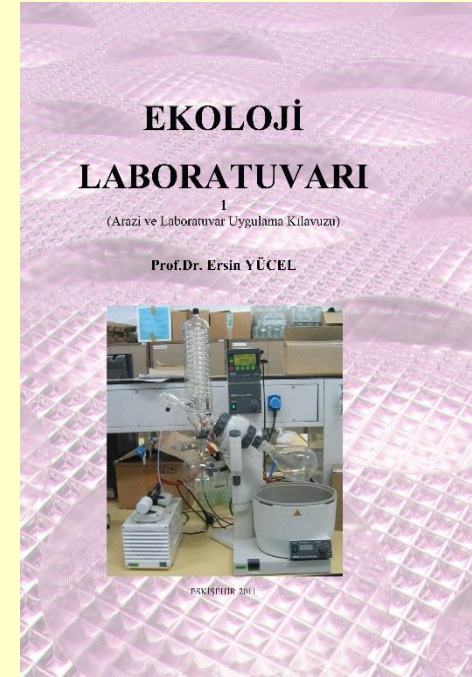
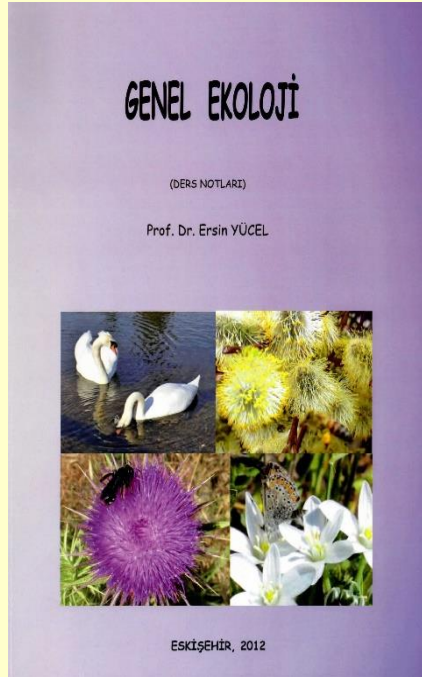


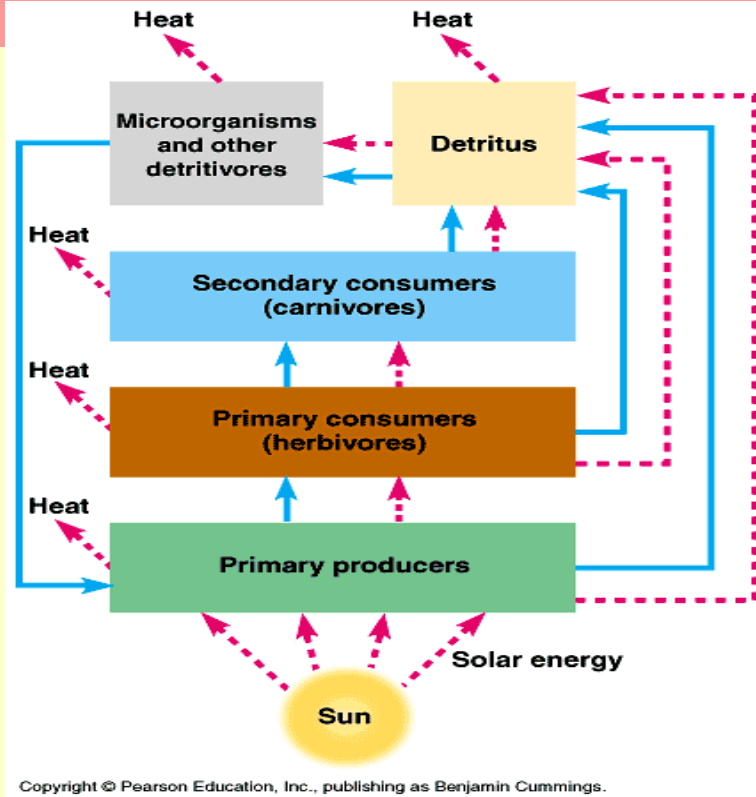
GENEL EKOLOJİ (BIY232 B GENEL EKOLOJİ 2+0)



Prof. Dr. Ersin YÜCEL
Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü
www.biodicon.com
www.ersinyucel.com.tr

BÖLÜM 9

ENERJİ TRANSFERİ



GENEL EKOLOJİ

(DERS NOTLARI)

Prof. Dr. Ersin YÜCEL



ESKİŞEHİR, 2012

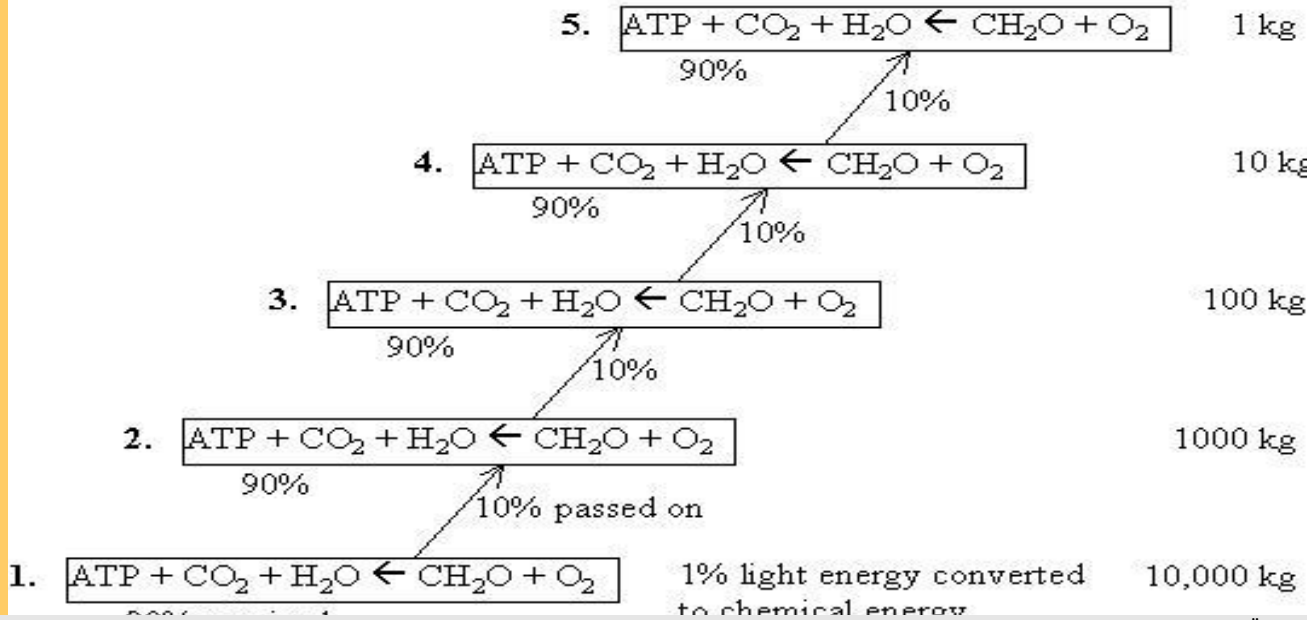
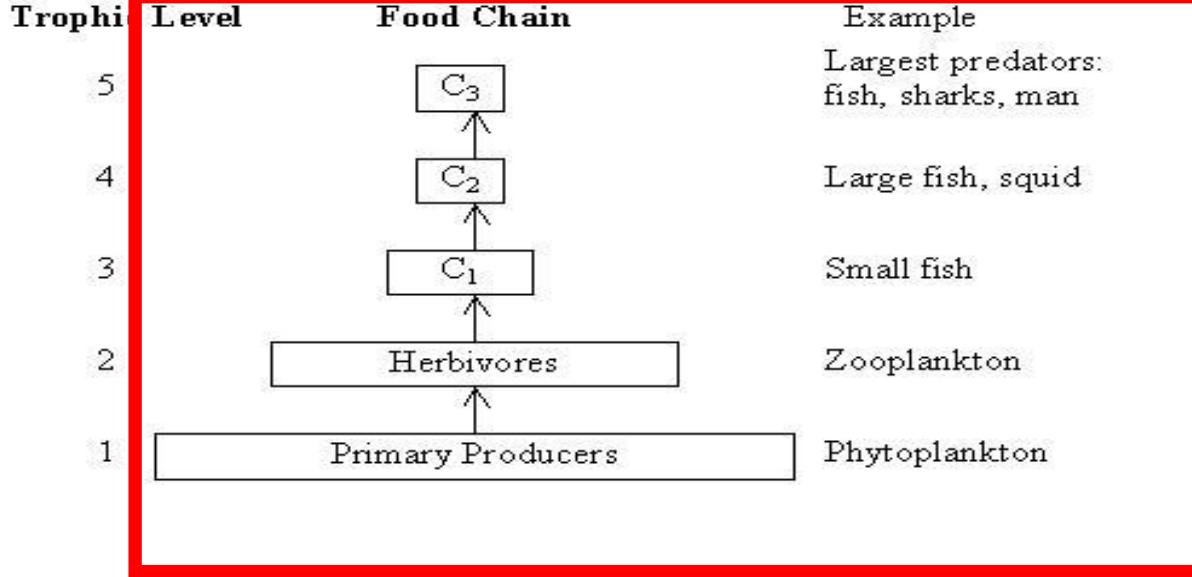
Prof. Dr. Ersin YÜCEL

www.biodicon.com

www.ersinyucel.com.tr

EKOSİSTEMLERDE ENERJİ TRANSFERİ NASIL GERÇEKLEŞİR

Bir maddenin bir noktadan başka bir noktaya hareketi, veya fiziksel, kimyasal olarak bir şekilden başka bir şekle dönüşmesi bir iştir ve bu işin yapılabilmesi için de enerji kullanımı gerekir.





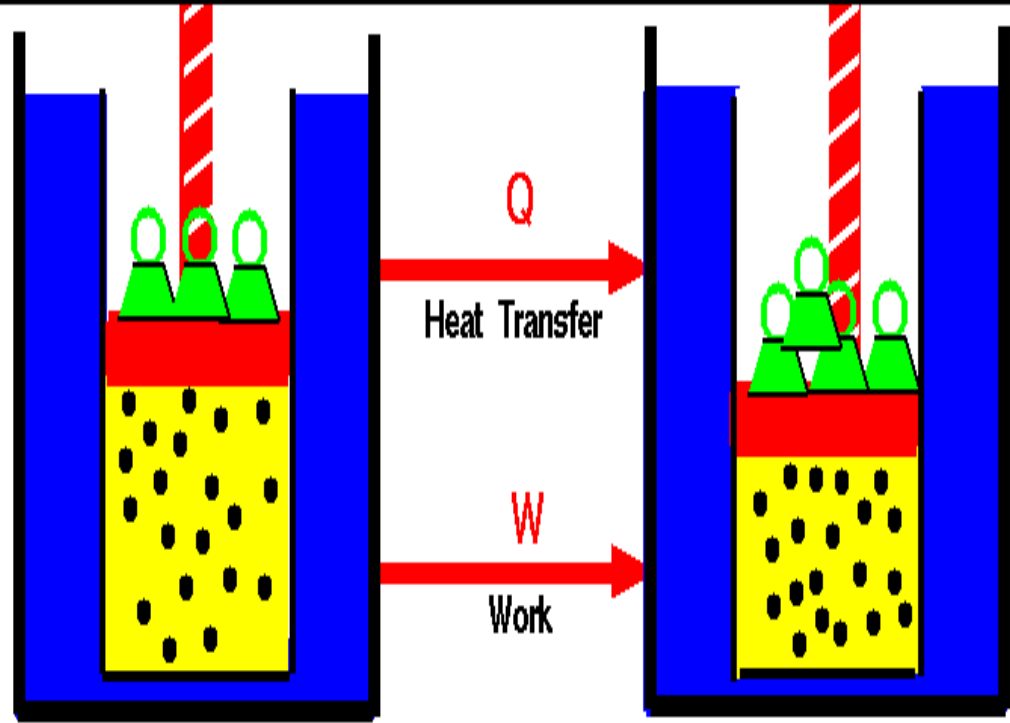
First Law of Thermodynamics

Glenn
Research
Center

Birinci termodinamik yasası (enerjinin korunumu ilkesi): “Enerji bir şekilden diğer şekle dönüşür, ancak yaratılmaz veya yok edilemez” ancak farklı çeşitlere dönüştürülebilir.

Sistemin kazandığı enerji çevreden eksilirken, sistemin kaybettiği enerji de çevreye eklenmiş olur.

Bunun sonucu sistem ve çevresinde toplam enerji miktarı sabit kalır.



State 1

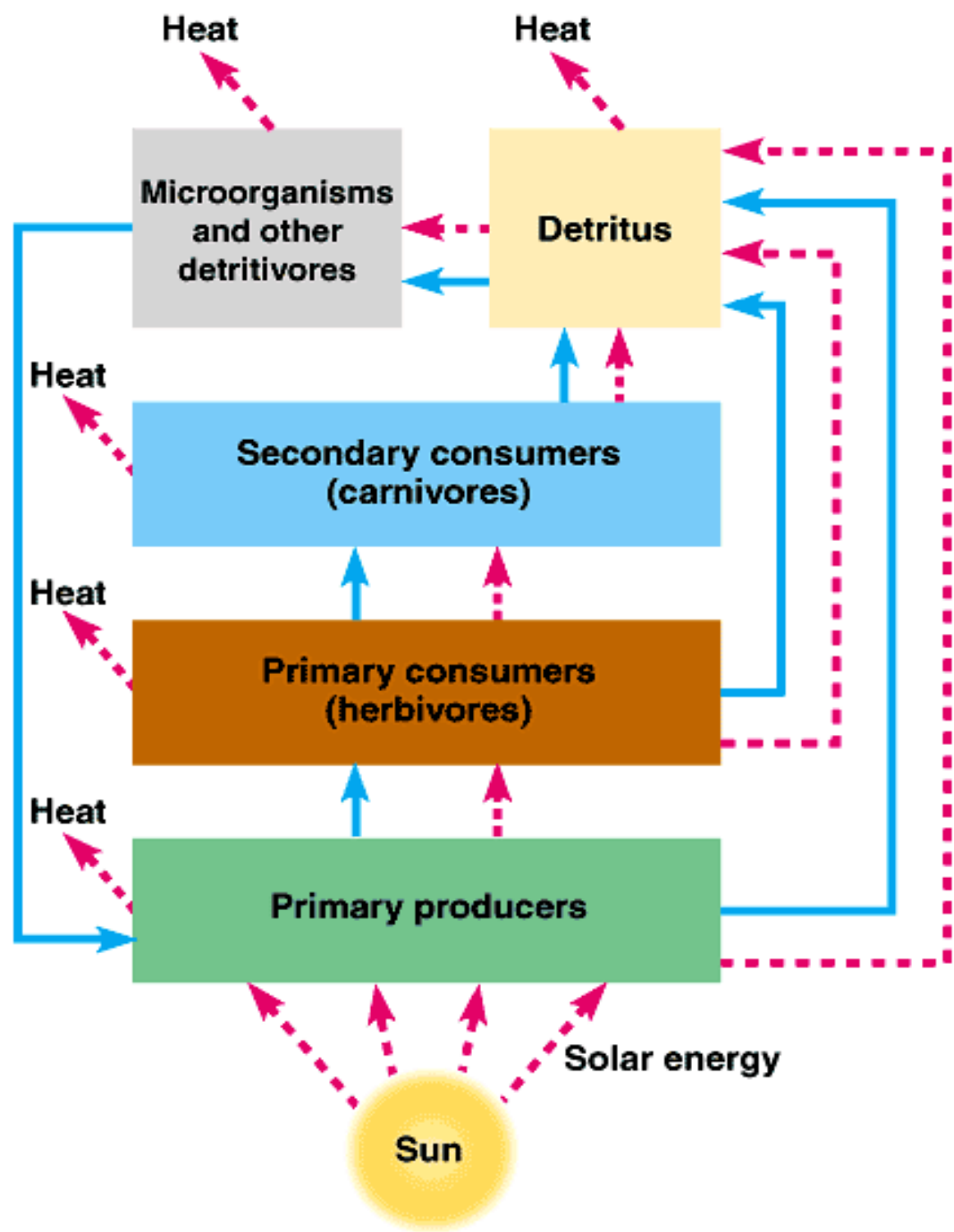
E = Internal Energy

State 2

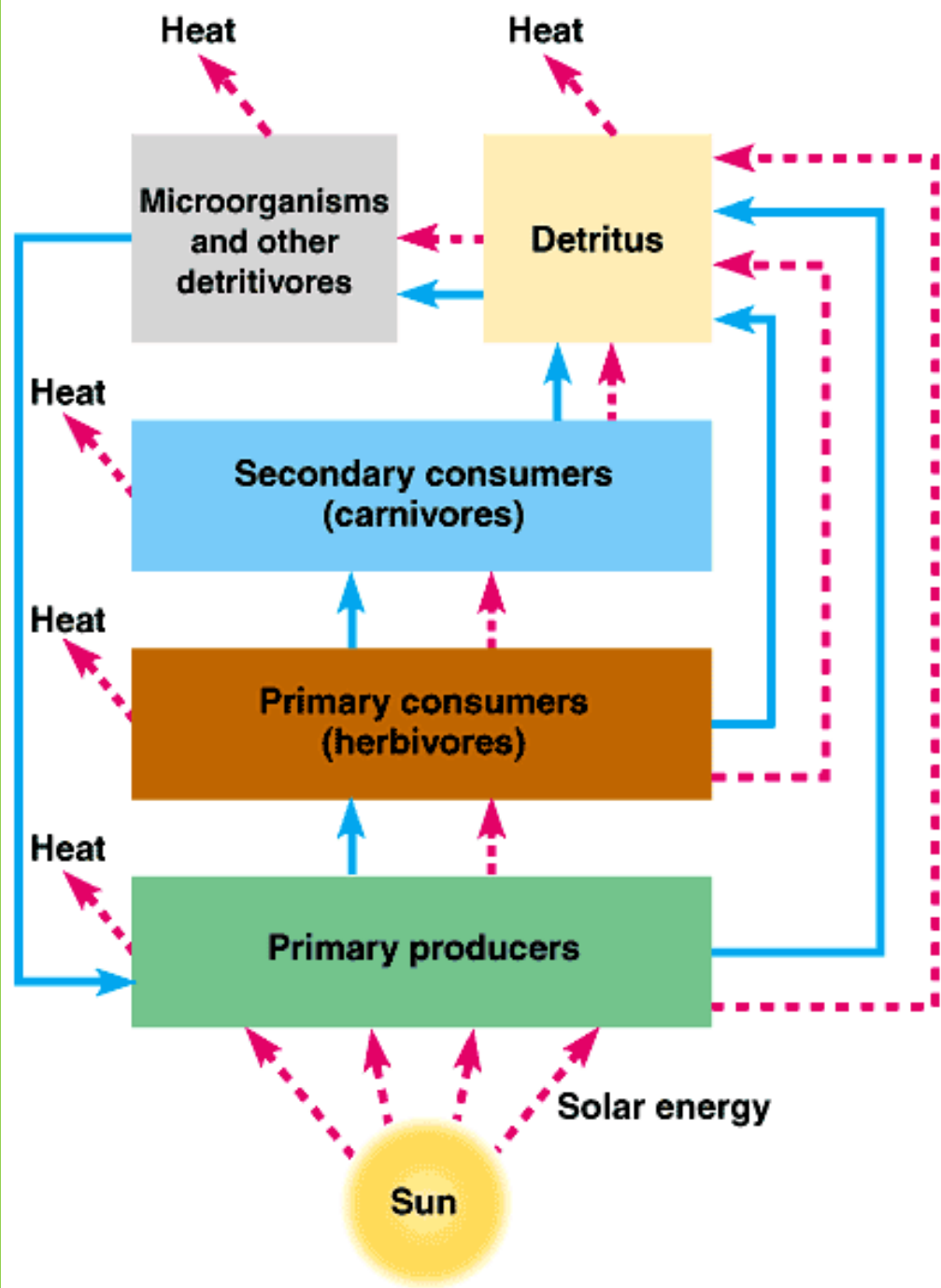
$$E_2 - E_1 = Q - W$$

Any thermodynamic system in an equilibrium state possesses a state variable called the internal energy (E). Between any two equilibrium states, the change in internal energy is equal to the difference of the heat transfer into the system and work done by the system.

