

TOPRAK ORGANİZMALARI VE EKOSİSTEM KAVRAMI

Ekolojistlerin temel görevi ekosistemleri tanımlamak, yapı ve işlevlerini açıklamak ve yapısal nitelikler ile işlevsel olaylar arasında ilgi oluşturmaktır. Bir ekosistemin tanımlanmasında **yapı** (strüktür**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) terimi, ortamda bulunan organizmaların çeşit ve sayıları ile onların ilişkilerini kapsamaktadır. Bu nedenle sistemdeki inorganik maddelerin miktarları ile bunların sistemi oluşturan bileşenler arasında nasıl dağıldığının bilinmesine gereksinim bulunmaktadır. Örneğin bir çayır sistemi bir ormandan çok farklı bir yapı gösterir. Bu iki sistemdeki bitki ve hayvanların farklı olması yanında madde içeriği, madde döngüsü hızı ve diğer biyotop**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** nitelikleri çok değişiktir. Orman sisteminde çayır sisteminden çok daha fazla biyolojik kütle (bio-mass**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) bulunurken, çayır sisteminde birim zamanda döngüye giren biyolojik kütle miktarı daha fazladır. Bu örnek, ekosistemlerin birbirlerinden yapısal bakımdan nasıl temel ayrımlar gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Ekosistemler arasındaki işlev farklılığı ise yapısal özellikler gibi kolay belirlenir nitelikte değildir. İşlevsel olaylar **enerji sağlanması ve aktarımı (transfer), su ve besin maddelerinin alımı ve döngüleri** dir. **İşlev (function)** terimi, olaylara katılan enerji ve maddenin oranlarını, sistemde enerji ve maddenin aktarımı ve döngüsü veya biriktirilmesini ifade etmektedir.

Toprakta yaşayan canlılar bu tanıma ne kadar uymaktadırlar? Bu soruya yanıt verebilmek için toprak canlılarının taksonomik dağılımlarının, işlevlerinin ve ekolojik gruplara ait özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Özellikle ekolojik gruplar olarak tanımlanan **üretici (producersHata! Yer işareti tanımlanmamış.)**, **tüketici (consumersHata! Yer işareti tanımlanmamış.)** ve **ayrıştırıcı (decomposersHata! Yer işareti tanımlanmamış.)** grupların toprak canlıları bakımından nasıl bir içeriğe sahip olacağını belirlenmesi, ekolojik bilgilerin toprak sistemine uygulanmasında büyük önem taşımaktadır. Ekolojiden bilindiği gibi, üreticiler genelde yeşil bitkiler olup, güneş enerjisinden yararlanarak basit inorganik bileşikler karmaşık organik maddelerin oluşturulmasında kullanırlar. Tüketiciler hayvanlar olup, bitkisel ürünü besin olarak değerlendirirler. Bu nedenle hayvanlar doğrudan **otcul (herbivorHata! Yer işareti tanımlanmamış.)** ve dolaylı olarak da **etçil (carnivorHata! Yer işareti tanımlanmamış.) tüketici gruplarıdır**. Ayrıştırıcılar ise mikroorganizmalar ve küçük hayvanlar olup, toprağın üstünde ve içindeki karbonlu kalıntıları inorganik duruma çevirirler. Tanımlanan bu üç grup, ekosistem**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bileşenlerinin (komponent**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) yalnızca üç işlevsel grubunu temsil etmeyip aynı zamanda her biri ekosistemin yapısal öğeleridir. Bunlara ilave olarak dördüncü bir yapısal bileşeni ekosistem unsurlarının içine katmak gerekmektedir. Bu öğe **cansız (abiyotikHata! Yer işareti tanımlanmamış.)** maddeler olup toprağın mineral kısmı, toprak suyu, toprak atmosferi ve ölü organik maddeyi içermektedir.

