

EKOLOJİK ENERJİNİN BAZI TEMEL KAVRAMLARI

Mine KİŞLALIOĞLU - Fikret BERKES

Enerji, en basit deyişle "iş yapabilme gücü"dür. Tüm organizmalar dışarıdan enerji alarak yaşamlarını sürdürür. Doğanın enerji kaynağı Güneş'tir. Ekosistem adı verilen (belli bir alanda yaşayan ve birbirleriyle sürekli etkileşim içinde olan canlılarla, cansız çevrenin oluşturduğu) bütünün tüm işlevleri, güneş enerjisi kullanımı ile gerçekleşir. Bu nedenle, ekolojik enerji yaklaşımının temel görüşünde Yerküre, genellikle dışılleri güneş enerjisi ile dönen büyük bir makinaya benzetilir.

Güneş'ten gelen enerji, sürekli olarak Yeryüzü'ndeki çeşitli canlılar arasında aktarılır, türlü değişimlere uğrar. Bu işlemler sonucunda ısı enerjisi olarak yeryüzünden önce atmosfere sonra uzaya yayılır. Güneş enerjisini ilk kullanan canlılar yeşil bitkilerdir. Yeşil bitkiler, güneş enerjisini fotosentez yoluyla toplarlar, biyokimyasal enerji olarak yapılarında biriktirirler. Bitki dokularında biriken bu enerji, besin zinciri yoluyla diğer canlılara aktarılır. Enerjinin, besin zinciri boyunca canlılar arasında aktarılmasına, ekosistemde enerji akımı adı verilir.

Her türlü canlı için enerji kaynağı, besin olarak kullanılan maddedeki biyokimyasal enerjidir. Tüm canlılık işlevleri (solunum, büyümek, üremek vb.), enerji kullanımı gerektirir ve çeşitli enerji dönüşümlerini içerir. Enerjinin en son dönüştüğü şekil ısı enerjisidir. Yani kullanılan enerji kaybolmaz, **Birinci Termodinamik Kanunu** (Enerji Sakımı Kanunu) gereğince, ancak bir şekildedir öbürüne dönüşür (Şekil 1). Bu de-

Bu yazı dizisinde ekolojik enerji kavramı, ekosistemlerdeki (yani ekolojik sistemlerdeki) tüm enerji ilişkilerini kapsayacak şekilde ele alınmıştır. Bu kavram, organizmalar arasındaki tüm besin alışverişlerini; aynı zamanda insan toplumlarıyla çevreleri arasındaki enerji ilişkilerini de içermektedir.

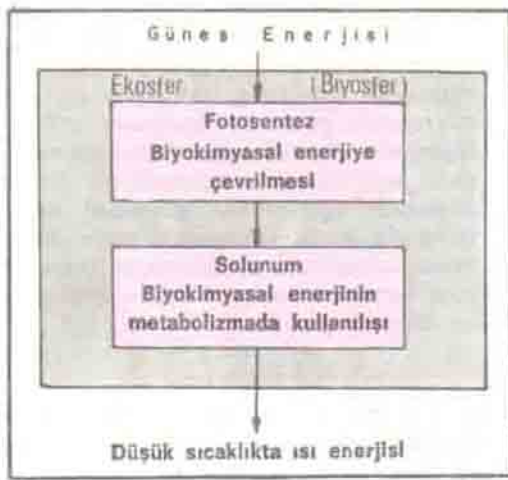
Bundan önceki yazıda ekolojik enerji yaklaşımının geçtiği çeşitli aşamaları özetlemiş, 1940-1960 yılları arasında geliştirilen kuramsal yaklaşımların, giderek insan toplumlarına nasıl uygulandığını açıklamıştık. Bu konuların ayrıntılarına girmeden ve günümüz enerji yaklaşımını tarım ve besin sorunlarına uygulamadan önce, bazı temel kavramların üstünde kısaca durmak gerekir.