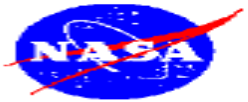
- Çünkü enerjinin dönüşümü esnasında enerji kaybı olmaz, ancak kimyasal enerji canlıda ısı ve hareket enerjisine dönüşmüş olabilir.
- Hiçbir ekosistem enerji bakımından çevresinden bağımsız değildir.
- Sistemin enerjisini artırabilmek için dışarıdan enerji alması gerekir, ancak bu sırada kazanmış olduğu kadar enerji çevreden eksilmiştir olur.



- Bu esnada sistemin kaybettiği enerji çevreye eklenmiş olur.
- Böylece ekosistem ve onun çevresinde toplam enerji miktarı değişmez, sabit kalır; fakat enerji şekil değiştirebilir ve enerji çeşitlerinin miktarı değişebilir.
- Bir başka deyişle enerjinin dönüşümü esnasında enerji kaybolmaz, ancak kimyasal enerji canlıda ısı ve hareket enerjisine dönüşmüş olabilir.

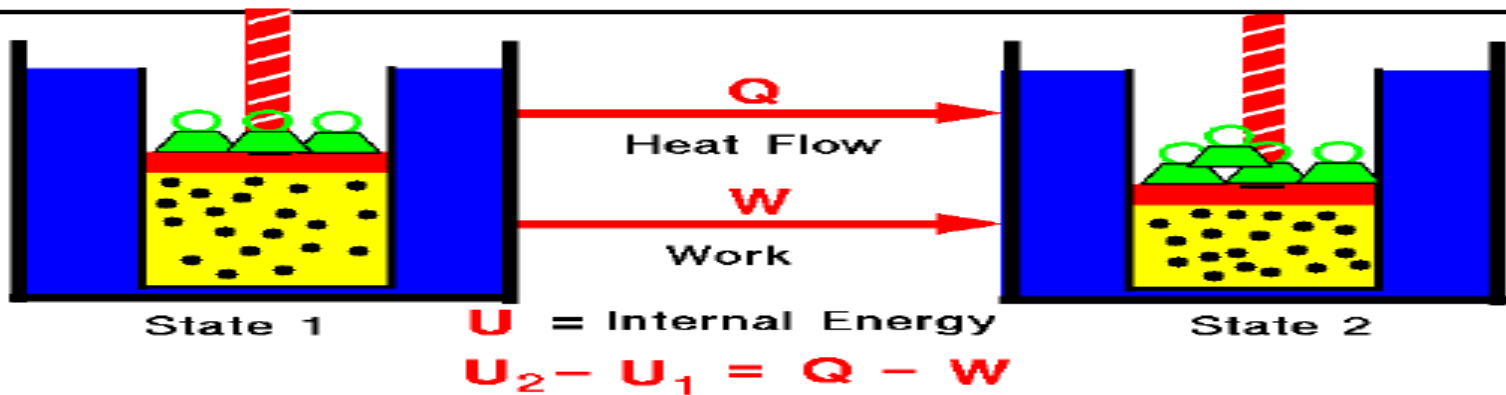


- Ekosistemde normal koşullarda enerji besin zincirine göre azalarak bir basamaktan diğerine geçmesi beklenir, fakat canlılardaki çok yönlü ve değişik besinlerle beslenme eğiliminde olması besin zincirini etkiler.
- Ancak sonuçta ekosistemi oluşturan öğeler enerjiyi hangi şekle dönüştürmüş olursa olsun, birinci termodinamik yasasına göre sistemden çıkan enerji miktarı sisteme giren enerji miktarına eşittir.



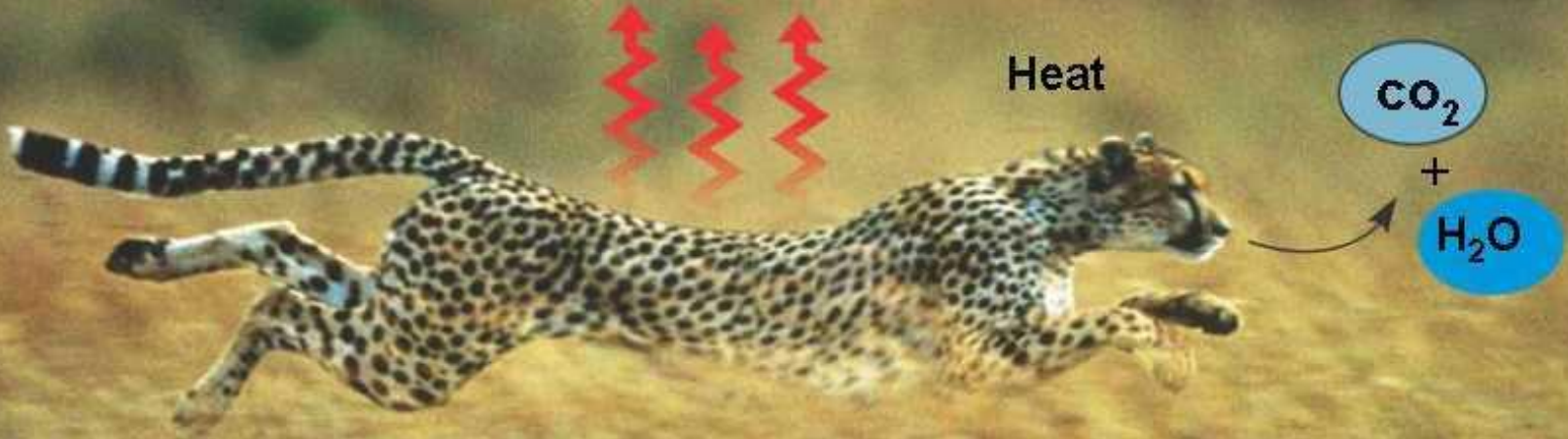
First Law of Thermodynamics

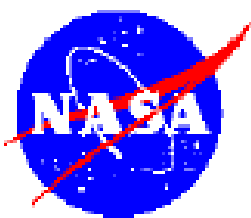
Glenn
Research
Center



Any thermodynamic system in an equilibrium state possesses a state variable called the internal energy (U). Between any two equilibrium states, the change in internal energy is equal to the difference of the heat flow into the system and work done by the system.

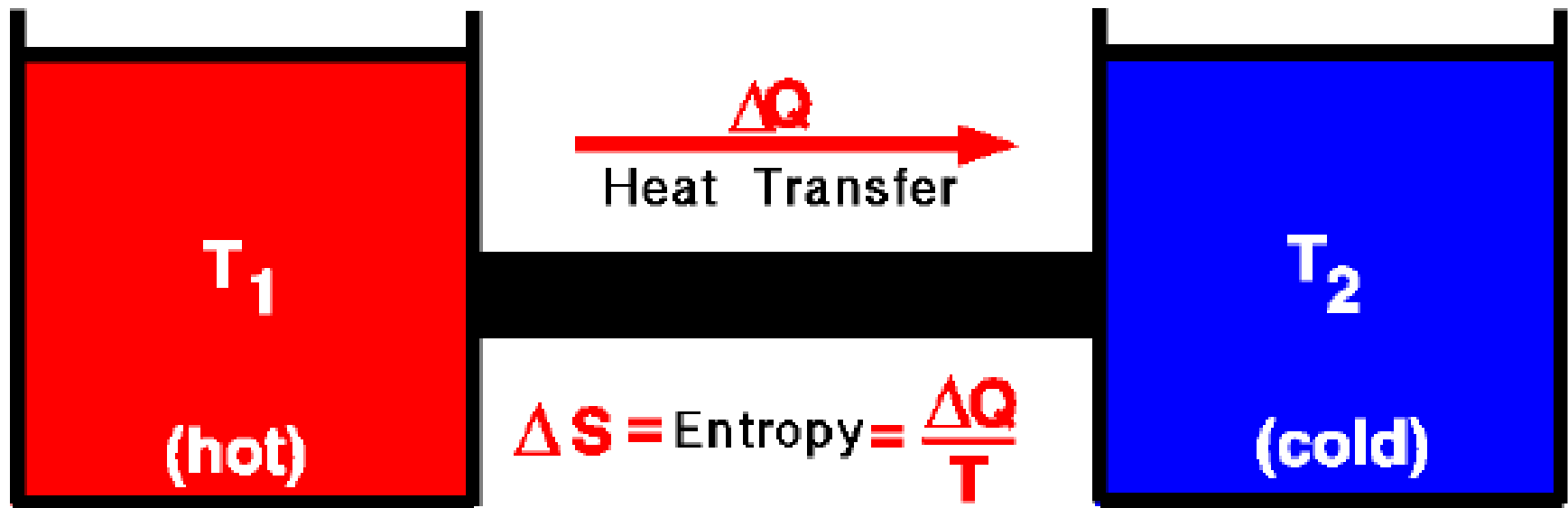
- **İkinci termodinamik yasası (düzensizlik ilkesi);** “Enerji daha yoğun ve kararlı bir şekilde daha kararsız ve daha az yoğun olan bir şekilde dönüşme eğilimindedir”.
- Ekosistemde besin zincirini oluşturan bir ögeden diğerine olan enerji dönüşümünde, belirli bir ısı ortaya çıkar ve meydana gelen ısının bir kısmı işe çevrilirken diğer kısmı çevreye verilerek kaybolur.
- Enerjinin dönüşümü sırasında enerjinin bir kısmı iş yapamayacak kadar dağınık ve düzensiz bir şekilde girer ve bu esnada ısı meydana gelir.
- Böylece enerjinin akımı sırasında iş yapmak için kullanılabilir enerji miktarı giderek azalır.





Second Law of Thermodynamics

Glenn
Research
Center



There exists a useful thermodynamic variable called entropy (S). A natural process that starts in one equilibrium state and ends in another will go in the direction that causes the entropy of the system plus the environment to increase for an irreversible process and to remain constant for a reversible process.

$$S_f = S_i \text{ (reversible)}$$

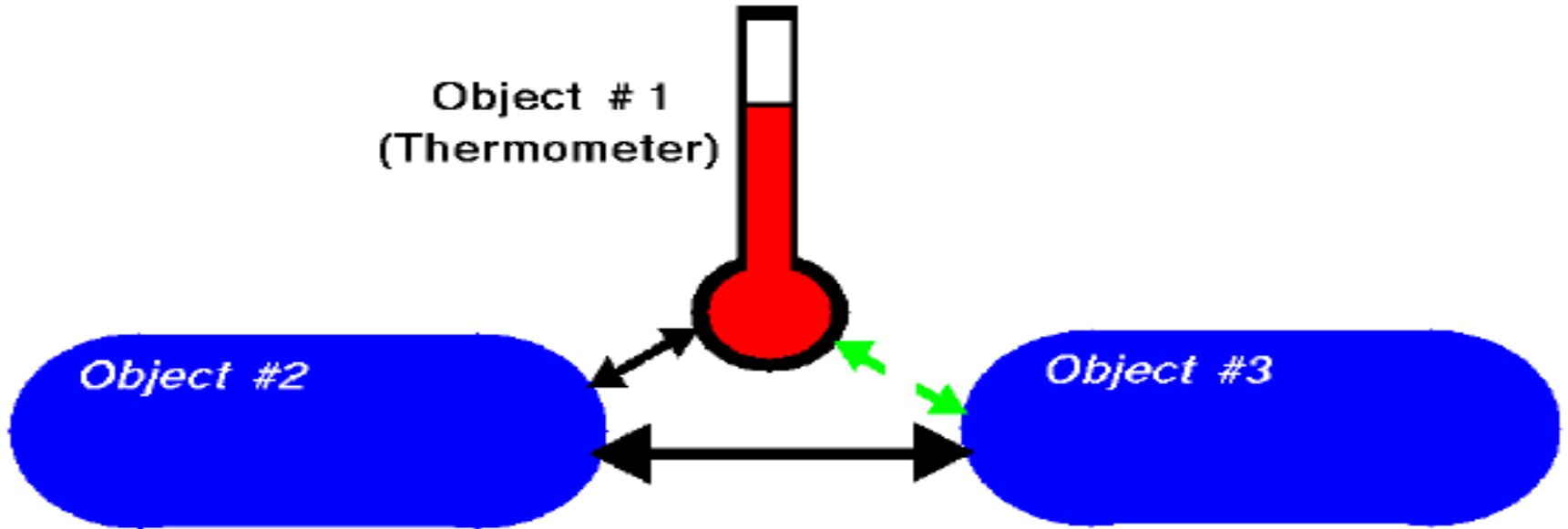
$$S_f > S_i \text{ (irreversible)}$$

- **Üçüncü termodinamik yasası**; Devamlı bir şekilde bozulan bir sistemin sıcaklığı mutlak sıfıra düşmez.
- Ekosistemlerde oluşan besin zincirleri eksilen madde veya enerjiyi tamamlayarak tükenmesini önler.



Thermodynamic Equilibrium *(Zeroth Law)*

Glenn
Research
Center



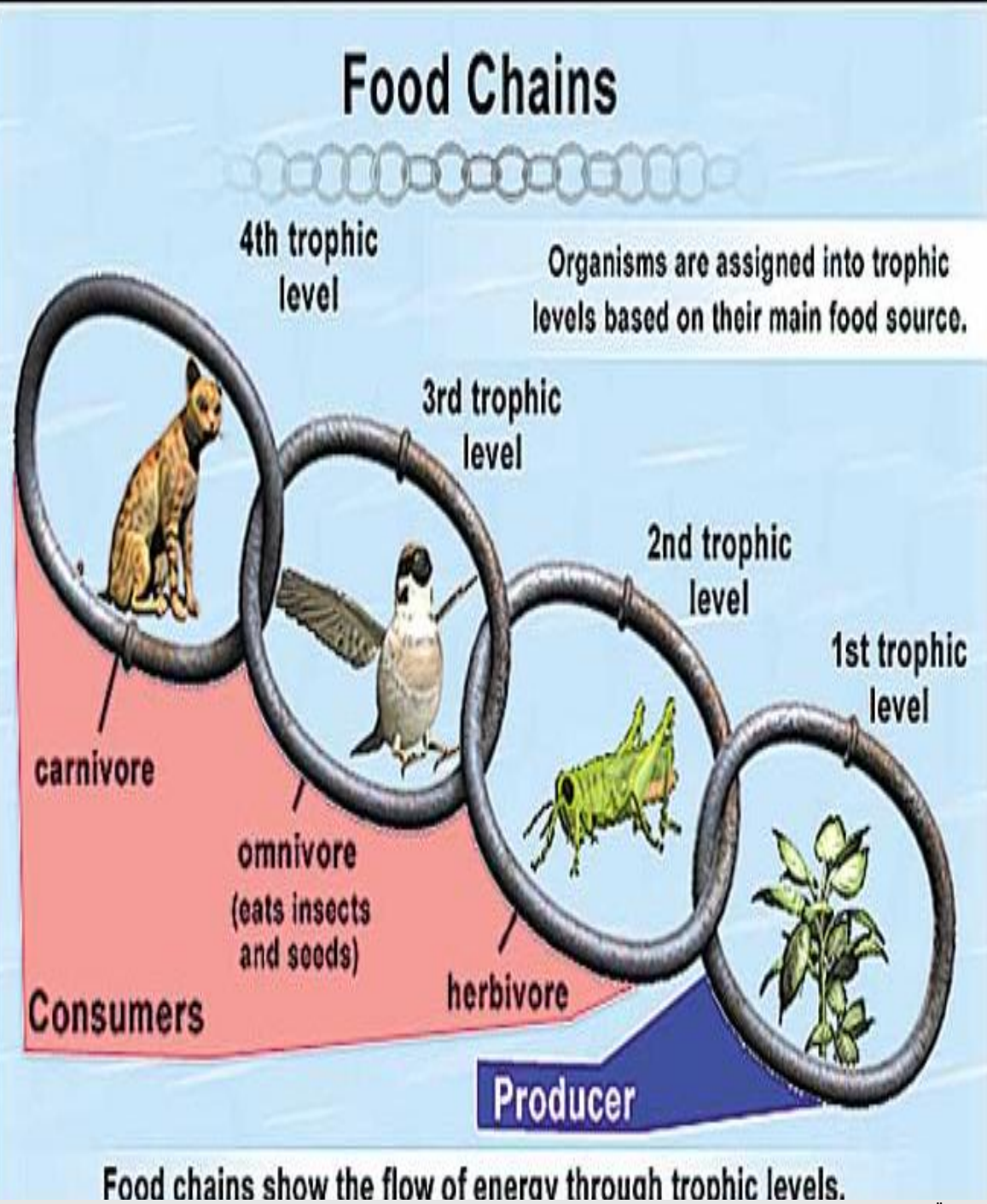
When two objects are separately in thermodynamic equilibrium with a third object, they are in equilibrium with each other.

Objects in thermodynamic equilibrium have the same temperature.