Tanımlanan ana yapısal ve işlevsel gruplar, bütün ekosistemlerde genel olarak yaygın olmakla beraber, her bir sistem kendi niteliklerini kendisi oluşturur ve şekillendirir. Buna örnek olarak karasal ve su ekosistemlerinin ana özelliklerinin çelişen kısımları verilebilir. Örneğin toprak (Karasal) atmosferi bileşimi her iki sistem için genel olmakla birlikte, toprakta organizma aktivitesi nedeniyle bileşimi farklıdır. Ancak karasal ekosistemde abiyotik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kısım toprak ve yüzey döküntülerinden oluşurken, su sisteminde abiyotik kısım, su ve onun içermiş olduğu çözülmüş tuzlar, partikül**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** organik maddeler ve dipçökelleri (sediment**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) dir. Karalar üzerinde ototrofik bileşen (komponent**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) yeşil bitkiler tarafından temsil edilirken, denizlerde ototroflar **fitoplanktonHata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak bilinen mikroorganizmalardır.

Bunun yanında her iki sistemde de tüketici ve ayrıştırıcı bulunmakla birlikte bunların sayısı ve çeşitleri tamamen farklılık gösterir.

3.1. Toprak Organizmaları ve Ekosistem Yapısı ile İlgileri

Karasal ekosistemdeki mikroorganizmaların çoğu toprakta bulunur ve bu tür ekosistemlerin mikrobiyolojisi geniş ölçüde **toprak mikrobiyolojisi** olarak kabul edilir. Bu ifade mikroorganizmaların başka yerlerde- örneğin yeşil bitkilerin yaprak yüzeyinde-olamayacağı anlamına gelmemelidir. Ancak bu tür ortamlardaki organizmaların biyokütlesi ve sayısı toprakla kıyaslandığında çok küçüktür. Olağan dışı habitat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** koşullarında bulunan likenler, algler ve yosunlar hariç tutulacak olursa, karasal ekosistemin birincil üreticileri vasküler**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bitkilerdir. Olgun ekosistemlerin çoğunda belirli bir vejetasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** süresinde bitkiler tarafından üretilen organik maddenin büyük kısmı doğrudan toprağa döner. Ancak yoğun otlama altındaki bir çayır ekosisteminde, birincil üretimin büyük kısmı üretici-ayrıştırıcı işlevinin dışında kalır. Doğal ekosistemlerde organik kalıntılar, toprak hayvanları ve mikroorganizmaların ortak aktiviteleri sonucunda ayrışır ve toprağa katılırlar.

Madde ve enerjinin "toprak-canlı" sistemi arasındaki kimyasal dönüşümüne ilişkin çalışmalarda, mikroorganizma sayıları nadiren yeterli olup, **biyokütleHata! Yer işareti tanımlanmamış.** kavramı ekolojik öneme sahip daha iyi bir ölçüdür. Bu durumda da mikroorganizmalar tekrar dominant**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** grup olarak ortaya çıkmaktadır. Omurgasız toprak faunasının biyokütlesi her zaman mikroorganizmal biyokütleden az olmaktadır.

Pek çok karasal ekosistemin toplam biyokütlesine görece mikroplar, küçük bir yapısal ünitelerdir. Örnek bir çayır sisteminde mikroorganizmaların toplam biyokütlesi 7.4×10^2 g/m² olup bu sistemin toplam biyokütlesinin % 15-20 kadarını oluşturmaktadır. Gerçek çayır sistemlerinde ise bu değer çok daha azdır. Hatta odunsu dokunun biriktiği orman ekosisteminde mikrobiyal biyokütle**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** toplam biyokütlenin % 2 veya 3'ünü ancak aşar.

Bu değişik oranlardan dolayı mikroorganizma biyokütlesi, çalışmalarda tek bir değerlendirme ölçütü olarak ele alınmayıp, ayrıca mikrobiyal aktivitenin bir ölçüsü olarak "karbon dioksit çıkış oranı**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**" gibi ölçütler veya "populasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yoğunluğu" ölçümleri ele alınmaktadır.