Değişimlerde enerjinin niteliği de değişir. İkinci Termodinamik Kanununa göre, her değişimde enerji daha düzenli ve yoğun bir biçimden daha dağınık ve daha az yoğun bir şekle dönüşmektedir. İkinci Termodinamik kanununun enerji açısından önemi şudur: Her enerji dönüşümünde mevcut enerjinin bir kısmı iş yapamayacak (canlılık işlevleri için kullanılamayacak) kadar dağınık ve düzensiz bir şekle girer. Bu nedenle besin zinciri boyunca yinelenen enerji aktarımları sırasında, enerjinin "kullanılabilir" kısmı giderek azalır (Şekil 2). Ekologlar bu kaybın, her aktarımda yaklaşık % 90 olduğunu saptamışlardır.

Yeryüzü ekosisteminin işlerliğini sağlayan yakıt durumunda olan güneş enerjisi, ancak biyokimyasal enerjiye çevrildikten sonra diğer canlılar tarafından kullanılabilir. Bitkiler, güneş enerjisini tüm canlılar tarafından kullanılabilir bir şekle dönüştürdüklerinden, ekosistemin temel enerji üretkenleri anlamına, temel üreticiler diye adlandırılır. Bu nedenle, temel üreticilere de ekosistemdeki enerji çalışmalarında özel bir yer verilir.

Temel üretim ile fotosentez (özümleme) aynı şey değildir. Temel üretim miktarı, güneş enerjisinin fotosentez yoluyla biyokimyasal enerjiye dönüştürülmesi sonucu ortaya çıkan organik maddelerin miktarıdır. Fotosentez ileminde temel ürün, karbondioksiti sudan ayıran hidrojenle indirgenmesi sonucu elde edilen glikoz gibi basit şekerlerdir. Bu şekerlerin bir araya konulmasıyla, ya da onlara değişik atom ve kimyasal grupların eklenmesiyle, bitki bünyesini oluşturan ve yaşaması için gerekli olan tüm organik moleküller sentezlenir.

Temel üretimi belirlemenin bir yolu, bitkileri, dolayısıyla üretilen organik maddeleri toplayıp tartarak biyolojik ağırlık olarak göstermektir. Tarımcılar yıllardan beri ürünlerinin miktarını "bu yıllık üretim şu kadar ton buğday, şu



kadar ton tütün" diye belirlerken **biyolojik ağırlık** (biomass) kavramını kullanırlar. Ancak çiftçiler ürünlerini ölçerken sap, yaprak, kök gibi kısımların ağırlığını hesaba katmazlar. Ekoloğlar ise, bitkilerin biyolojik ağırlıklarını bulmak için kök, tohum, sap, meyve gibi tüm kısımlarını kullanırlar. Biyolojik ağırlık, temel üretimden başka, ekosistemin diğer canlı öğelerinin üretimini belirlemek için de kullanılır. Biyolojik ağırlık kuru ve yaş ağırlık olarak gösterilebilirse de ekolojik çalışmalarda genellikle "kuru biyolojik ağırlık" yeğlenir. Bunun nedeni değişik bitki kısımlarındaki su miktarının değişik olmasıdır. Ekolojik enerji çalışmalarında biyolojik ağırlık genellikle enerjiye çevrilir. Bir organik maddenin kalori olarak enerji karşılığı bulmak oldukça kolay bir işlemdir. Kalorifik değeri yani