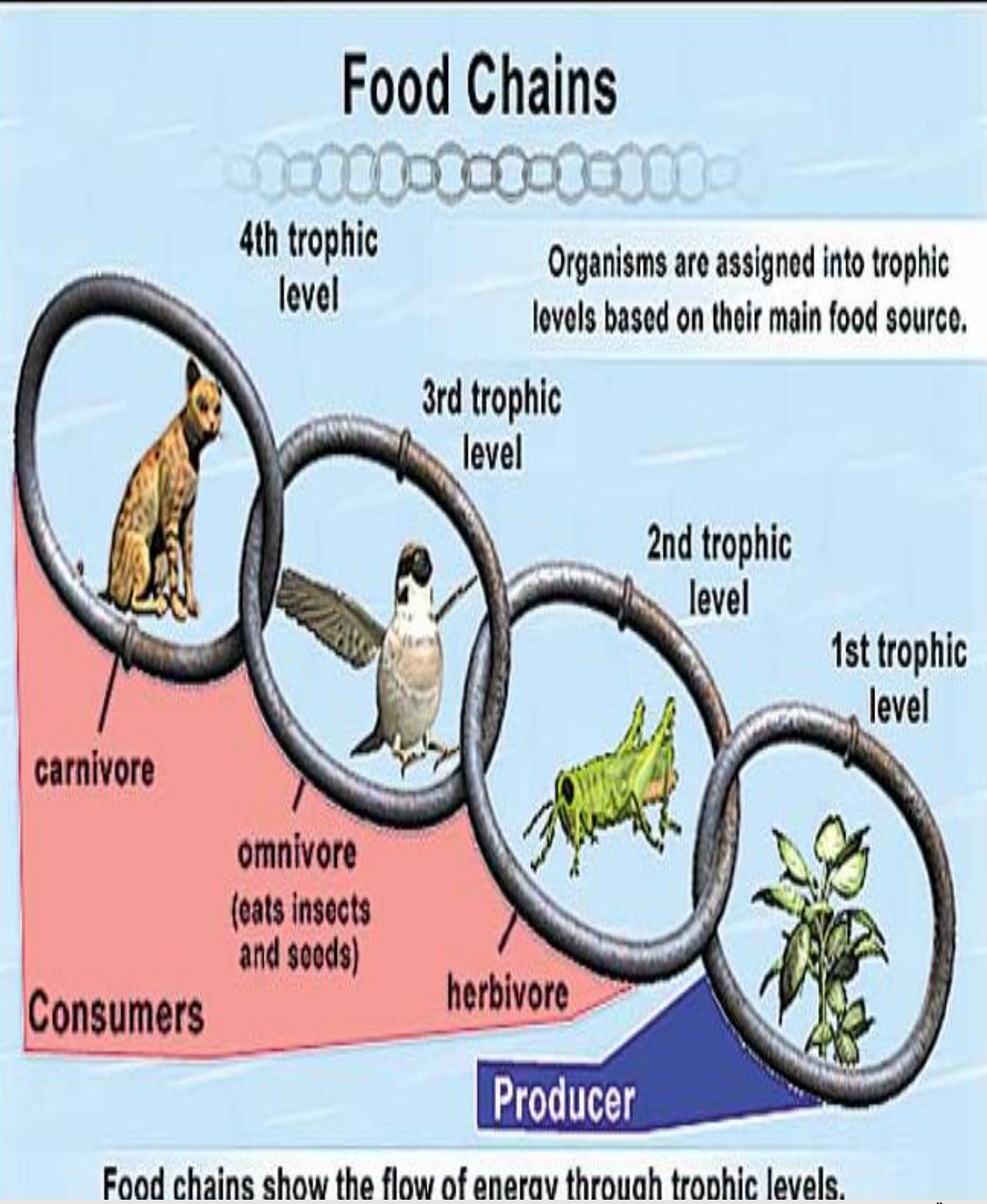
• Bitkiler (primer üreticiler) güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek birincil ürün'ü meydana getirirler.

• (Ayrıca bazı bakteri ve basit su yosunları ışık olmadan organik maddeyi sentezleyerek kemosentez ile birincil üretim yapabilir.)

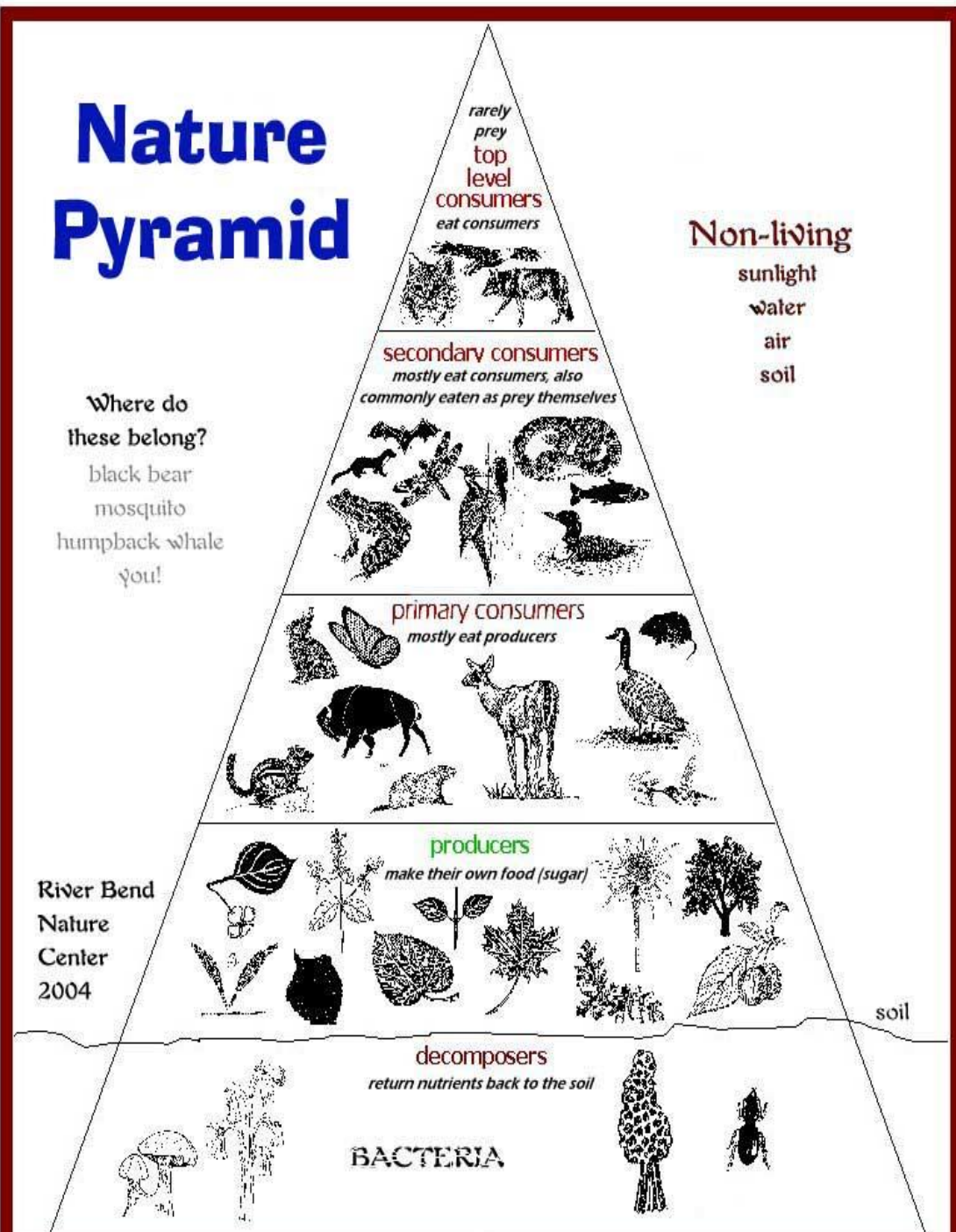
• Bitki dokularında organik maddeler şeklinde biriken bu enerjinin bir bölümü bitkilerin kendi işlevleri için kullanılır; diğer bir bölümü ise beslenme yoluyla otobur hayvanlara geçer.



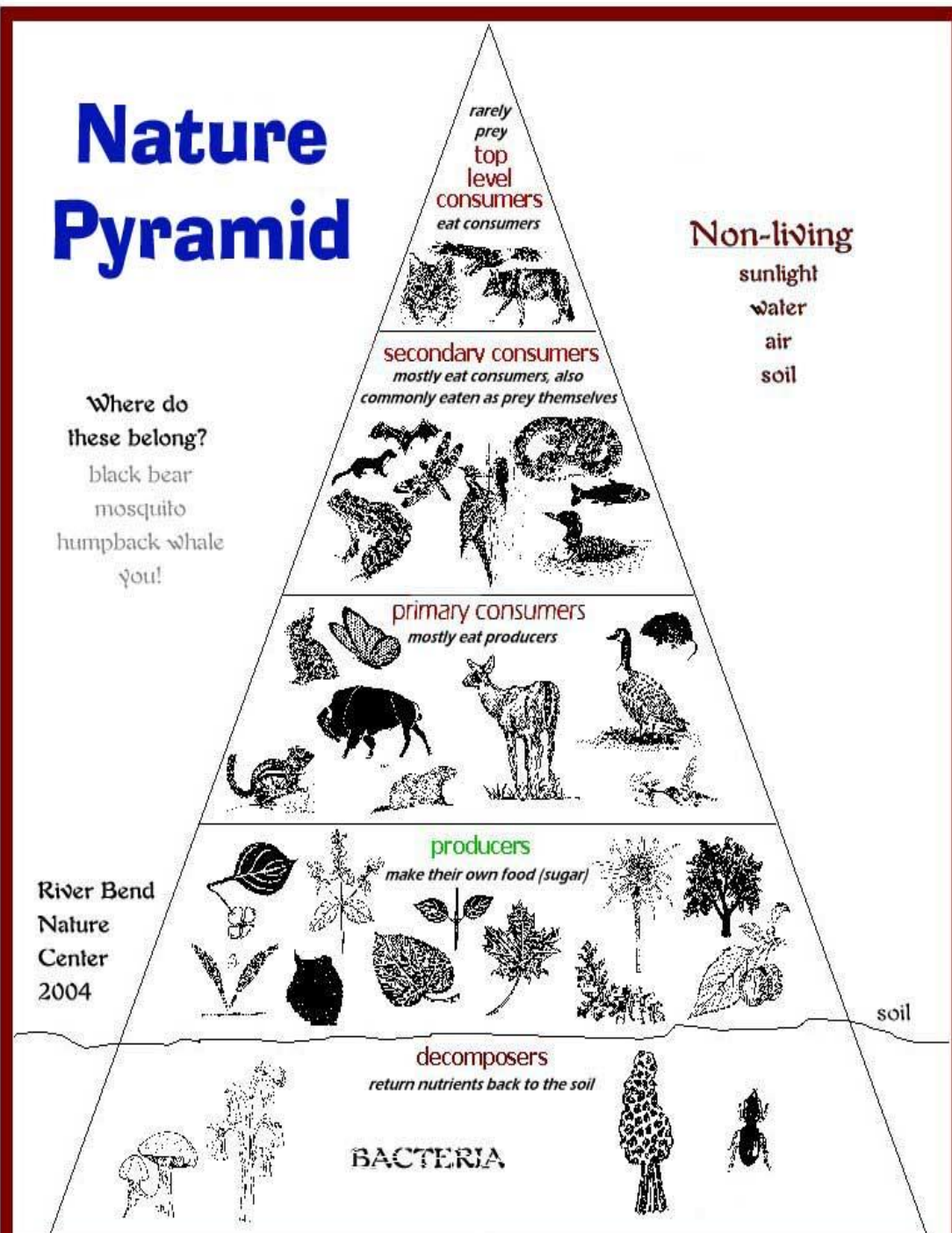
- Besinlerini bitkileri yiyerek elde eden otobur hayvanlar da aldıkları enerjinin bir bölümünü kendileri kullanarak **sekonder ürün**'ü oluşturur; kalanı ya ısı olarak kaybolur, ya da kullanılmadan dışkı olarak dışarı atılır.
- Ayırtıcılar da ölen canlıların vücutlarındaki kimyasal enerjiyi kullanırlar.



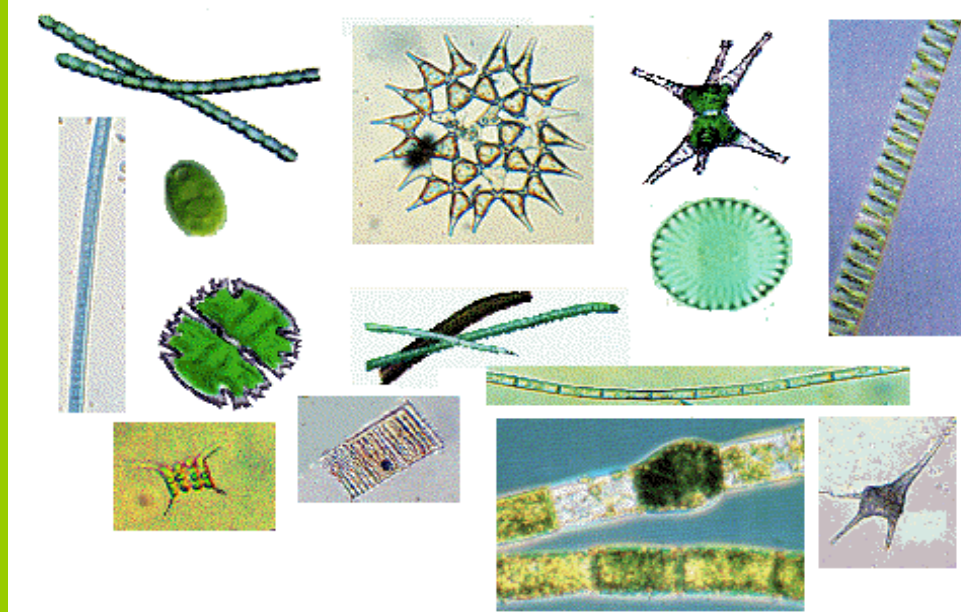
- Bu şekilde güneşten ayrıştırıcılara kadar sürekli ve tek yönlü bir enerji akımı gerçekleşmiş olur.
- Bitkilerce yakalanan enerji, tüketiciler tarafından kullanılan enerjiyi karşılamadığı zaman besin eksikliği ortaya çıkar ve açlık başlar.
- Belli türlere ait bireylerin diğer türlere ait bireyler üzerinden beslenmesi sonucu **besin zinciri** oluşur.



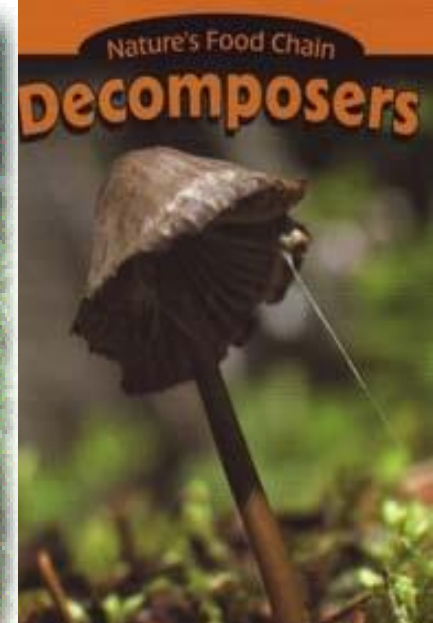
- Besin zinciri ya bitkilerle veya organik artıklarla başlar.
- Ancak doğada organizmalar tek bir besinle değil çok değişik, şekil ve düzeylerde alırlar.
- Beslenme bitkilerden başlayıp çeşitli hayvanlarda son bulan zaman zaman kesişerek karmaşık birçok zincirden oluşmuş besin ağı şeklindedir.
- Ekosistemi oluşturan canlıların enerji sağlamak amacı ile birbirleri üzerinden beslenmeleri sonucu oluşan bu çok karmaşık ilişkiye **besin ağı** denir.



- **Üreticiler;** klorofilli bitkiler olup, potansiyel enerjiyi kimyasal enerjiye çevirerek depolayabilir.
- Bu sentez karada tohumlu ve tohumuz bitkiler, sucul ortamda ise fitoplanktonlar, algler ve çiçekli bitkiler tarafından yapılır.
- Bitkisel organizmaları besin olarak kullanan organizmalara **birincil tüketiciler** denir.
- Karasal ortamdaki otobur formların esasını böcekler, kemirici memeliler ve geviş getirenler, sularda ise fitoplanktonik formlarla beslenen küçük boylu canlı türleri oluşturur.

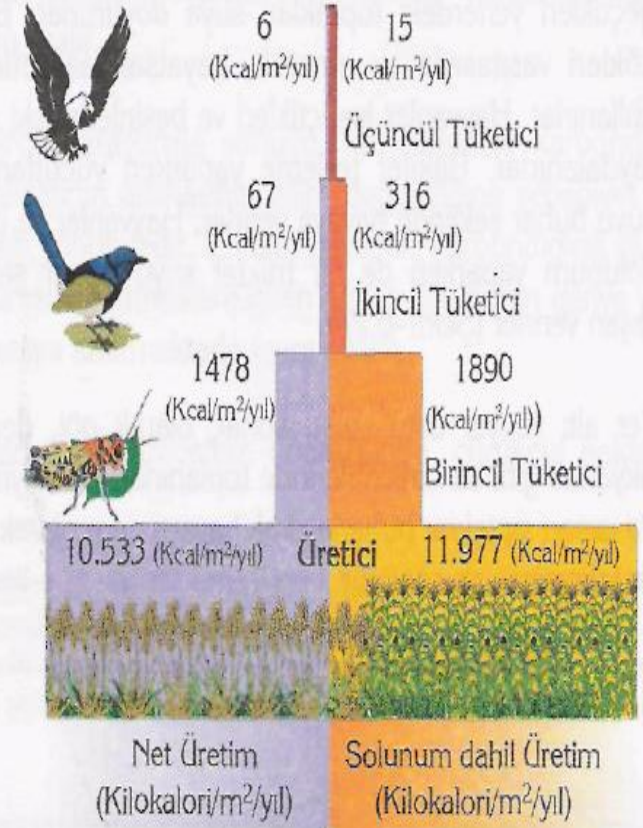


- Otobur hayvanları besin olarak kullanan hayvanlara ise **ikincil tüketiciler**; ikincil tüketicileri besin olarak kullanan etobur hayvanlara da **üçüncül tüketiciler** denir.
- Besin zincirinin son halkasında **ayrıştırıcılar** vardır ve bunların başında bakteri ve mantarlar gelir.
- Enerjinin birincil üreticilerden ayrıştırıcılara kadar olan akımı sırasında, enerji bir beslenme seviyesinden diğerine geçer ve her seviyede şekil değiştirir.
- Bir seviyeden diğerine enerji transferinde enerjinin %90'ı solunum ve ısı ile kaybolur.



EKOLOJİK ENERJİ BİRİKİMİ NASIL ÖLÇÜLÜR

- Ekolojik anlamda enerji ısı ile ifade edilir.
- Isı ise kalori olarak ölçülür. **1 kalori** 1 gr suyun sıcaklığının 14.5°C den 15.5°C 'ye kadar yükselmesi için gereken ısı enerjisine eşittir.
- 1 Calori 4.2 Jule veya 4.2×10^7 Erg'e eşittir.
- Ekosistemlerde; belli zaman aralığında, belli birim alana düşen enerji miktarı ve bu enerjinin bitkiler tarafından yakalanması büyük önem taşır.
- Çünkü bu aynı zamanda bitkilerden diğer organizmalara taşınan **ekolojik enerji birimini** oluşturur.