3.2. Ekosistem İşlevinde Toprak Organizmaları

Toprak biyokütlesi tek başına organizmaların işlevsel aktiviteleri için çok güvenilir bir ölçüt değildir. "Metabolik aktivite**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**" ile "biyokütle**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**" arasında her zaman iyi bir korelasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bulunmamaktadır. Pek çok karasal ekosistemde mikroorganizmalar ile toprak hayvanları, toplam biyokütlenin sadece küçük bir kısmını oluşturmalarına karşın, metabolik bakımdan çok aktif olmaları nedeni ile kimyasal elementlerin döngü ve değişiminde (turnover and transformation**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) büyük öneme sahiptirler.

Elementlerin döngüsü ekosistemdeki iki temel işlevden biridir. Diğeri ise enerji akışıdır. Toprak organizmaları ikinci işlevde de yaşamsal bir öneme sahiptirler. İki işlev arasındaki en önemli ayırım enerji akışı işlevinde enerjinin dereceli olarak ısıya dönüşerek sistemden kaybolmasıdır. Oysa kimyasal elementler gibi maddeler, tekrar tekrar sistem içinde kullanılma olasılığı gösterirler. Şüphesiz bu ifade madde döngüsünün tamamen kapalı olduğu anlamına gelmez, yıkanma, gaz şeklinde kayıplar ile ekosistemden madde çıkışı olabilir.

3.3. Enerji Akışı ve Organik Madde Ayrışması

Toprak ekosistemindeki enerji akışı doğrudan topraktaki organik madde birikmesi ve ayrışması ile ilgilidir. Ekosistem tarafından birim zamanda fikse edilen organik madde miktarı üretim gücünün (verimliliğin) bir ölçüsüdür. Birincil üretim fotosentez yolu ile sağlanır ve bunun iki bileşeni vardır:

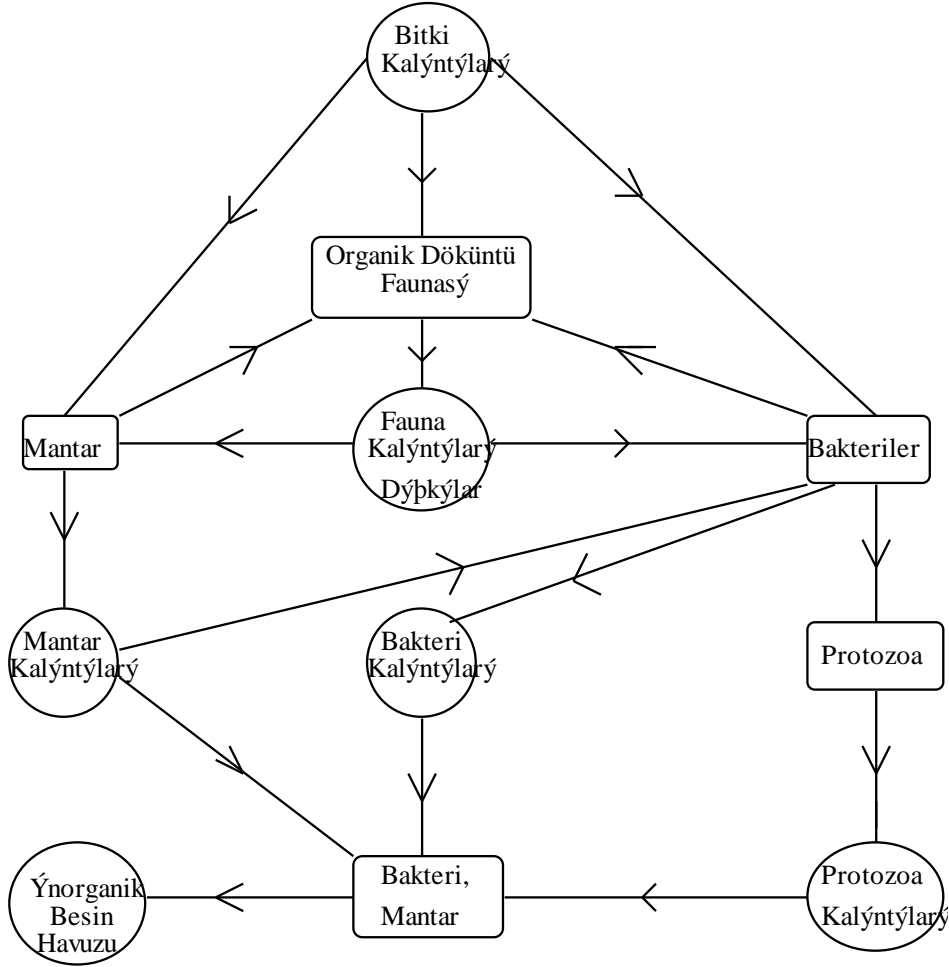
- a. Net üretim
- b. Brüt üretim

Birinci bileşen, sistem içinde biriken organik madde oranını, ikinci bileşen ise sistemde fikse edilen madde oranını belirtmektedir. Bundan dolayı brüt üretimden, birim zamanda birincil üreticilerin solunum için kullanmış oldukları enerji çıkarılırsa net üretim miktarı elde edilir. Bu değerlendirmede çevreye salgılanan metabolitler dikkate alınmamaktadır ve bunlar şüphesiz biyokütle olarak toplam ekosistem biyokütlesi yanında önemsizdir. Ancak toprak ekosisteminde bu tür salgılar büyük öneme sahiptir. Çünkü özellikle bitki kök bölgesinde (rizosfer) yaşayan mikroorganizmalar, kök salgılarını enerji ve besin kaynağı olarak kullanırlar. Bunun sonucunda mikrobiyal populasyonların gelişme ve aktiviteleri artar. Bu etki dolaylı olarak madde döngüsü hızına da etki yapar. Bu konu daha ileride toprak organizmaları ve ekosistemin enerji bütçesi bölümünde tekrar ele alınacaktır.

Topraklardaki organik madde ayrışması olayı, çevresel faktörlerden kuvvetle etkilenir. Artan toprak sıcaklığı mikrofloranın metabolik aktivitesini uyarır ve mineralizasyonu hızlandırır. (organik maddenin karbon dioksit çevrimi) olayları hızlanır. Bu nedenle sistemden oluşan enerji akışında artma olur. Topraktaki bitki ve hayvan kalıntılarının ayrışması karmaşık olaylar olup buna hem mikroplar ve hemde toprak faunası katılır (Şekil 3.1).

Toprak hayvanları hem tüketici hem de ayrıştırıcı olarak ikili bir görev yapmaktadırlar.

Organik madde ayrışmasında iki büyük mikroorganizma grubu etkin bir şekilde yer alır. Bunlar mantarlar ve bakteriler (bacteria) dir. Her iki grupta salgıladıkları eksoenzimler ve bakteriler de eksoenzimleri ile bitki dokularını çözebilmelerine rağmen, bitki dokularının arasına girebilecek mekanizmalardan yoksundurlar. Oysa mantarlar hem kimyasal yoldan hemde mekanik basınç oluşturarak bitki dokularını daha hızlı bir şekilde ayrıştırırlar.



Şekil 3.1. Toprakta detritus Hata! Yer işareti tanımlanmamış. besin zinciri

Sadece anaerobik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ortamlarda (habitat Hata! Yer işareti tanımlanmamış.), örneğin suyla doymun peat Hata! Yer işareti tanımlanmamış. topraklarda selülotik bakteriler Hata! Yer işareti tanımlanmamış. mantarlardan önce gelirler. Ancak topraklarda mantar Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış. aktivitesinin yalnızca organik madde ayrışması ile ilgili olduğu düşünülmemelidir. Toprakta mikorriza Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (mycorrhiza Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) türünden mantarlar organik madde ayrışmasına katılmazlar. Ancak bu ve benzeri grupların da ekolojik görevleri olup, örneğin besin maddesi döngüsünü kuvvetli bir şekilde etkilerler. Topraklarda mikroorganizmalar tarafından yürütülen pek çok işlev bulunmaktadır. Enerji sağlamak amacı ile bakterilerin organik bileşikleri oksidasyonu bunlardan yalnızca biridir. Bitki ve hayvan türünden makroskobik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. organizmalar sadece iki çeşit enerji oluşturan metabolik olaydan sorumludurlar. Bunlar fotosentez Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve solunumdur. Fakat çeşitli bakteri grupları biyosentez Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve gelişme için enerjinin tutulması ve kullanılması için değişik mekanizmalar kullanırlar. Çizelge 3.1'de mikrop dünyasında bulunan enerji üreten olaylar özetlenmiştir.

