduğunda bitkinin toprak üstü kısmı önem taşıdığından bu durumda Toprak üstündeki biyomas diye belirtmek uygun olur. Biyomasın hesaplanmasında pek çok yöntem kullanılır. Örneğin; sayım, hacim, yaş ağırlık, kuru ağırlık, organik ağırlık, karbon miktarı, enerji, ATP, harcanan oksijen veya açığa çıkan karbondioksit miktarı gibi. Mikroorganizma için en çok kullanılan yöntem birim hacimdeki organizma sayısıdır. Hacim yöntemi mikroorganizma için uygun değildir.**

- **Ağırlık yönteminde yaş ağırlık veya kuru ağırlık kullanılır. Yaş ağırlık yöntemi için özel bir işlem gerekmez, ancak çeşitli gruplar farklı miktarlarda su kapsadığından sağlıklı bir sonuç vermez. Kuru ağırlık pro düksiyon analizine daha uygundur. Bunun için 80°-105°C kadar kurutan bir fırın gereklidir. Fmıda sabit bir kütle elde edilinceye kadar tutulur. Eğer kurutulan ör nek 500°C'de yakılırsa sadece ki.il kalır. 500°C'nin üzerinde ısıtılınca karbon, CO 2,**
- Mg2CO 3 ve CaCO 3 gibi maddelerden çekilir ve geiye MgO ve CaO kalır. Kuru ağır-lık ve kül ağırlığı arasındaki fark yakmadan dolayı meydana gelen kayıptır. Fitop lankton biyomasını saptamanın bir başka yöntemi klorofili bir membran veya cam filtre hücrelerinden, eritici olarak aseton kullanarak, ekstrakte ehne temeline dayanır.

Prodüksiyon:

- Belli bir periyotta, bütün kayıplar dahil, oluşturulan yeni organik maddenin ağırlığıdır. Başka bir deyişle prodüksiyon, solunum, boşaltım, salgılama, yaralanma, ölüm ve besin olarak kullanılma gibi tüm kayıplar dahil, belli bir periyotta biyomasta gözlenen artışı ifade eder. **Primer prodüksiyon** fotosentezle veya kemosentezle oluşturulan yeni organik madde miktarı veya bu maddenin içerdiği depo enerjidir. Eğer fotosentetik bir canlı organik maddeleri de kullanıyorsa bu enerji, dönüşümle yeni organik madde üretilse bile, sekonder prodüksiyona geçer.

Prodüktivite:

- Bir ekosistemin veya ona bağlı bir komunitenin besin zincirinin herhangi bir basamağında birim zamanda (genellikle yıl) oluşan tüm canlı madde miktarına **bürüt prodüktivite** denir. Solunum olaylarında harcanan madde miktarı bürüt prodüktiviteden çıkarılarak net prodüktivite hesaplanır. Ekosistemde klorofil **ii** bitkilerin veya ototrofların oluşturduğu prodüktiviteye **primer prodüktivite** adı verilir.
- Primer prodüktiviteye bağlı olarak beslenme basamaklarının her birinde bulunan canlıların oluşturduğu ürüne (tüketici ve parçalayıcılar) sekonder prodüktivite denir.

- Biyolojide kullanılan prodüktivite terimi, kimyasal veya endüstriyel bakım dan kullanılan **verim** teriminden farklıdır. Çünkü endüstride belli bir miktar madde meydana getirildiği zaman reaksiyon son bulur. Oysa biyolojik komunitelerde bu olaylarda bir devamlılık vardır ve zaman biriminin belirtilmesi gerekir. Bu nedenle biyolojik komunitelerde prodüktivite, saatlik, günlük ve yıllık olarak oluşturulan be sin olarak değerlendirilir.

- Bir ekosistemin prodüktivitesi onun zenginlik derecesini gösterir. Primer üreticiler gerekli enerjiyi güneşten sağlarlar. Bu canlıların absorbe ettiği enerjinin az bir kısmı kullanılmadan çevreye dağılır. Absorbe edilen enerjinin de bir kısmı organik madde sentezinde kullanılırken bir kısmı ısı şeklinde kaybolur. Net primer prodüktivitenin bir kısmı herbivorların beslenmesini sağlarken geri kalanı kullanılmadan doğrudan bitkilere geçer.

Primer prodüktiviteyi saptama yöntemleri

- Doğada primer prodüktiviteyi saptamak oldukça zordur. Çünkü önce herbivor canlıların yapılarını, sayılarını ve beslenme alışkanlıklarını bilmek gerekir. Primer prodüktiviteyi saptamada kullanılan bazı yöntemler şunlardır.

Hasat Yöntemi:

- **Bu yöntemde belli bir alandaki yeşil bitkilerin tümü her ay toplanır ve toplanan materyal 100°C'lik etüvde kurutulur. Bu esnada açığa çıkan kalori miktarı saptanır. Bu yöntem kolay olmakla beraber ölü ve canlı bitkilerce verilen enerjiyi ayırmak zor olduğundan bazı hatalara neden olabilir.**

Fotosentezden çıkan oksijenden yararlanma:

- Fotosentezle açığa çıkan oksijen, absorbe edilen karbondioksit ve fotosentez sonucu oluşan organik madde miktarı arasında belli bir oran vardır. Bu nedenle fotosentezde açığa çıkan oksijen veya absorbe edilen karbondioksit ölçülerek produktivite saptanabilir. Ancak bir ekosistemde bulunan bitki ve hayvanların solunumu aynı anda olduğundan bu farklı iki olay sonucu açığa çıkan gazları ayırmak gerekir. Bu amaçla biri ışık geçirmeyen (mat), diğeri ışık geçiren (saydam) iki şişeye ölçüm yapılacak su örneği doldurulur.

- Işık geçiren şişedeki su içinde bulunan canlıların yaptığı fotosentez nedeniyle sürekli **li** oksijen meydana gelir. Bu oksijenin **bir** kısmı sudaki canlılar tarafından tüketilir. Buna karşılık ışık geçirmeyen şişede oksijen üretimi olmadığı gibi sudaki canlılar tarafından sürekli olarak tüketilir. Saydam şişedeki üretilen oksijen miktarıyla mat şişede tüketilen oksijenin toplamı toplam oksijen miktarını verir. Solunum hızının her iki şişede aynı olduğu radyoaktif oksijen izotopu kullanılarak gösterilmiştir. Bu şekilde suda erimiş oksijen miktarı gece ve gündüz geniş aralıklarla saptanabilir.

- **Radyoaktif element yöntemi:** Primer prodüktiviteyi saptamada en uygun yöntemdir. Çünkü bu yöntemle yapılan çalışmalar ekosistemin işleyişini bozmaz. Önceleri sadece ^{14}C 'le yapılan bu çalışmalar bu gün bir çok radyoaktif element kullanılarak yapılmaktadır.

Sekonder prodüktiviteyi saptama yöntemleri

- **Sekonder prodüktiviteyi saptamak primer prodüktiviteyi saptamaktan daha zor dur. Günümüzde; birey, popülasyon ve ekosistem düzeyinde olmak üzere başlıca üç tarzda sekonder prodüktivite saptanmaktadır.**