Şekil-6.22.: Besin zinciri ve enerji akışı. Üreticilerden tüketicilere doğru her basamakta enerjinin ancak %10'u tutulabilir. Sonuçta, zincirin en sonunda enerji miktarı en alt düzende hülunur

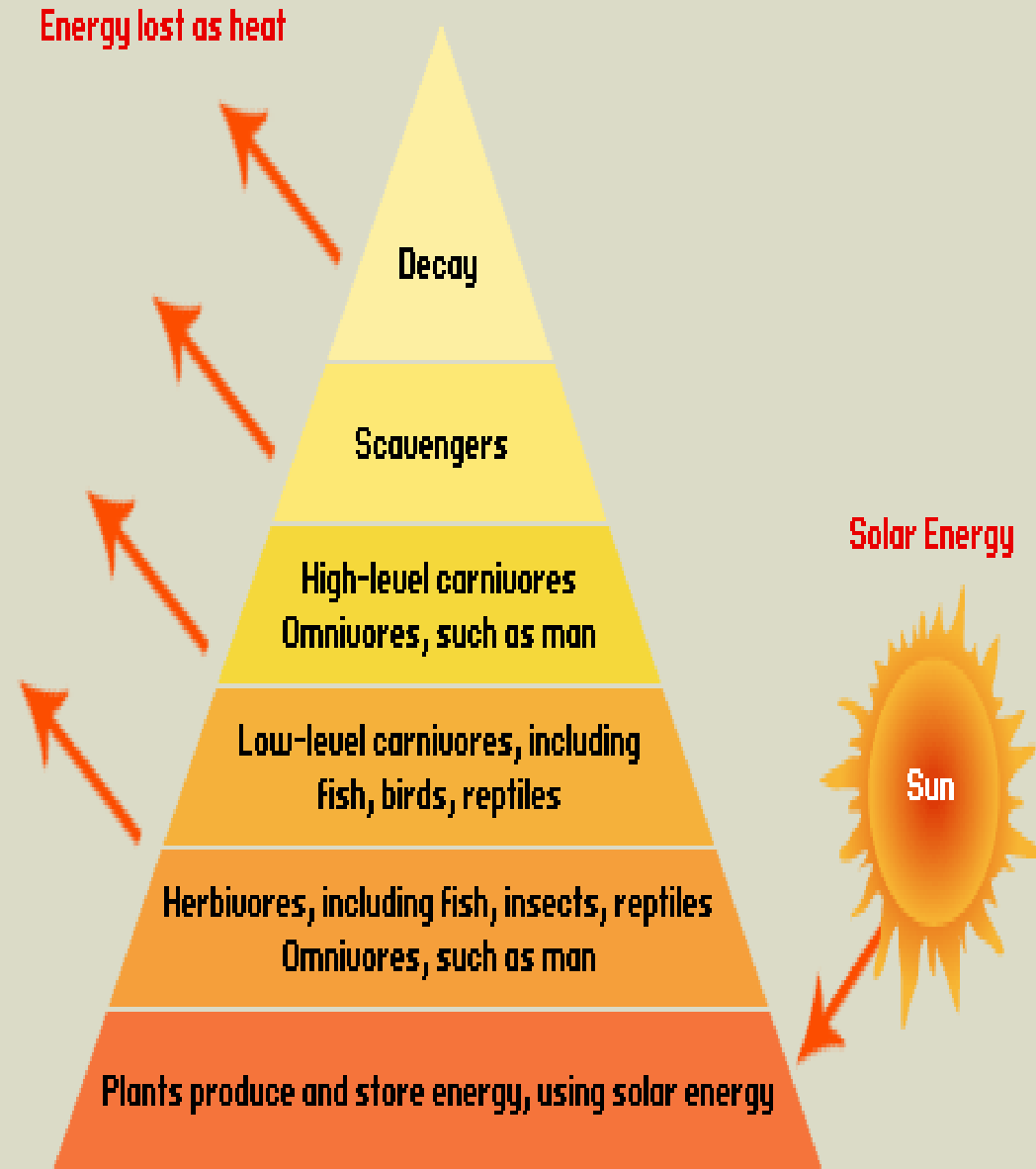
•İster canlı ister cansız herhangi bir maddenin bir noktadan başka bir noktaya hareketi, veya fiziksel, kimyasal olarak bir şekilden başka bir şekle dönüşmesi bir "iş"tir.

•Bu işin yapılabilmesi için de enerji kullanımı gerekir.

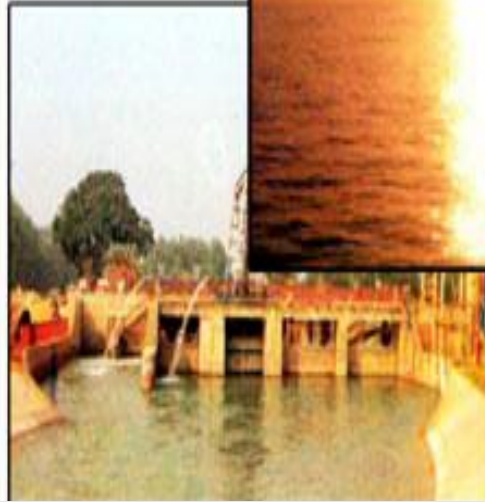
•Öyleyse enerji, çalışabilme veya iş yapabilme yeteneğidir.

•Tüm organizmalar metabolik faaliyetleri için enerjiye ihtiyaç duyarlar.

•Örneğin bir terlikli hayvanının hareketi için veya bir bitkinin hücre içindeki bir maddeyi sentezlemesi için enerjiye gerek vardır.



- Ekosistemi işleten ana enerji kaynağı güneştir.
- Ekosistemde güneş enerjisinin en önemli fonksiyonu bitkilerin fotosenteziyle primer ürünü yapmalarını sağlamasıdır.
- Bitkiler özümleme yolu ile güneş enerjisini yakalayıp kimyasal enerjiye dönüştürür ve böylece enerji organik bileşikler halinde organizmada birikmiş olur.
- Daha sonra besin zinciri ile bir organizmadan diğer organizmaya besin olarak aktarılır. Bugün enerji kaynağı olarak kullandığımız kömür ve petrol, jeolojik devirlerde organizmaların bünyelerinde birikmiş olan güneş enerjisidir.



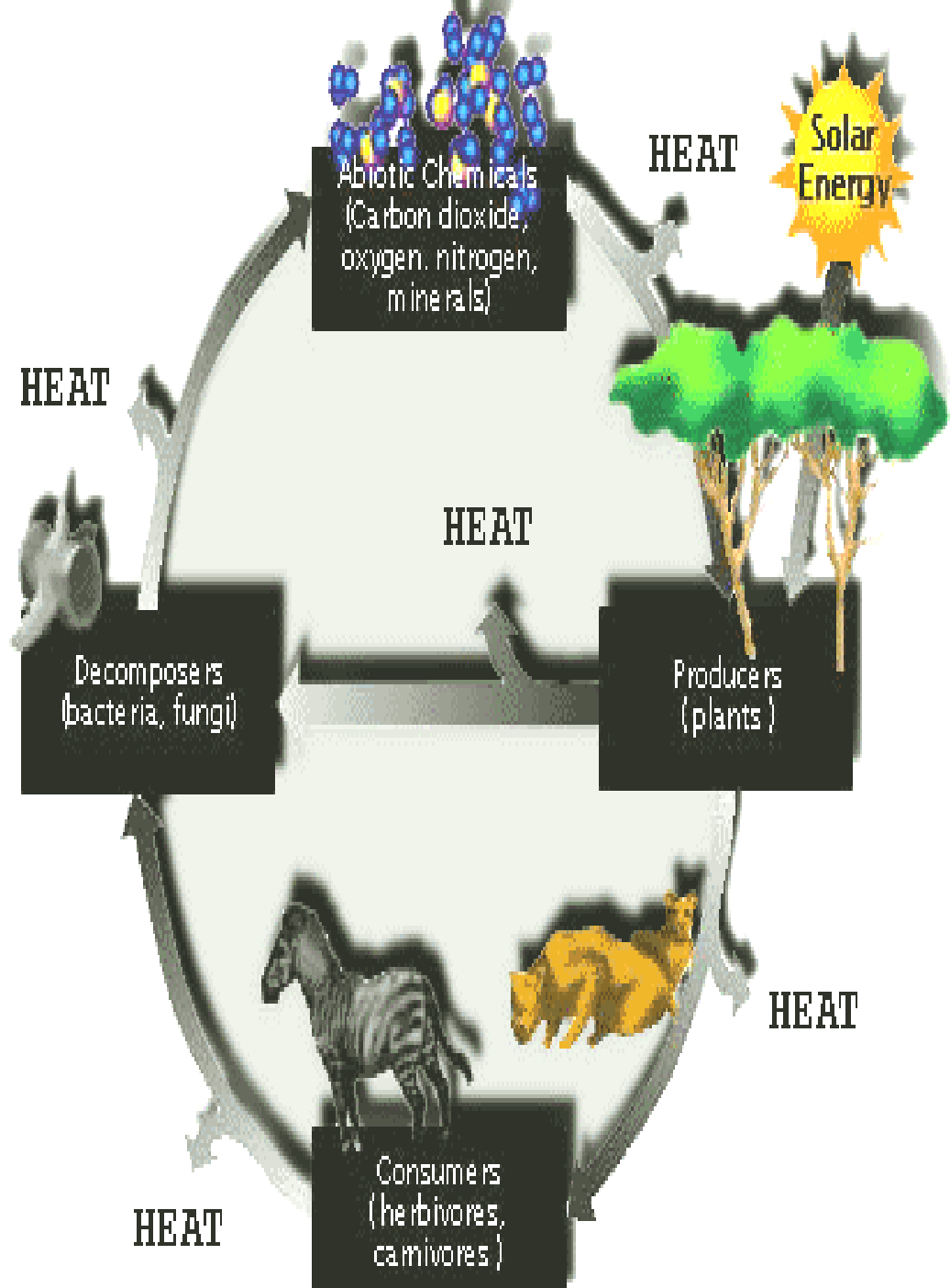
Enerji kaynakları

•Tüm canlılar doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisinden faydalanırlar.

•Ekosistemlerde canlıların güneş enerjisinden yararlanmaları iki şekilde olur.

a. Bitkiler ışık enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye çevirirler. Fotosentez ile oluşan organik maddeler öncelikle bitkilerin kendileri tarafından solunum ve metabolizma olayları için enerji kaynağı olarak kullanılır.

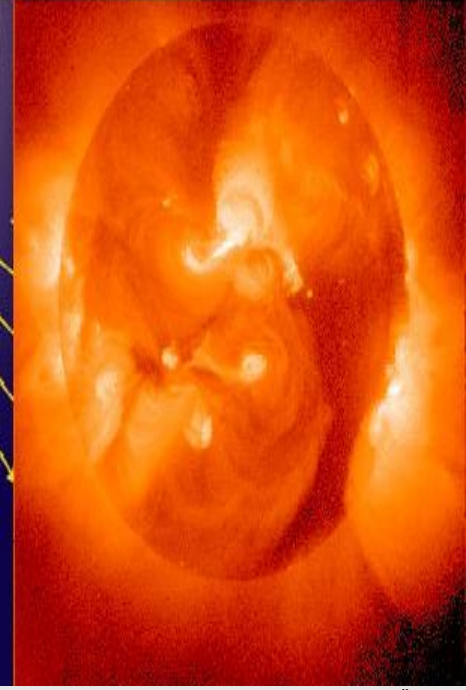
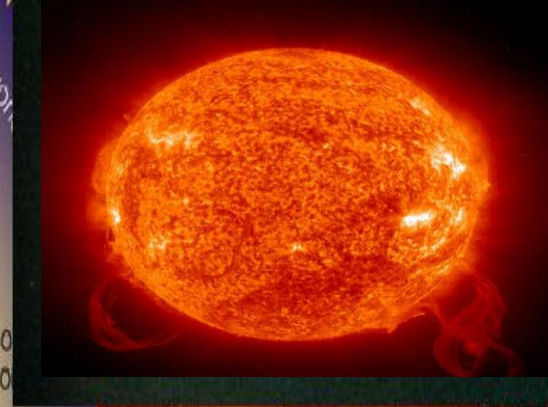
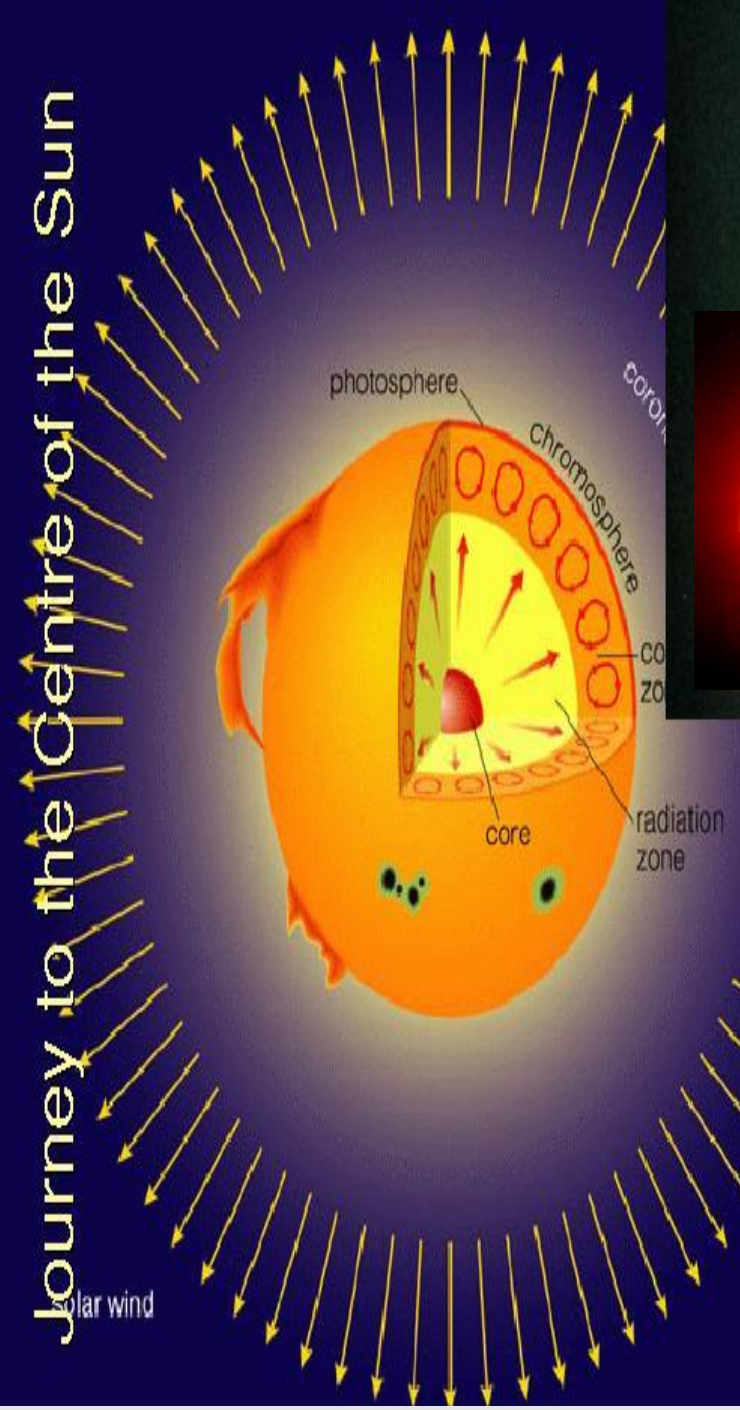
b. Tüketiciler (herbivorlar, karnivorlar, omnivorlar) ve ayrıştırıcılar, üreticiler tarafından organik bileşikler halinde bağlanmış olan güneş enerjisini, organik maddeleri yiyerek temin ederler.



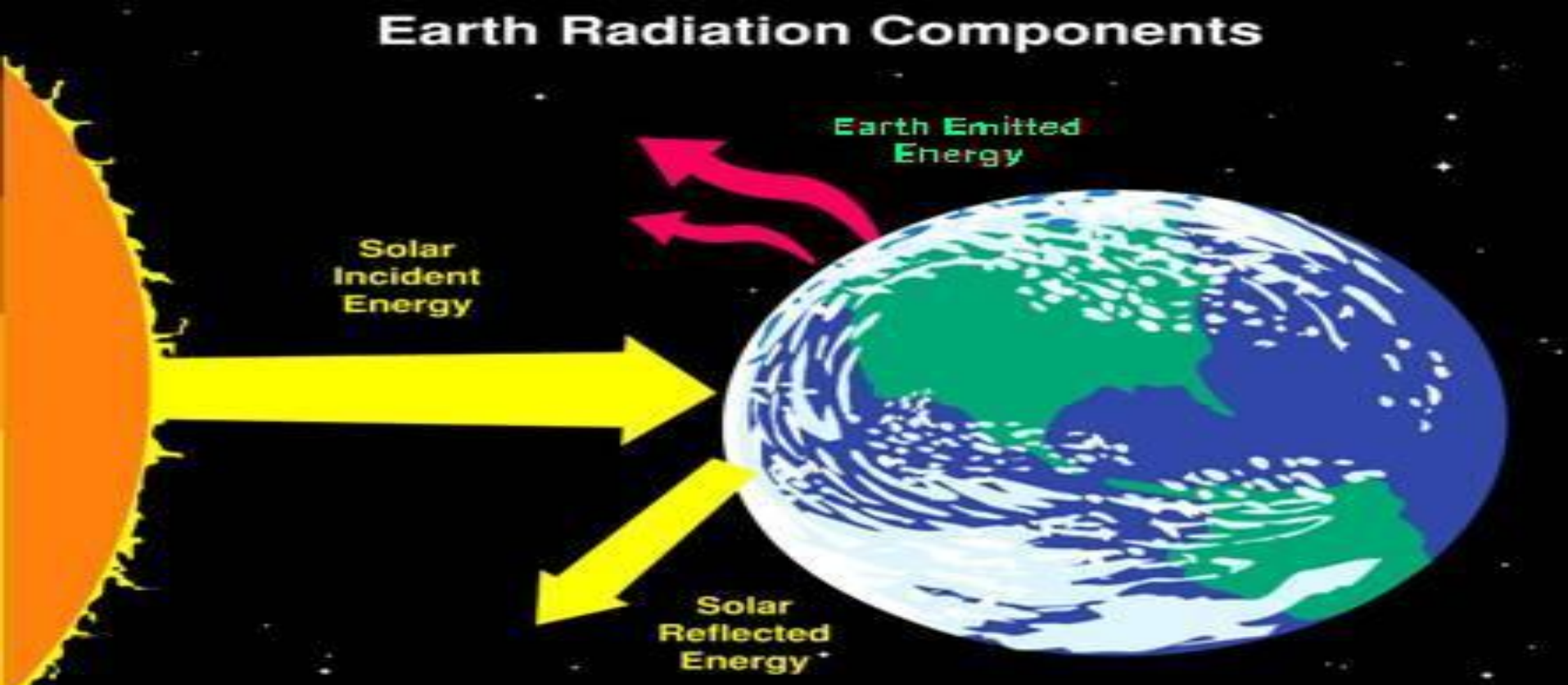
- Güneşte hidrojen atomlarının sürekli olarak Helyum'a dönüşmesi sonucu çıkan enerji elektromanyetik dalgalar şeklinde çevreye dağılır.

- **Güneş Radyasyonu** adı ile tanımlanan bu enerjinin sadece 1/50.000.000 gibi çok az bir bölümü yeryüzüne ulaşır.

- Görünen ışık olarak da bilinen radyasyon enerjisi 400-760 mikron arası içinde olup **ışık enerjisi** adını alır.