3.4. Besin Döngüleri

Ekosistemi oluşturan canlı ve cansız unsurlar arasındaki kimyasal element değişimleri besin maddesi döngüleri olarak tanımlanır. Küresel düzeyde bu döngüye **biyojeokimyasal**

döngüHata! Yer işareti tanımlanmamış. denmektedir. Mikrobiyal biyokütle**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** toplam biyokütleyle oranla küçük bir fraksiyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oluşturmasına karşın bu elementlerin döngüsünde mikrobiyal aktivite büyük bir öneme sahiptir. Besin maddesi döngüleri ilerideki bölümlerde etraflı olarak ele alınacaktır.

Bakteriler, mantarlar ile birlikte Çizelge 3.1'de verilmiş olan oksidasyonları gerçekleştirdikleri gibi, yalnızca belirli bir ekosistem**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** parçasında değil, fakat tüm bir biyosferde elementlerin jeokimyasal döngülerinde büyük öneme sahiptirler. Bakteri ve mantarların jeokimyasal döngülerde neden çok etkin unsurlar olduğunu açıklayabilmek için, onların fizikokimyasal niteliklerini araştırmak gerekmektedir. Bu mikroorganizmalar küçük boyutları ve büyük populasyonları nedeniyle çok geniş bir yüzey-hacim oranına sahiptirler. Bu özellik organizma hücreleri arasında süratli bir madde değişimine imkan sağlamaktadır. Ayrıca bu organizmaların üreme zamanlarının dakikalar ile ölçülmesi, süratli üreme oranı ve çok değişik habitatlarda yayılmış olmaları nedeni ile biyosferdeki temel döngü aktivitelerini gerçekleştirmelerinde dominant**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** nitelik göstermelerine neden olmaktadır.

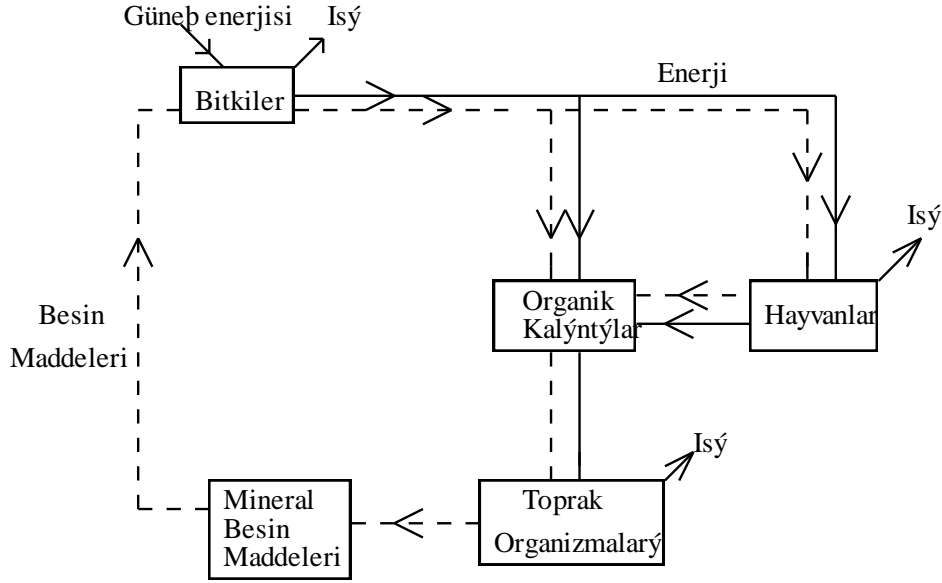
Çizelge 3.1. Mikrobiyal metabolizmada enerji-üreten oksidasyonlar