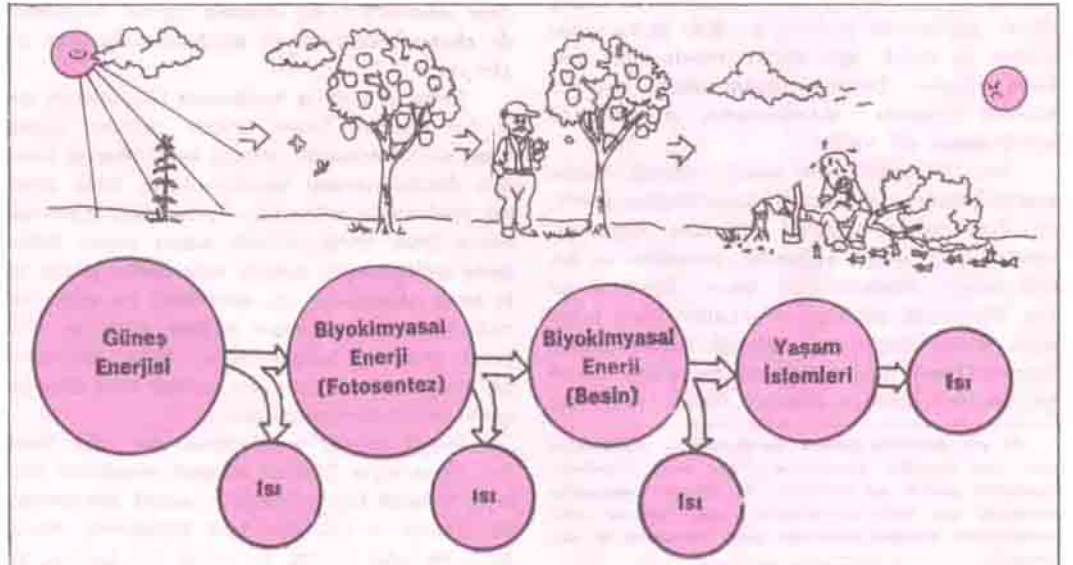
kalori olarak karşılığı, bu organik maddenin kalori ölçen özel bir fırında tamamıyla yakılmasıyla ortaya çıkan ısının değeri ile ölçülür. Örneğin tarım ekosistemlerinin enerji üretimi incelenirken enerji birimi olarak kilokalori (Kcal) kullanılır.

Ekolojide toplam fotosentetik üretime **brüt temel üretim** denir. **Net temel üretim** ise, bitkinin solunum yoluyla kendi metabolik işlemleri için kullandığı enerjinin organik madde olarak karşıtı düşüldükten sonra kalan değerdir.

Net temel üretim = Brüt temel üretim - Solunum

Bir ekosistemdeki bitkilerden, başka yollarla organik madde kaybı olmuyorsa, bu bitkilerin tüm kısımlarının toplanıp ölçülmesiyle, sistemin net temel üretimi için bir değer bulunmuş olur. Ancak doğal ekosistemlerde, otobur hayvanların bitkilerle beslenmediği durumlar hemen hemen yok gibidir. Bir sistemdeki bitkiler toplanıp ölçüldüğü zaman, ancak gözle görünür, ortada kalan kısımları ölçülmüş olur. Bu kısım, bitkinin kendi metabolik harcamalarının dışında biriken organik madde ve bitkiyle beslenen otobur hayvanların yemlerinden arta kalan kısımdan oluşur. Ölçüm anına kadar bitkinin ne kadarının değişik otobur hayvanlar tarafından yenildiği çoğunlukla bilinmez. Bir yerdeki bitkilerin toplanarak biyolojik ağırlık olarak gösterildiği durumlarda, elde edilen değer fotosentetik üretimin tümü değil de metabolik harcamalar ve beslenmelerden arta kalan üretim olduğunu göz önünde tutmak gerekir.

Ekolojik enerjinin diğer bir temel kavramı



ÇEVREMİZDEKİ CIVA VE İNSANA ETKİLERİ

Prof. Dr. İlhan AKALAN

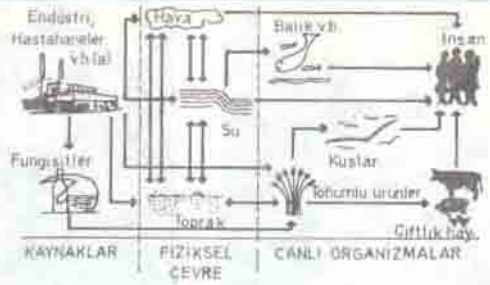
Cıva (Hg) fiziksel çevremizi oluşturan toprak, su ve havada çeşitli bileşikler halinde, değişik miktarlarda bulunan ve insanlar tarafından alındığında olumsuz bazı etkileri olan bir elementtir.

Atmosferdeki cıva miktarı genellikle 0.01 ug/m^3 'ün altındadır. Trafikğin yoğun olduğu büyük kentlerde ölçülen cıva $1-14 \text{ ug/m}^3$ arasında değişmektedir. Klor alkali fabrikaları çevrelerindeki atmosferde en çok 100 ug/m^3 , cıva madeni işletmelerinde 20 mg/m^3 düzeyinde cıva ölçülebilmektedir.