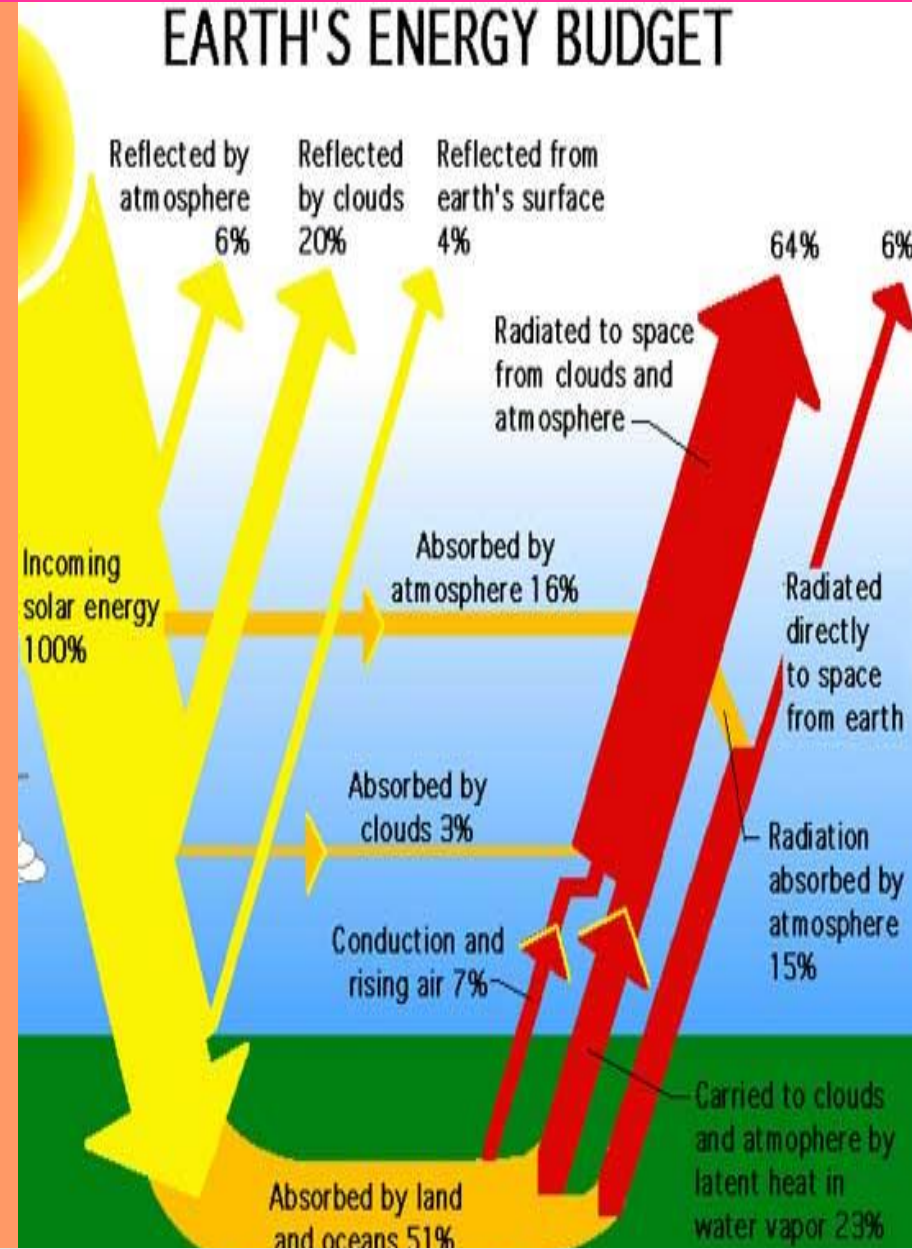


- Işığın dalgaları yeryüzüne ulaştığında çarptıkları yüzeyde ısıya dönüşerek ısınmasını sağlar.
- Diğer taraftan ışık enerjisi bitkilerdeki kloroplasta girer ve klorofil molekülü elektronları tarafından alınır.
- Daha sonra da farklı kademelerden geçerek, organik bileşiklerin bağlarını kimyasal enerjiye dönüştürür.

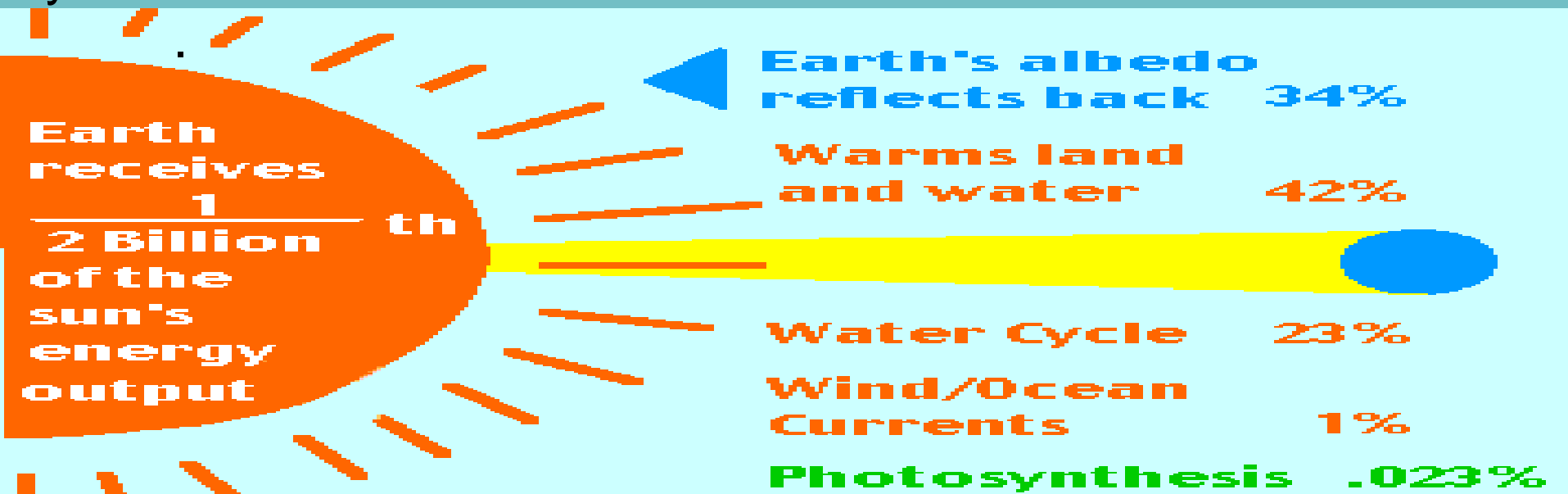


GÜNEŞ ENERJİSİ DIŞINDA EKOSİSTEMLERDE BULUNAN BİR DİĞER ENERJİ ŞEKLİDE MEKANİK ENERJİDİR.

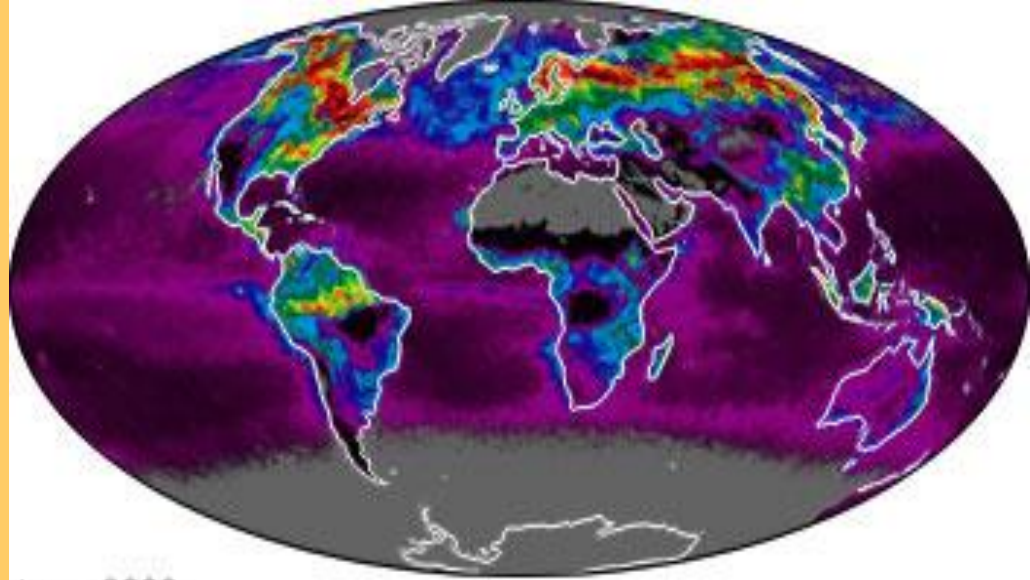
- Mekanik enerji
 - potansiyel enerji ve
 - kinetik enerji olmak üzere ikiye ayrılır.
- Potansiyel enerji depolanmış enerji olup yalnız serbest kaldığında bir iş yapabilme özelliği taşır.
- Kinetik enerji ise kullanılabilir enerjidir.
- Termodinamik kurallara göre, enerji birbirine dönüşebilir.
- Yeryüzünü kapsayan atmosferin 1 metresine 1 yılda 15.3×10^8 kalori güneş enerjisi ulaşır.
- Bunun büyük bir kısmı ise, yeryüzüne ulaşamaz ve atmosferde askıda duran tanelerce dağıtılır.



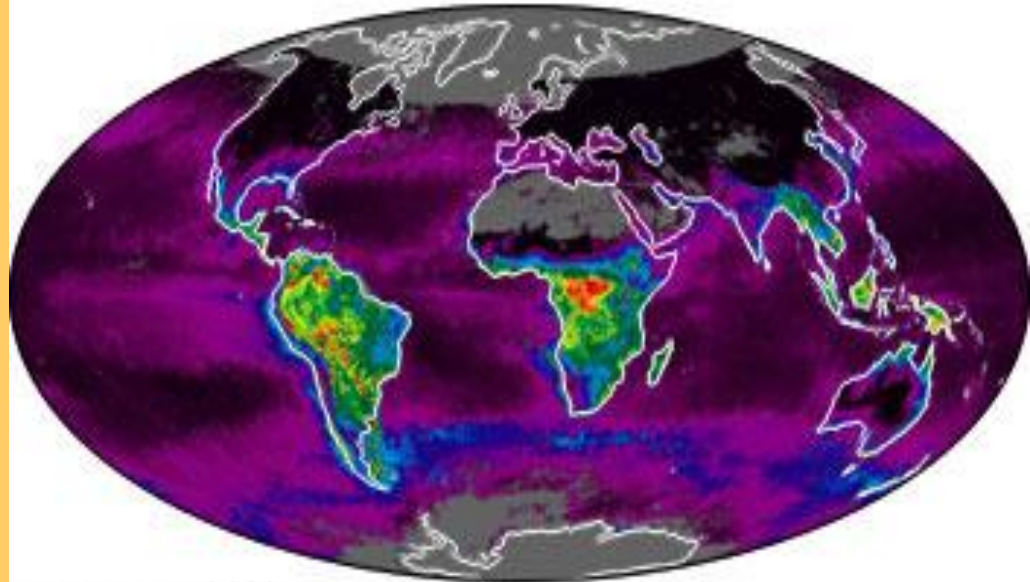
- Yeryüzüne gelen güneş enerjisinin % 33'ü bulutlar, % 9'u ise toz tanecikleri tarafından geri yansıtılır; % 10'u ise ozon, su buharı ve diğer atmosferik gazlarca yakalanır ve yeryüzüne ulaşabilen enerji oranı sadece % 48'dir.
- Bu yeryüzüne ulaşabilen enerjinin de yalnız % 1-5'i kimyasal enerjiye dönüştürülebilmektedir.
- Kimyasal enerjiye dönüştürülerek bitki dokularında biriktirilen bu enerji, birbirini yiyen organizmalardan birinden diğerine taşınır.
- Böylece ekosistemde enerji, serbest koşullarda hareket etmez; bir trofik seviyeden diğerine organik maddeler aracılığı ile taşınır.
- Çevre faktörleri enerji taşınımının her kademesinde önemli bir rol oynar.



- Bitkiler organik maddeyi inorganik maddeden yaparlar ve bunların bir kısmı solunum için kullanırken (%20), bir kısmında biyokütlelerinin artırmada kullanırlar.
- İşte bu şekilde bitkilerin ağırlıklarındaki artış **primer ürün** olarak adlandırılır.
- Birim alanda, güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesine **primer verimlilik** denir.



June 2002

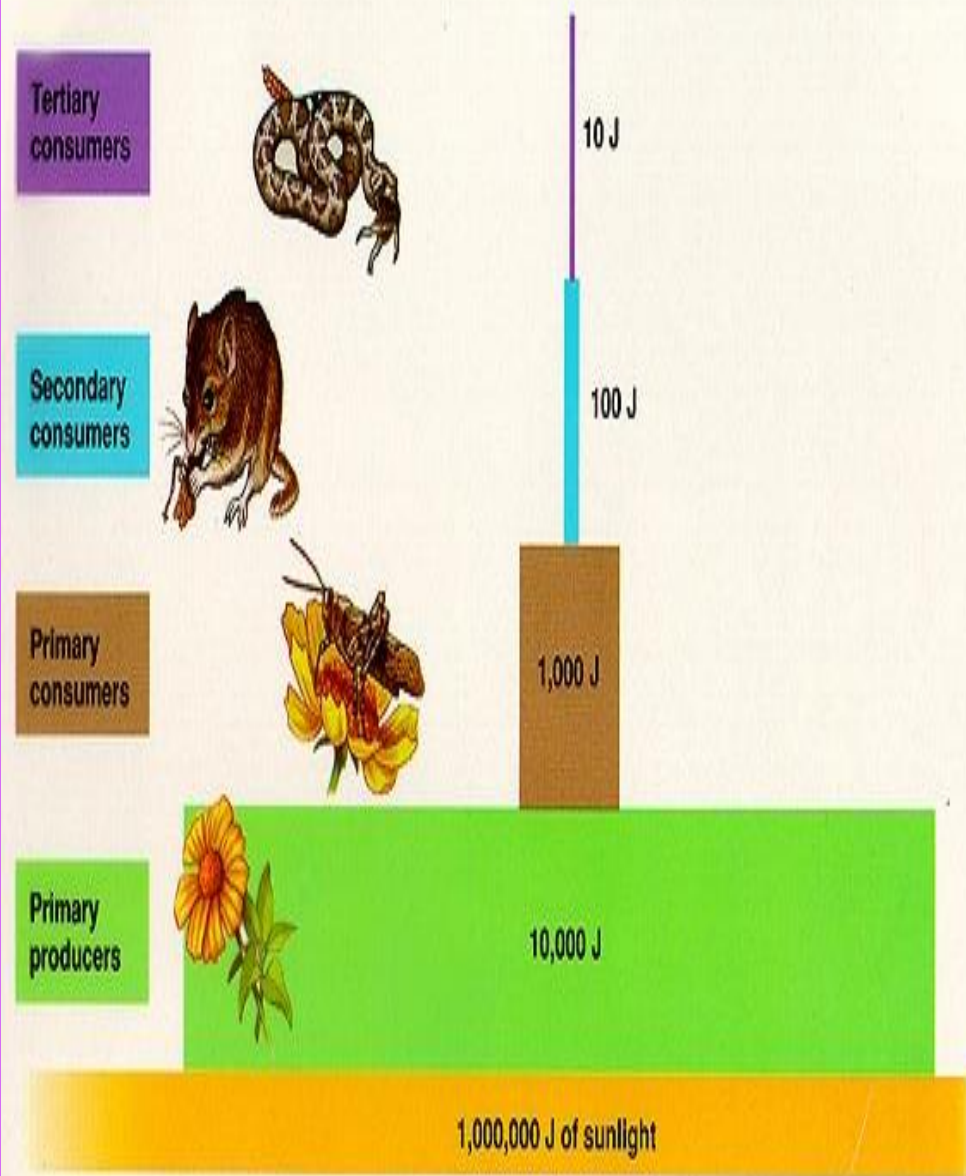


December 2002

Net Primary Productivity (kgC/km²/year)



An idealized pyramid of net productivity

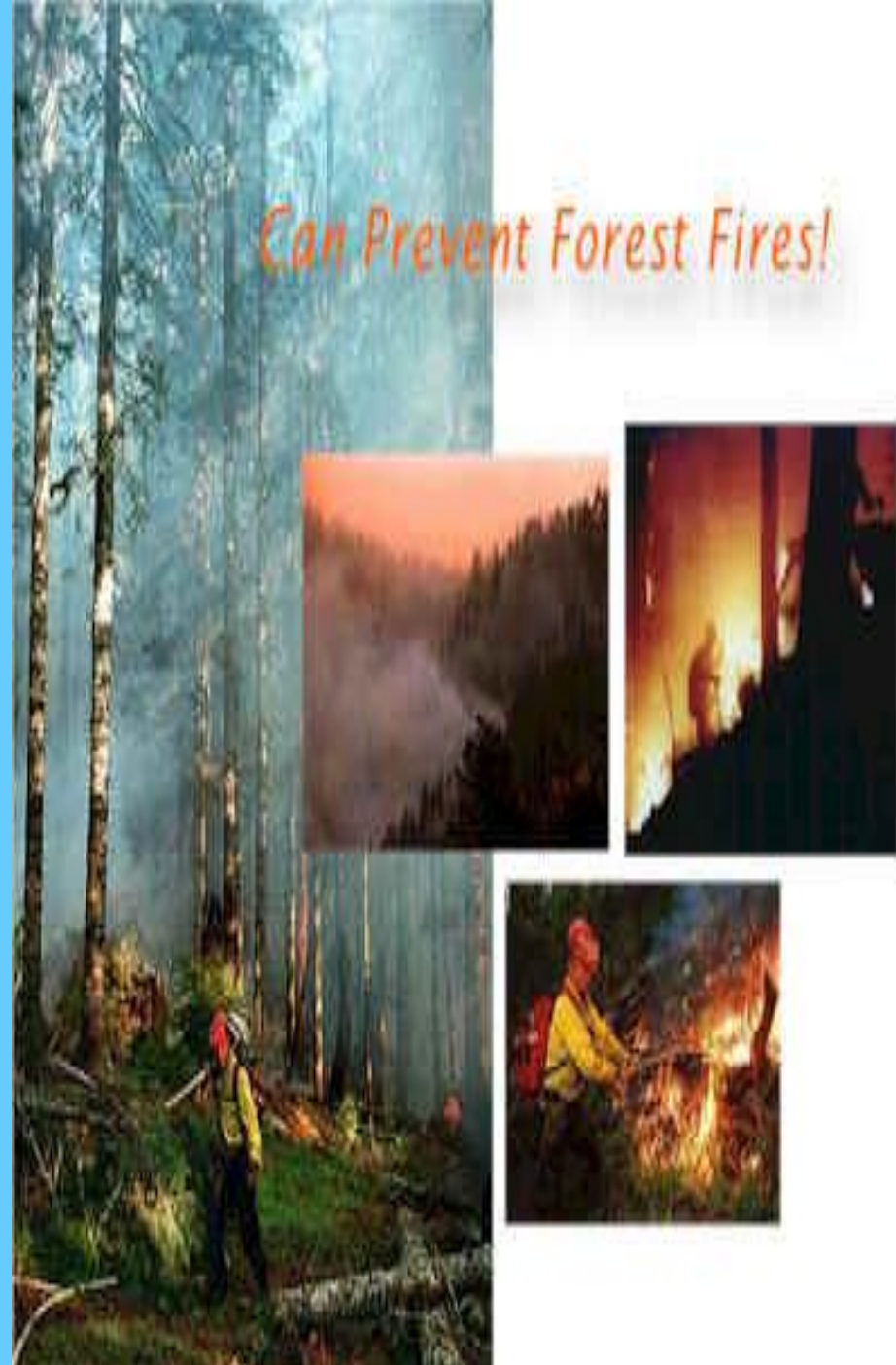


- Biyomastaki artış miktarı total üretim ile kaybolan enerji arasındaki farktır.
- Primer ürünü yiyen hayvanlar, organik maddenin büyük bir kısmını ısı olarak kaybederken, yine önemli bir kısmını da dışkı olarak dışarı atarlar, çok az bir miktarı da (%10) biyokütlesini artırmada kullanır.
- Heterotrof organizmaların üretmiş oldukları maddeye **sekonder üretim** adı verilir.