İndirgen	Yükseltgen (Oksidan)	Ürünler	Organizma
Şekerler	O ₂	CO ₂ , H ₂ O	Protozoa, mantar Hata! Yer işareti tanımlanmamış. , bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Etil alkol Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	O ₂	Asetik asit, su	Asetik asit bakterileri
H ₂	O ₂	Su	Hidrojen bakterileri
NH ₄	O ₂	NO ⁻ , Su	Nitrifikasyon bakterileri
H ₂ S	O ₂	S, su	<i>Thiobacillus sp.</i>
S, SO ₃ ⁻²	O ₂	SO ₃ ⁻²	<i>Thiobacillus sp.</i>
Fe ⁺⁺	O ₂	Fe	Demir bakterileri
Şeker ve diğer org. substratlar	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Denitrifikasyon bakterileri
Şeker ve diğer org. substratlar	NO ₂ ⁻	N ₂ , N ₂ O, Su	Denitrifikasyon bakterileri
Şeker ve diğer org. substratlar	SO ₄ ⁻² , SO ₃ ⁻²	S ⁻² , Su	<i>Desülfobivrio</i>
Şeker ve diğer org. substratlar	S ₂ O ₃ ⁻²	SH, H ₂ O	<i>Desülfobivrio</i>
H ₂ , CO, organik asit., alkoller	CO ₂	CH ₄ , su	Metan bakterileri
Şeker ve ilgili bileşikler		Laktik asit, etil alkol Hata! Yer işareti tanımlanmamış. , CO ₂	Laktik asit bakterileri
Şekerler		Etil alkol Hata! Yer işareti tanımlanmamış. , CO ₂	Mayalar

Şekerler		Asetik, süksinik ve laktikHata! Yer işareti tanımlanmamış. asitler, formik asitHata! Yer işareti tanımlanmamış., H ₂ , CO ₂ , etil alkolHata! Yer işareti tanımlanmamış.	<i>Esherichia</i>
Şekerler		Laktik,formik asitHata! Yer işareti tanımlanmamış. veya H ₂ ve CO ₂ , etil alkolHata! Yer işareti tanımlanmamış.	<i>Aerobacter</i>
Şekerler organik asitlerHata! Yer işareti tanımlanmamış.		Propionik, süksinik, asetikHata! Yer işareti tanımlanmamış. asitler, CO ₂	<i>Propionibacterium</i>
Şeker, nişastaHata! Yer işareti tanımlanmamış., pektinHata! Yer işareti tanımlanmamış.		Bütirik, asetikHata! Yer işareti tanımlanmamış. asitHata! Yer işareti tanımlanmamış. CO ₂ , H ₂	<i>Clostridium</i>
Amino asitler		Asetik asit, NH ₃ , CO ₂	<i>Clostridium</i>

3.5. Ekosistem Modelleri

Bir ekosistemHata! Yer işareti tanımlanmamış. enerji ve madde akışı yolu ile birbirine bağlı olan bir seri bloklar olarak düşünülebilir. Şekil 3.3'de bir ekosistem modeli görülmektedir. Bu şekilde görülen ekosistem modeli, denge koşullarında olup, kapalı bir besin döngüsü (ayırışma yolu ile veya yağmurlarla madde girdi ve çıktısı yok, yıkanma yok, gaz difüzyonu vs. kayıplar yok) göstermektedir. Madde birikmeleri bloklar şeklinde gösterilmiş olup, besin ve enerji akışları oklar ile ifade edilmiştir. Metabolik faaliyetler için gerekli potansiyel enerji organik madde (bitki ve hayvan kalıntıları) birikimi yolu ile belirtilirken, düşük enerjili bileşiklerin oluşması (solunum, mineral besin maddeleri, CO₂ v.s) inorganik havuz olarak gösterilmiştir.