Temiz bir yüzey suyundaki cıva miktarı, kural olarak 0.1 ug/l 'den azdır.

Besin maddelerinde değişik miktarlarda cıva bulunabilmektedir. Balık dışındaki besinlerin bir bölümünde ölçülen cıva 0.05 mg/kg 'ın altındadır. Bu cıvanın bir bölümünü değişen miktarlardaki metil cıva oluşturmaktadır. Temiz sularda yaşayan balıklarda 0.2 mg/kg 'dan az cıva ölçülmesine karşın, bu miktar cıva ile kirlenmiş sularda yaşayan balıklarda 20 mg/kg 'a kadar yükselmektedir.

Metallik cıva, inorganik cıva bileşikleri, kısa zincirli alkil cıva bileşikleri (metil ve etil cıva) fenil cıva ve metoksietil cıva bileşikleri çeşitli özelliklere sahip olup, bunların metabolizmaları ve zehirlilik dereceleri de önemli ölçüde farklılıklar gösterir. Metallik cıvanın sindirim yokundaki emilme olanağı zayıf olmasına karşın, buhar şeklinde solundu-



Cıvanın fiziksel çevre ve canlı varlıklar arasındaki akış şeması.

ğında akciğer tarafından kolaylıkla tutulur.

İnorganik cıva tuzları sindirimden sonra dahi çok zayıf olarak absorbe edilebilirler. Fenil ve metoksietil cıva bileşikleri orta derecede emilirler.

Absorbe edilen metallik cıva beyin ve böbreklerde birikerek sinirler üzerinde zararlı olur. İnorganik cıva tuzları böbreklerde birikir, böbreklerin çalışmasını aksatır. Krea zincir yapılı alkil bileşikleri de sinir sisteminde birikmelere neden olarak sinirsel arızalara yol açarlar. Bunlar plasentayı geçerek ana rahmindeki çocuğun sinir sisteminde zarar yaparlar. Fenil ve metil oksetil cıva bileşikleri insan bünyesinde kolaylıkla ayrışarak cıva ya dönüşürler.

Ağızdan alınmak koşulu ile kısa zincirli alkil cıva bileşikleri, cıva bileşiklerinin en zehirli olanlarıdır. Günde 4 ug/kg vücut ağırlığı miktarındaki metil cıva, yetişkinlerin duyarlı organlarında önemli sinirsel hasara neden olur. Bu miktar metil cıva ya maruz kaldığında kan ve saçlardaki biriken miktar $10-50$ kat daha fazla olmaktadır. Eğer 10 günlük faktörü kullanılırsa, günde 0.4 ug/kg ya da 30 ug/70 kg vücut ağırlığının üzerinde kısa zincirli alkil cıva alınması çok tehlikelidir.

devir hızı kavramıdır. Bir ekosistemde herhangi bir anda var olan bitkisel organik madde miktarı; bitkilerin metabolik hızı, yaşam süresi, aşınmaya dayanıklılığı, hayvanlar tarafından yenilme hızı ve derecesi gibi çeşitli etkenlere bağlıdır. Canlıların kendi kendilerini yenileme süresi devir hızı olarak ölçülür.

Devir hızı kavramının pratik önemi ormancılık ve tarımda görülür. Örneğin büyük çam ağaçlarının oluşturduğu Toros ormanlarında canlı ağırlık yüksek, üretim ise nispeten düşüktür.

Dolayısıyla devir hızı da düşüktür. Torosların eteğinde, üzerinde devamlı hayvan otlayan bir ovada ise, dönüm başına ova bitkilerinin canlı ağırlığı ormandan düşük, üretim ve devir hızı ise kat kat fazladır. İki mısır tarlası düşünün. Bir yılda bir ürün, ötekil ise yılda iki ürün veriyor. İkinci tarlanın birincisinden fazla ürün verdiğini anlamak, yalnız canlı ağırlığı ölçerek ovası değildir. Ancak devir hızı bilindiği zaman, aynı canlı ağırlığı rağmen, ikinci tarlanın birinciden fazla üretim yaptığı anlaşılabilir. ■