- Enerji açısından ekosistemin yapı ve işlevinin anlaşılması ve kaynakların doğru kullanımı ekosistemin devamlılığı bakımından çok önemlidir.
- Her insan ekosistemin bir parçasıdır ve insanın varlığını sürdürebilmesi ekosistemle uyumlu yaşamasına bağlıdır.
- Tüm diğer organizmalar gibi insanda günlük gereksinimleri için bağlı bulunduğu sistemden enerji ve madde alır.



- Ancak çoğu zaman bunun bilincinde değildir.
- Bunun sonucu sistemin bozulmasına neden olan faaliyetlerde bulunur.
- Örneğin ormanları yok ederek, tarım alanlarına çevirmeye çalışır veya aşırı derecede avlanarak bazı hayvan popülasyonlarının azalmasına veya yok olmasına neden olur.
- Bu ve benzeri eylemler sonucu besin zinciri ciddi derecede zarar görür; madde döngüsü ve enerji akışı engellenmiş olur.



FOTOSENTEZ İLE BİTKİLERİN IŞIK ENERJİSİNİ KİMYASAL ENERJİYE ÇEVİREREK ORGANİK MADDELERİN YAPISINDA BİRİKTİRMESİNE *PRİMER ÜRETİM* DENİR.

•Fotosentez ile bitkilerin ışık enerjisini kimyasal enerjiye çevirerek organik maddelerin yapısında biriktirmesine **primer üretim** denir.

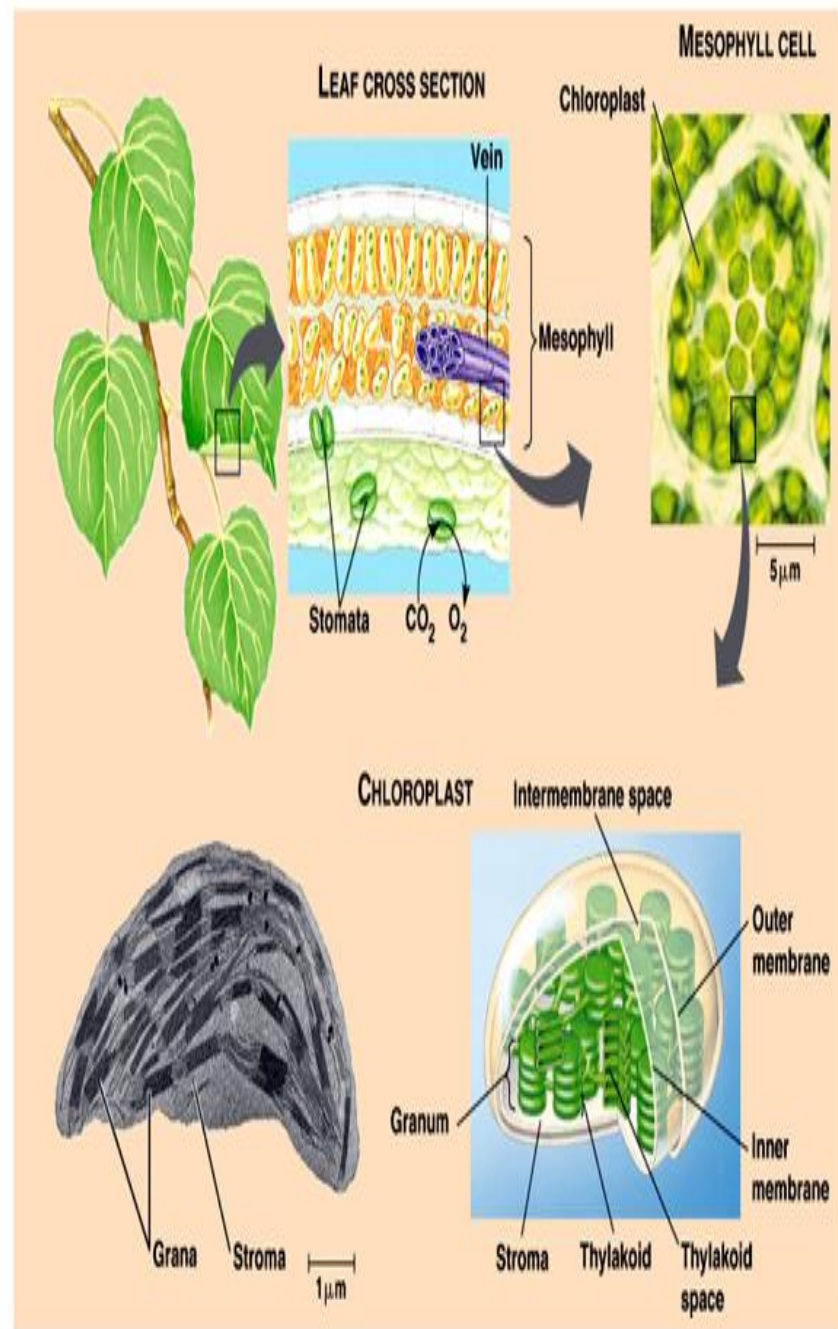
•Pirimer üretim sırasında ışık enerjisi fotosentezin sadece aydınlık evresindeki reaksiyonlarda kullanılır.

•Karanlık evrede ise aydınlık evrede elde edilen kimyasal enerji kullanılır.

•Bitkiler temel üreticiler olarak bilinmekle birlikte, bitkiler dışında bazı bakteri türleri güneş ışığı yardımı ile hidrojen atomlarını çeşitli inorganik veya organik moleküllerden karbondioksite ekleyerek sentez yapabilir.

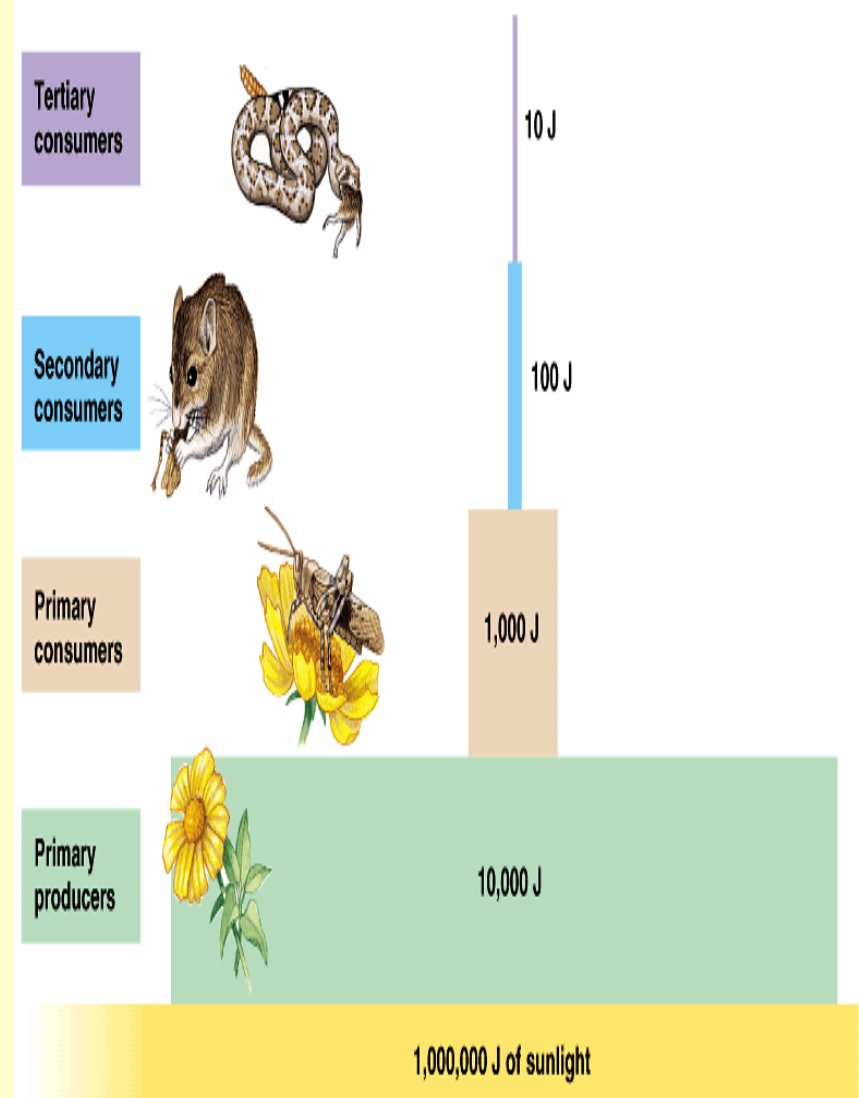


- Diğer taraftan hidrojen kaynağı olarak bir çeşit alkol kullanan bakterilerin varlığı da bilinmektedir.
- Ayrıca bazı bakteri ve basit su yosunları enerji kaynağı olarak ışık enerjisini kullanmaksızın, inorganik bileşikleri organik maddeleri sentezleyebilir.
- Ancak tüm bunların üretmiş oldukları enerji ekosistemlerin organik madde ihtiyacını karşılamaktan çok uzaktır.
- Bu nedenle temel üretici denildiğinde bitkiler anlaşılmaktadır.



FOTOSENTEZ İLE ÜRETİLEN TOPLAM ORGANİK MADDE MİKTARINA **BRÜT TEMEL ÜRETİM** DENİR

- Fotosentez ile elde edilen organik maddenin bir kısmı bitkinin hayatsal faaliyetleri için kullanılırken, otobur canlılar bitkileri sürekli tüketir.
- Ekosistemde bitkilerden başka yollarla organik madde kaybı olmuyorsa, bitkilerin tüm kısımları toplanıp ölçülürse net temel üretim için bir değer bulunabilir.
- Net temel üretim**, toplam temel üretimin bitkinin kendi hayatsal faaliyetleri için solunum yolu ile harcadığı organik madde miktarı çıktıktan sonra geriye kalan kısmıdır.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- Buna göre;
- **Net temel üretim=Bürüt temel üretim - Solunum**
 - şeklinde formüle edilebilir.
- Net temel üretimi kuru madde ağırlığı olarak gram veya kilogram olarak hesaplanabilir veya toplam biyomas olarak hesaplamak da mümkündür.
-
- **Biyomas**, tamamen kurutulmuş organik maddenin özel bir fırında tamamen yakılması sonucu ortaya çıkan ısının kalori olarak değeri şeklinde gösterilir.

EKOSİSTEMLERDE BİRİNCİL ÜRETİMİN ÖLÇÜMÜ

•Ekosistemlerde birincil üretimin saptanması çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlar;

•6. 1. Hasat Yöntemi

• Bu yöntemde bitkinin çeşitli kısımları belli zaman aralıklarında kesilerek (hasat edilerek) alınır, mutlak kuru hale getirilir, tartılır ve biyokütle ağırlık olarak bulunur. Böylece belli zamanda, belli alandan alınan ürün miktarı (kg/alan/zaman) bulunmuş olur. Bulunan bitkisel biyokütledeki enerji miktarı ise yaklaşık 1 gr bitkisel biyokütlenin 4-5 kalorilik bir enerjiye eşit olduğu düşünülerek hesaplanabilir.

•6. 2. Karbondioksit Yöntemi

• Bu yöntem fotosentez sonucu oluşan karbondioksit miktarındaki azalmanın ölçülmesine dayanır. Bunun için bitki iki hava deliği bulunan saydam bir fanus içine konur, bir taraftan hava verilir diğer taraftan çıkartılır.

•Giren ve çıkan havadaki karbondioksit miktarları arasındaki fark net fotosentez için organik maddeye bağlanmış olan karbondioksit miktarı olarak kabul edilir.

•Bu deney ışık geçirmez bir ortamda yapılarak solunum sonucu harcanan miktar bulunur ve net üretime eklenerek brüt üretim hesaplanabilir.

•6.3. Oksijen Yöntemi

- Bu yöntem daha çok su ekosistemlerinde kullanılır.
- Bunun için belli derinliklerden alınan plankton örnekleri iki saydam şişeye konur.
- Bunlardan biri saydam hali ile kalır, diğeri ise ışık geçirmez torbaya konur.
- Sonra her iki şişede plankton örneklerinin alındığı aynı derinliğe bırakılır.
- Sonra saydam şişedeki oksijen miktarındaki değişim ölçülür, ve bu ölçülen oksijen miktarı bitkisel planktonun net üretimini verir.
- Diğeri karanlık şişedeki oksijen miktarı ayrıca ölçülür ve bu ölçülen değer solunum miktarını verir.
- Temel üretim ve solunum değeri toplanarak brüt temel üretim elde edilir.

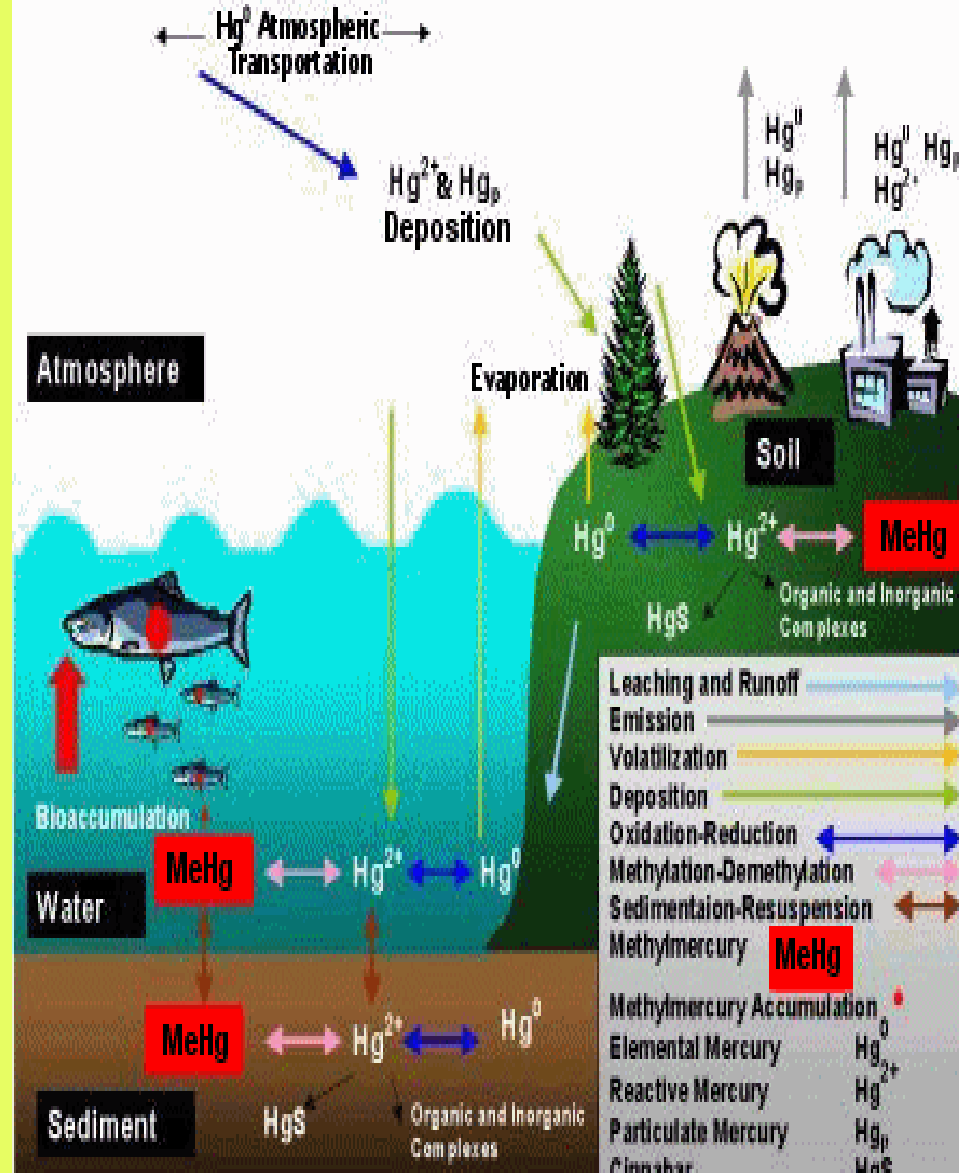
•6.4. Radyoaktif Karbon Yöntemi

- Bu yöntemde, biri saydam diğeri ışık geçirmez iki şişe alınır,
- bunlara aynı derinlikten alınan plankton konur,
- sonra aynı derinliğe yeniden bırakılır.
- Daha sonra saydam şişede fotosentez için giren karbondioksit miktarı ölçülür.
- Ayrıca şişelere belli bir miktar radyoaktif C-14 konur, deney sonunda organik madde içindeki C-14 oranı ölçülür

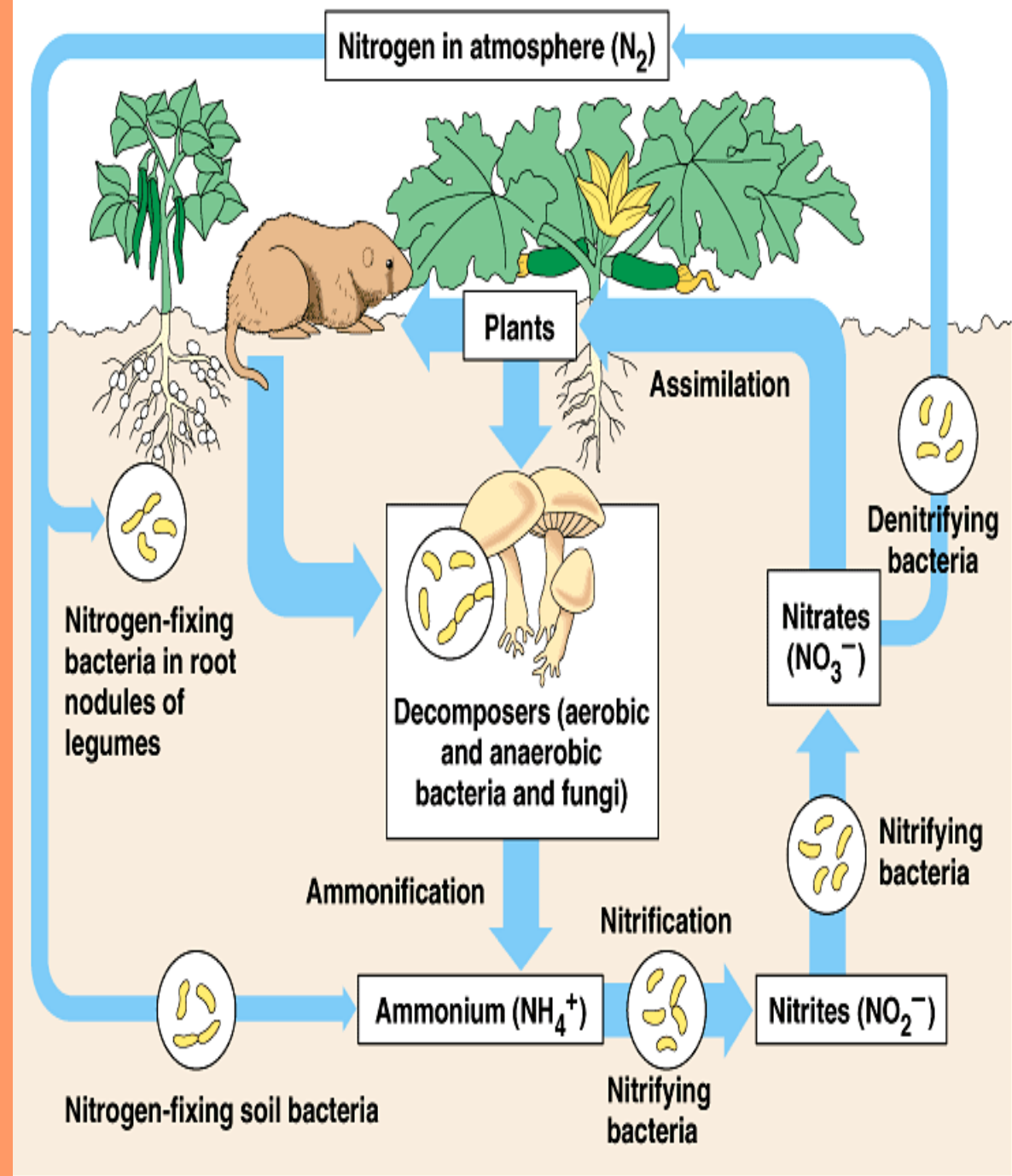
MİNERAL MADDE DOLAŞIMI

- Ekosistemde enerji ilişkilerinin diğer bir önemli konusu da ekosistemde mineral madde dolaşımıdır.
- Mineral maddeler bitkiler tarafından topraktan alınarak çeşitli besinlere dönüşür.
- Bu besleyici maddeler, üreticilerden otçul, etçil ve parçalayıcılar tarafından kullanılır ve sonra ayrıştırıcılar vasıtasıyla abiyotik ortama geri dönerek, yeniden kullanıma hazır hale gelir.
- Mineral maddelerin izlediği bu yolun saptamak için, mineral madde radyoaktif elementle işaretlenir ve kontroller sonucu ne kadarının dolaşıma katıldığı ve ne hızla dolaştığı bulunur.