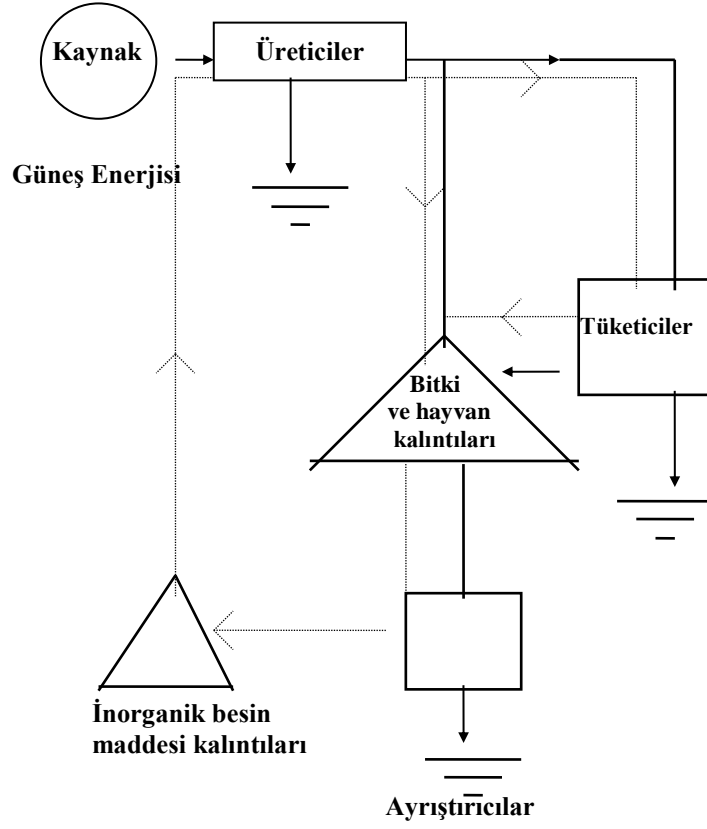


Şekil 3.2.. Toprak ekosisteminde enerji ve besin maddelerinin ana yolları

Odum (1971) tarafından düzenlenen **enerji akış çizelgesi** çok daha çarpıcıdır (Şekil 3.2). Bu çizelgedeki her bir bölüm yapı ve işlevi ve bunlardan oluşan enerji girdi ve çıktılarını göstermektedir. Enerji, bloklar arasında tek başına ısı ve ışık olarak veya inorganik besin maddeleri ve organik madde gibi unsurlar ile birlikte akış gösterir. Şekildeki kare sembol kendisini besleyebilen ve sürdürebilen bir alt sistemi temsil etmektedir. Ayrıştırıcıların enerji akışındaki işlevini temsil eden bu alt sistemde, sistemden geçen enerjinin bir kısmı geri besleme (feed-back) mekanizmaları için saklanmakta ve dış kaynaktan sağlanan enerji otokatalitik olarak kontrol edilmektedir (feed-back, bir sistemdeki herhangi bir değişimin-hareket, akım, eğilim v.b-sistemdeki bir ayar mekanizması tarafından yavaşlatılması ve artırılması veya durdurulması olayı).

Ekosistem işlevinin temel fizyolojik olayları **fotosentez**, **solunum ve besin absorpsiyonu** dur. Güneş enerjisi fotosentez yolu ile tutularak (brüt birincil üretim) sistemdeki enerji gereksinilen tüm olaylarda kullanılmak üzere biriktirilir. Buna rağmen bazı ekosistemler önemli düzeyde yardımcı enerji kaynakları içerirler. Fotosentez yolu ile fikse edilen enerji biyolojik olarak solunum işlevinde kullanılır. Bu işlev çok belirgin olan gelişme, biyosentez ve besin alımı olaylarını da içermektedir.

Şekil 3.2 ana enerji akım yollarını üst düzeyde basitleştirerek göstermektedir. Sistemin nasıl işlediğini anlayabilmek için bireysel birikim ve akımların ölçüsünü tanımlamak gerekmektedir. Teksel olayların çoğu için bilgi eksikliği bulunmaktadır. Buna rağmen enerji akış çizelgesi sistemin, genel işlev ve çalışma şeklini tanımlaması bakımından yararlıdır.



----- Besin maddeleri

———— Enerji

Şekil 3.3. Bir ekosistemHata! Yer işareti tanımlanmamış. modelinde kapalı bir besin döngüsünde enerji akış şeması (Odum, 1971)