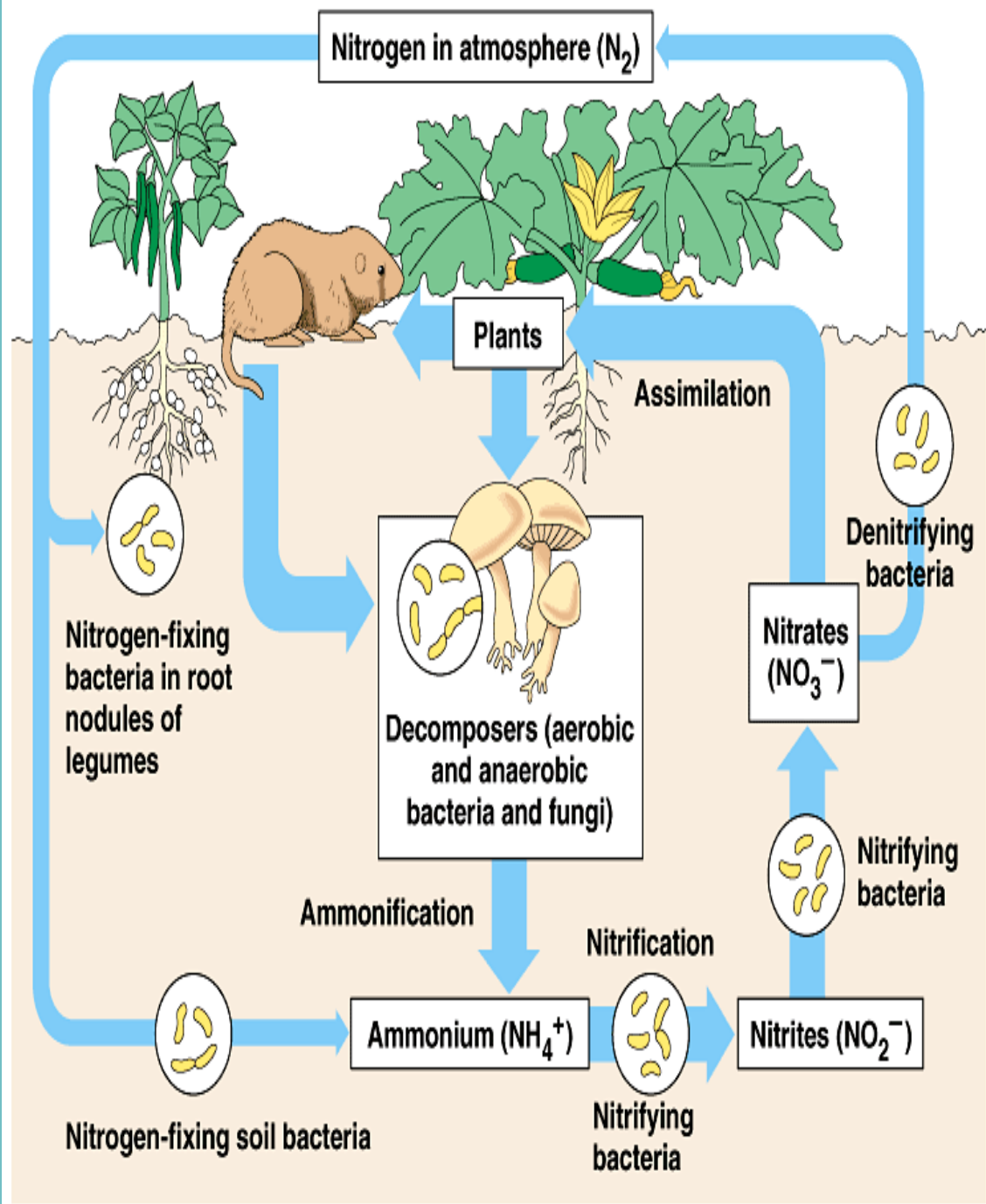
Conceptual Biogeochemical Mercury Cycle



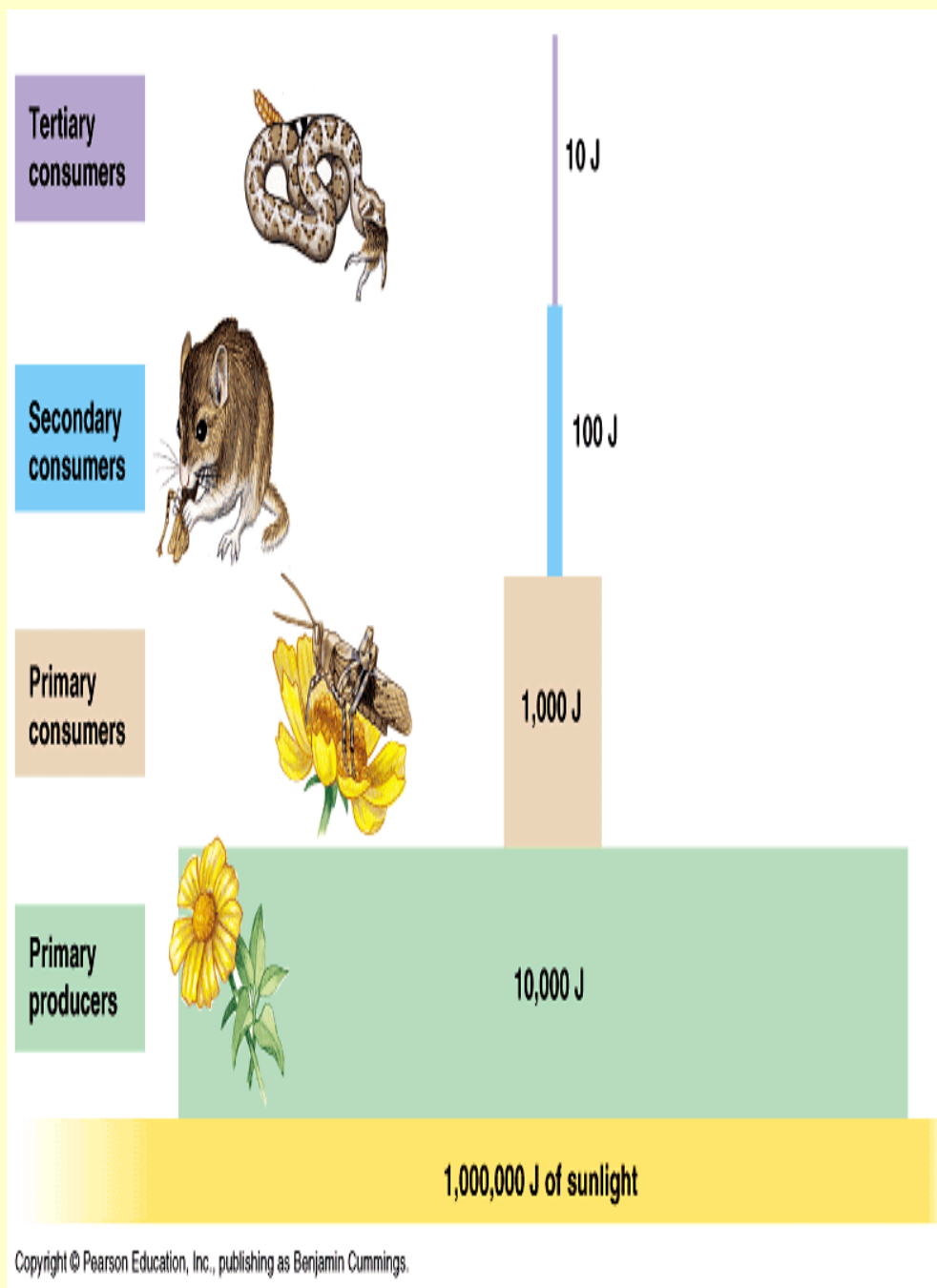
- Maddenin ekosistemde canlı ve cansızlar arasında yer değiştirmesine **Biyojeokimyasal Döngü** denir ve gaz, su ve sediment dolaşımı olmak üzere 3 grup altında toplanır.
- Biyojeokimyasal Döngü şu şekilde gerçekleşir; Bitkiler inorganik maddeleri havadan veya topraktan alırlar.



- Birincil ürün haline getirilen bu maddeler bitkilerden, ya otlayan hayvanlar yolu ile besin zincirine veya doğrudan ayrıştırıcıların besin zincirine geçerler.
- Parçalayıcılar organizmaları parçalayarak beslenme elementlerinin yeniden ekosistemin abiyotik kısmına döndürürler.



- Enerji, iş yapabilme kabiliyetidir ve enerji bir tipinden (potansiyel enerji), diğer enerji tipine (kinetik enerji) dönüşür ve bu esnada bir kısım enerjiyi ısı halinde serbest kalır.
- Enerjinin ekosistemde trofik seviyelerde akımı sırasında, bir basamaktan diğerine geçerken %10 azalır ve buna, yüzde on yasası denir.
- Alınan enerji ve üretilen biyokütlenin enerjisi arasındaki oran yani giriş ve çıkış **ekolojik etkenlik** olarak bilinir.



•Birincil üretim bakımından doğal ekosistemler su ve kara ekosistemi olmak üzere ikiye ayrılmakla birlikte, temel üretimi farklı olan çeşitli ekosistemler bulunur.

•Örneğin siğ kıyı bölgeleri, akarsuların denize açıldığı yerler, dip sularının yüzey suları ile karıştığı bölgeler ve mercan kayalıklarında verimlilik oranı çok yüksektir.

•Karada ise orman ekosistemleri, çöl sistemlerine göre temel üretim bakımından daha zengindir.



• Tarım ekosistemleri insan müdahalesi ve tarımın verimli topraklarda yapılması gibi nedenlerle doğal ekosistemlere göre daha yüksek net birincil üretim yapar.

• Örneğin, **doğal ekosistemlerde ortalama üretim 2.400 kg/ha/yıl, tarımsal ekosistemlerde ise 3.500 kg/ha/yıl.**

• Ekosistemdeki organizmalar arasında trofik ilişkiler her zaman basit zincir şeklinde bulunmaz ve karmaşık bir **besin ağı** oluşturur.

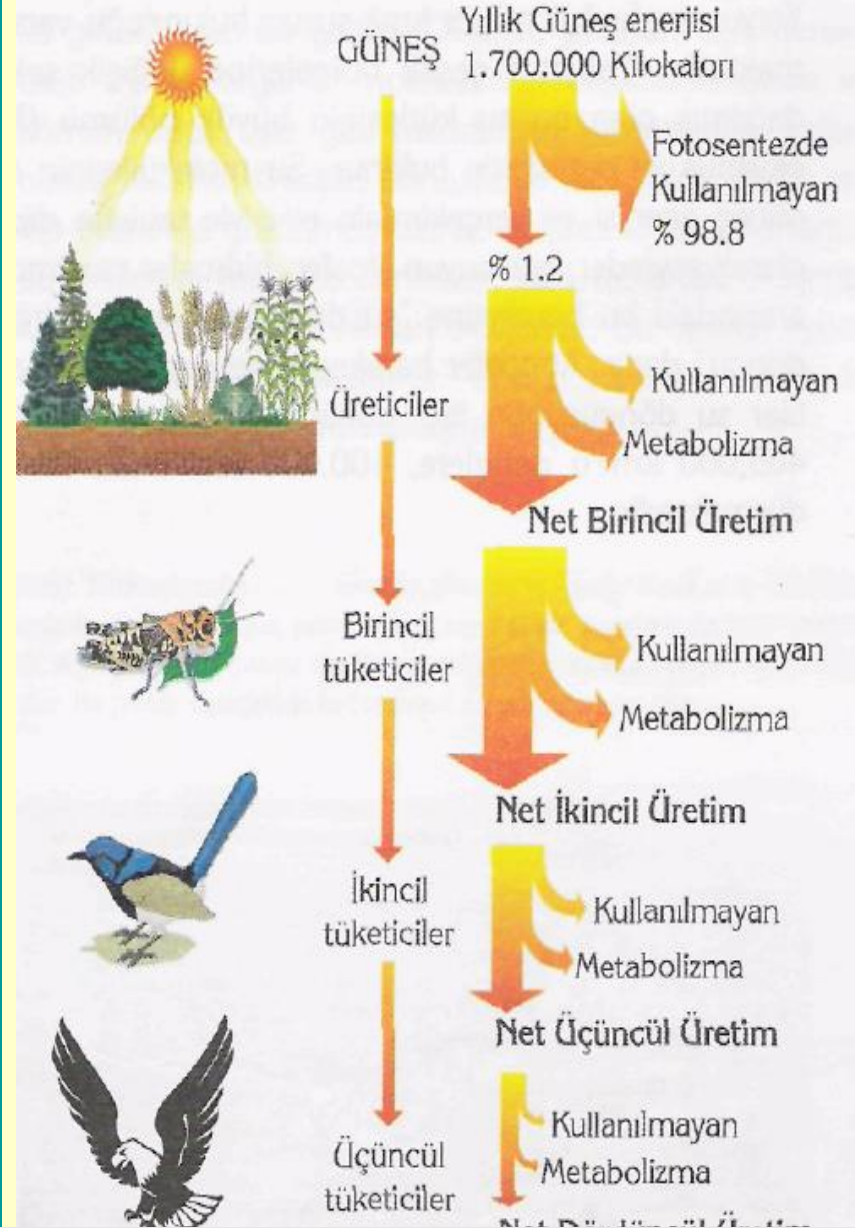
• Örneğin, domuz gibi birçok canlı hem herbivor hem de karnivor olabilir.

• Enerjinin sistem içindeki akışını ve beslenme ilişkilerini tanımlayabilmek için her bir organizma için besin ağı belirlenir.



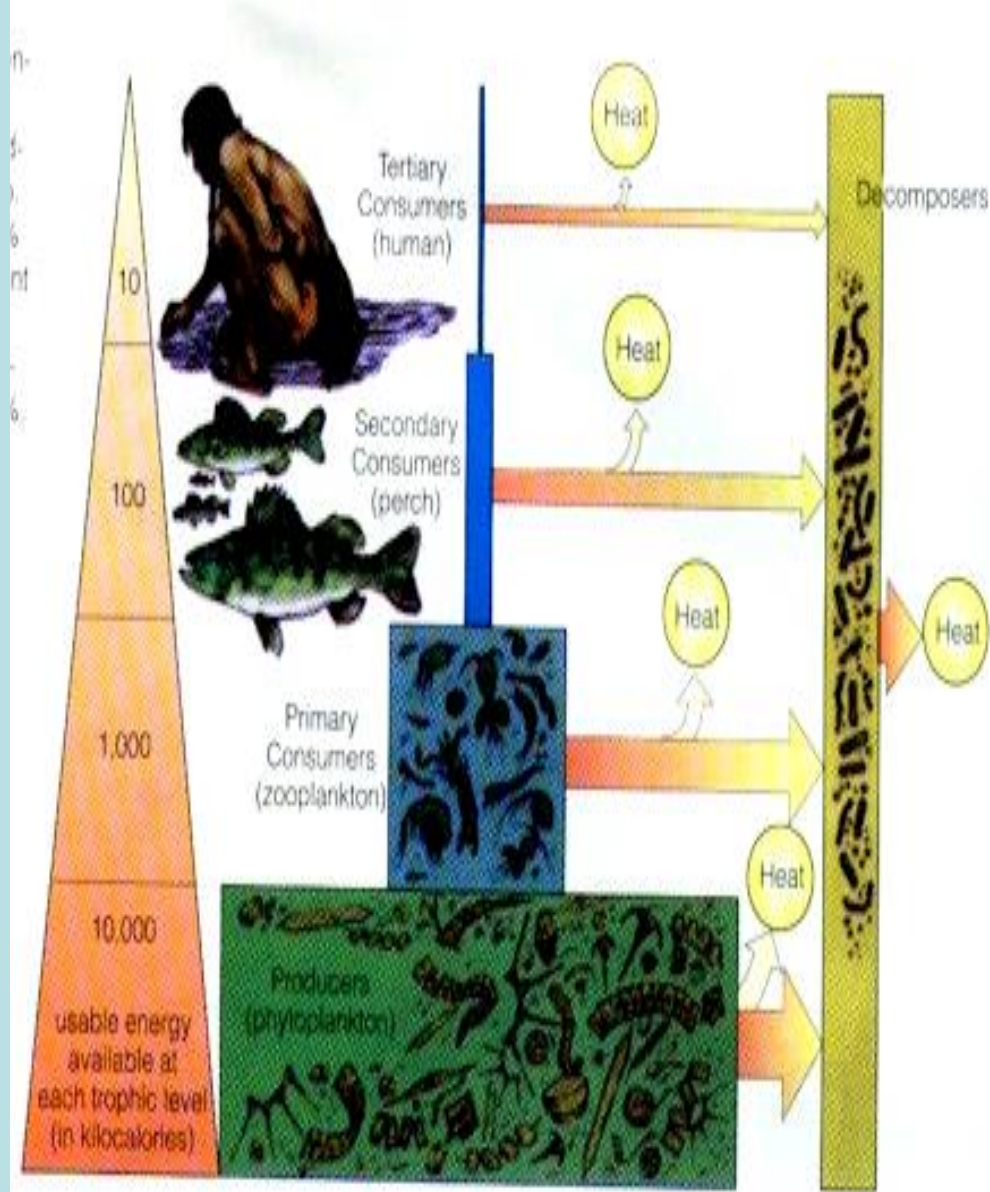
Enerji akımı;

1. Enerji bir beslenme seviyesinden diğerine geçer ve **her seviyede şekil değiştirir**
2. Enerji transferinde bir seviyeden diğerine geçerken enerjinin **%10 kullanılır, %90'ı kaybolur**
3. Enerji kaybı solunum ile ve ısı kaybı şeklinde gerçekleşir.
4. Enerji akımı tek yönlüdür



EKOLOJİK PİRAMİTLER

- Her ekosistemde temel üreticiler, birinci, ikinci, üçüncü ve en üst kademedeki tüketicilerden oluşan enerjinin sırayla aktarıldığı bir yapı vardır.
- İşte ekosistemdeki organizmalar arasındaki **biyokütle** ve **enerji ilişkilerinin** çizilerek şekilsel olarak gösterilmesi sonucu **ekolojik piramitler** oluşturulur.



- Örneğin enerji akımı piramitlerinde, herbir basamakta enerji kaybı olması nedeni ile piramit boyu yukarı doğru gidildikçe küçülür ve piramit şekli ortaya çıkar.

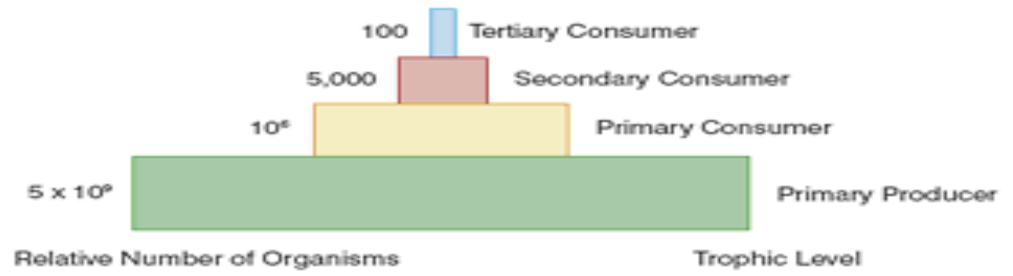


Fig.4 Pyramid of numbers



Ekolojik piramitler

- a. Sayısal piramit,
- b. Biyokütlesel piramit
- c. Enerji ve verimlilik piramidi
 - olmak üzere üç çeşittir.

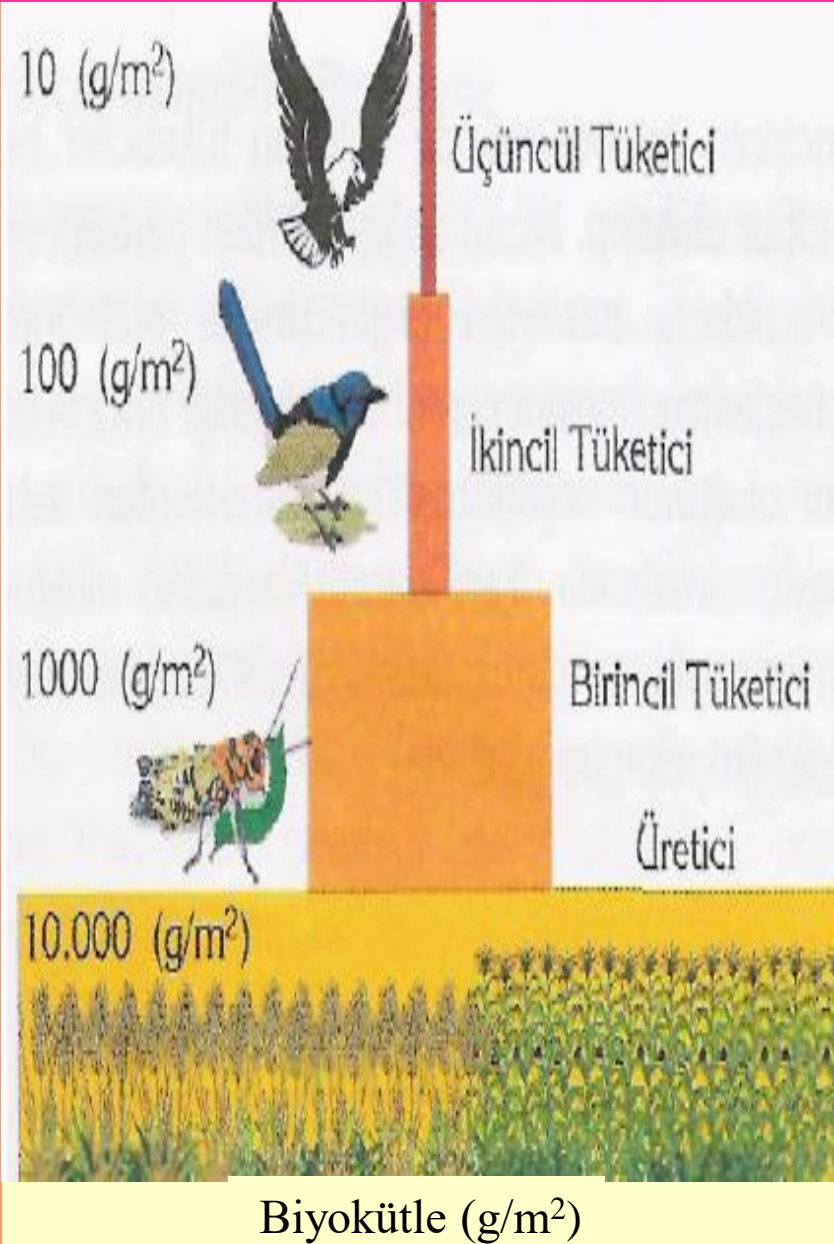
Pyramid of Biomass

Biomass (g/m²) Trophic level

10		Tertiary consumers (herons)
100		Secondary consumers (frogs)
1000		Primary consumers (crickets)
10,000		Producers (grass)

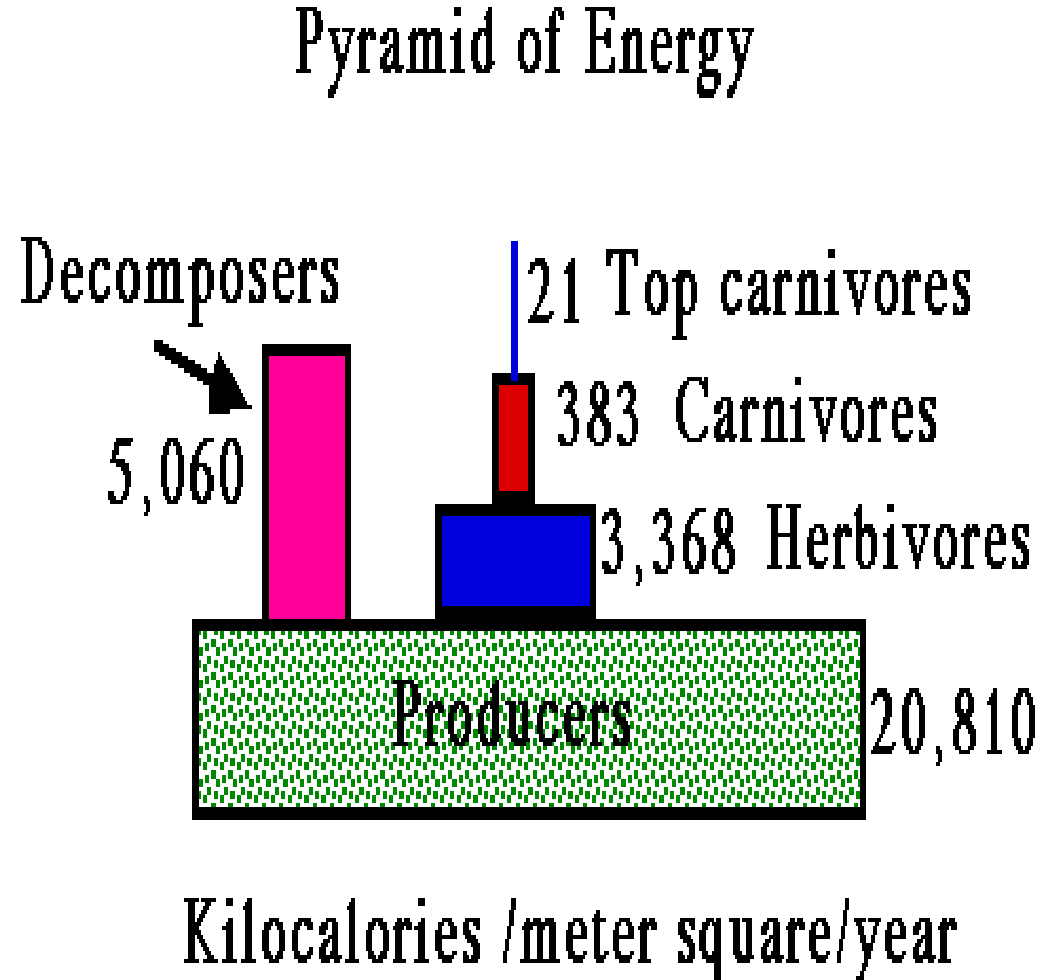
Biyokütle Piramidi

- Beslenme düzeylerinde bulunan bireylerin biyokütle durumlarına göre çizilen piramitlerdir.
- Beslenme düzeylerinde bulunan bireylerin sayısal durumlarına göre çizilen piramitlerde, piramit ters çıkabilir.
- Ancak kütlelerin esas alınması halinde bu ters piramit durumu ortadan kalkmaktadır.
- Örneğin temel üretici olan bir ağacın biyokütlesi çok fazladır. Fakat bu ağaç üzerinde yaşayan kuşlar sayı olarak oldukça fazladır, ancak ağırlık olarak ağaçtan daha hafiftir.
- Diğer taraftan kuşlarda yaşayan parazitlerin sayısı oldukça fazla, fakat biyokütleleri kuşa göre çok düşüktür.
- Bu durumda biyokütle piramidi her zaman düzgün şekillidir.

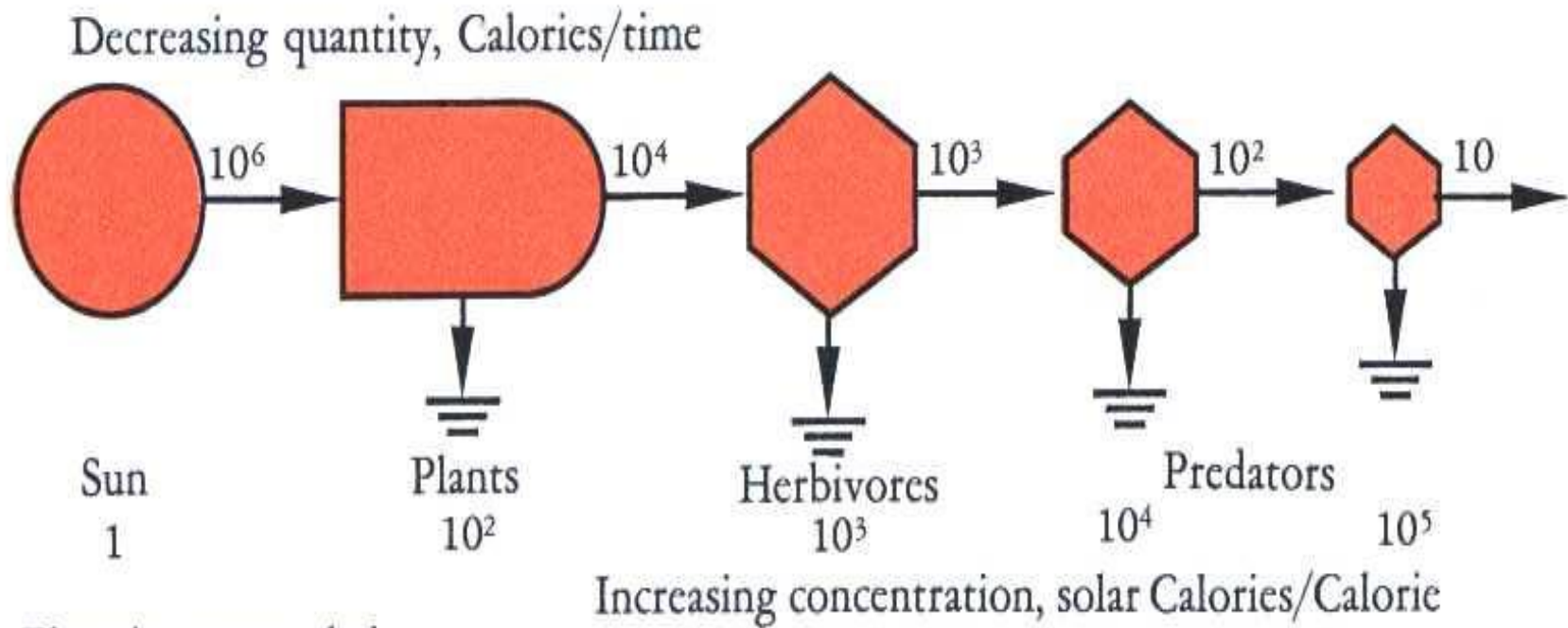


Enerji Piramidi

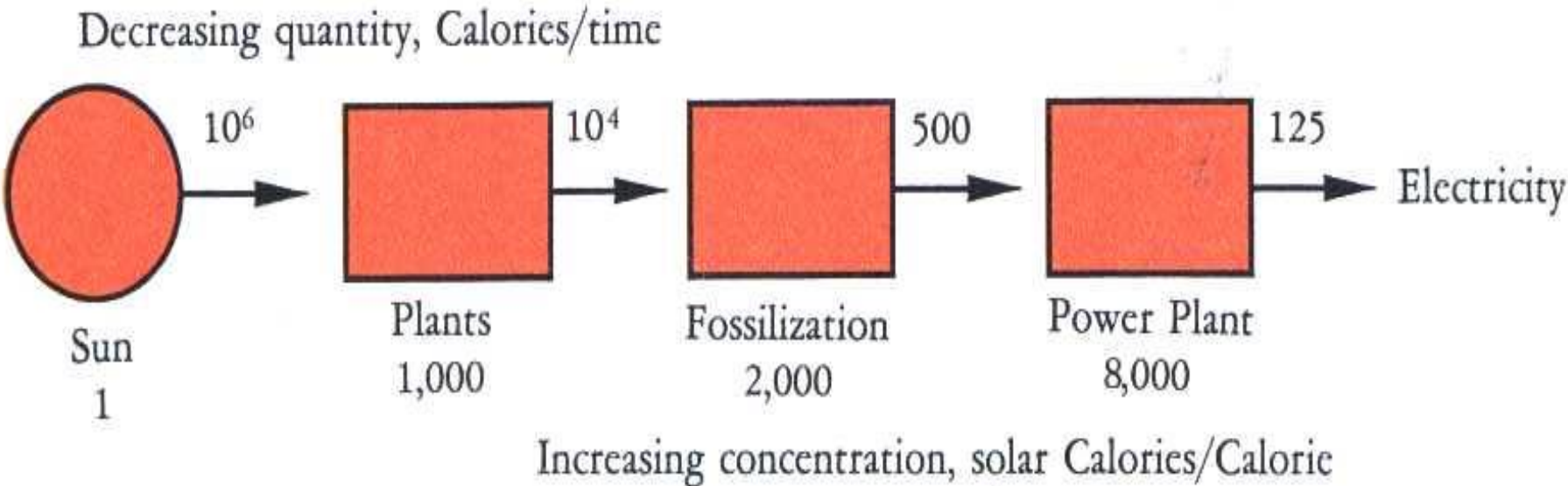
- Belli zaman aralığında, birim alanda, ekosistem içindeki farklı trofik kademelerdeki organizmalarca kullanılan total enerji miktarı belirlenip çizilmesiyle enerji piramidi oluşturulur.
- Bitkilerin yakaladığı enerji farklı trofik seviyelerdeki organizmalar arasında değiştirilerek ve her seviyede azalarak yer değiştirir.
- Bu değişim çizildiğinde enerji pramidinin her basamağı küçülerek çizileceğinden, enerji pramidi her zaman düzgün çıkar.



(A) Foodchain



(B) Electric energy chain



KAYNAKLAR

- Brewer, R., **The science of Ecology**, Saunder College Publishing
- Chapman, J.L., Reis, M.J. **Ecolgy Preiciples and Aplications**, Chambridge Universty Pres
- Çepel, N., **Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü**, TEMA.
- Çepel, N., **Genel Ekoloji**, İ.Ü. Yay.
- Kocataş, A., **Ekoloji Çevre Biyolojisi**, E.Ü.Su Ürünleri Fak Yay.
- Öztürk, Münir, **Ekoloji**, (yayınlanmamış ders notları), Ege Üniv., Fen Fak.
- Smith R.L., **Elements of Ecology**, Harper Collins Publisher
- Şişli, N., **Çevre Bilim Ekoloji**, H.Ü. Fen Fakültesi.
- Yücel, E., "**Canlılar ve Çevre**", Biyoloji, Anadolu Ü.Yay.
- Yücel, E. 2010. "**Ekoloji Laboratuvarı 1 (Arazi ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu)**" Alf Dijital Baskı, 140 Sayfa, ISBN 978-975-93746-6-2, Eskişehir.
- Yücel E. 2009. "**Ekoloji**" İn:Genel Biyoloji, 218-236 s., A.Ü. Yayınları, ISBN 978-975-06-0652-6, Eskişehir.
- Yücel E. 2009. "**Populasyon ve Yapısal Özellikleri**", İn:Ekoloji, 40-57 s., A.Ü. Yayınları, Eskişehir.
- Yücel, E. 1999. "**Canlılar ve Çevre**". In (Ed.) Özata, A., "**Biyoloji**", Anadolu Üniversitesi Yayınları No. 1083, Eskişehir: 823-109.
- Yücel, E. 2004. "**Ekolojinin İlkeleri ve Biyosfer (Bölüm 23)**". Yeri: Bitki Biyolojisi. 2004. Çeviri Editörü: K. ISIK. Palme Yayınevi, Ankara, ss: 376-397. (Çevirisi yapılan orijinal kitap: L.E. GRAHAM, J.M. GRAHAM, L. W. WILCOX. 2003. Plant Biology, Prentice Hall, New Jersey, 497 pp), (Çeviri), ISBN 977-975-8624-90-5.
- Yücel, E. 2004. "**Kutup Çölleri, Kutup ve Tayga (Bölüm 24)**". Yeri: Bitki Biyolojisi. 2004. Çeviri Editörü: K. ISIK. Palme Yayınevi, Ankara, ss: 398-411. (Çevirisi yapılan orijinal kitap: L.E. GRAHAM, J.M. GRAHAM, L. W. WILCOX. 2003. Plant Biology, Prentice Hall, New Jersey, 497 pp, (Çeviri), ISBN 977-975-8624-90-5.
- Yücel, E. 2012. «**Genel Ekoloji (Ders Notları)**, Cetemenler, , Eskişehir.

ÖNEMLİ UYARI

Bu ders materyalinin hazırlanmasında GENEL EKOLOJİ ders notları adlı kitabım esas alınmış olmakla birlikte, çok sayıda kitap, makale ve diğer yazılı kaynaklar ile internet ortamında yer alan resim, şekil vd. materyallerden faydalanılmıştır. Bu ders materyalini yazılı basımda veya internet ortamı gibi başka dijital ortamlarda yayınlamayınız. Çünkü resim grafik vb. kaynakların bazıları telif ücreti gerektirebilir.

Bu bölüm ile anlaşılamayan veya sormak istediğiniz konuları portal üzerinden veya eyucel@eskisehir.edu.tr e-mail adresinden sorabilirsiniz.

Öğrenciler için hazırlanan bu ders materyali ücretsizdir, para ile satılamaz.

Prof.Dr. Ersin YÜCEL
Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü
www.biodicon.com
www.ersinyucel.com.tr