

Özlem Kılıç Ekici

Dr., Bilişsel Programlar Başuzmanı,
TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Yeşil Elektrik Elektrik Üreten Bitkiler



Çok yakın bir gelecekte evlerimizin çatıları kiremit yerine yeşil bitkilerle kaplanacak. Bitkilerin köklerinden dışarıya uzanan elektrik kabloları biraz tuhaf görünebilir, ama evimizin çatısındaki bu çayırık alanın elektrik üretmek amacıyla tasarlanmış olduğunu hayal edebiliyor musunuz? Aslında hayal değil, gerçek. Günümüzde artık bitkilerden elektrik üretiliyor. Bilim insanları, klorofillerdeki fotosentez proteinlerini kullanarak güneş ışığını elektrik akımına dönüştürmeyi başardı. Uzmanlar şimdilerde bitkiler tarafından üretilen bu elektriğin günlük yaşamda pratik olarak kullanılabilmesi yönünde araştırmalarını sürdürüyor. Bu yeşil enerji, çok yakında hayatımızda yeni bir çığır açacağı benziyor. Kendi elektrik kaynağımızı kendimiz yetiştirirken, aynı zamanda sera gazlarının atmosfere yayılmasını da önlemiş olacağız. Bu ay, bitkilerin bu önemli biyolojik kabiliyetinin nasıl teknolojik faydaya dönüştürüldüğü konusunda bilgi sahibi olmaya ne dersiniz?

Elektriğimiz Bitkilerden: Fotosentezden Elektrik Akımına

İnsanoğlu yıllardır yakıt bulabilmek amacıyla toprağı kazıyor ve bulduğu yakıtı enerji elde edebilmek için kullanıyor. Toprakta yaşayan bitkilerin de elektrik jeneratörü potansiyeli olduğunu kim bilebilirdi ki? Belki de çok yakın bir gelecekte, evimizdeki birçok elektrikli alet bitkilerden elde edilen elektrik akımı ile çalışacak. Bitkiler, güneş ışığını büyüme için gerekli olan enerjiye kolayca dönüştürebilme özellikleri ile dünyanın en iyi elektrik üreten güneş gözeleri sıfatını almayı hak ediyor. İşte bitkilerin bu özelliğinden yararlanmak isteyen bazı bilim insanları ağaçlardan sağlanan elektrik gücü ile çalışan uzaktan algılama sistemleri ve çim, su kamışı gibi bitkilerin köklerinden açığa çıkan elektronları toplayarak elektrik akımı üretmeyi planlamış. Üretilen bitki kaynaklı elektrik enerjisinin güneş gözelerinden ve rüzgâr tribünlerinden bile daha yeşil olacağını savunuyorlar (Şekil 2).

Yeşil bitkiler, fotosentez yaparken ışık enerjisi yardımıyla karbondioksiti ve suyu birleştirerek oksijen elementi açığa

çıkartır ve aynı zamanda kendi organik besinlerini (karbonhidratlar) de yaparlar. Bu besinler bitkiler tarafından büyüme, enerji ve onarım amacıyla kullanılır.



Fotosentez sırasında fotonlar kloroplastlardaki özel moleküllere çarparak elektronların yayılmasını sağlar. Bu elektronlar bir molekülden diğerine sitokrom adı verilen özel proteinler sayesinde taşınır. Elektronlar taşınırken fotonlardan elde ettikleri enerjilerini kaybetmeye başlar. Bu enerji iki farklı kimyasal enerji formuna dönüştürülür (NADPH₂ ve ATP). Daha sonra elektron, su molekülünü parçalayarak oksijenin açığa çıkmasını ve atmosfere salınmasını sağlar. Geriye kalan işlem yani karbondioksitin organik maddeye (glikoza) dönüştürülmesi ise tamamen kimyasal bir işlemdir.



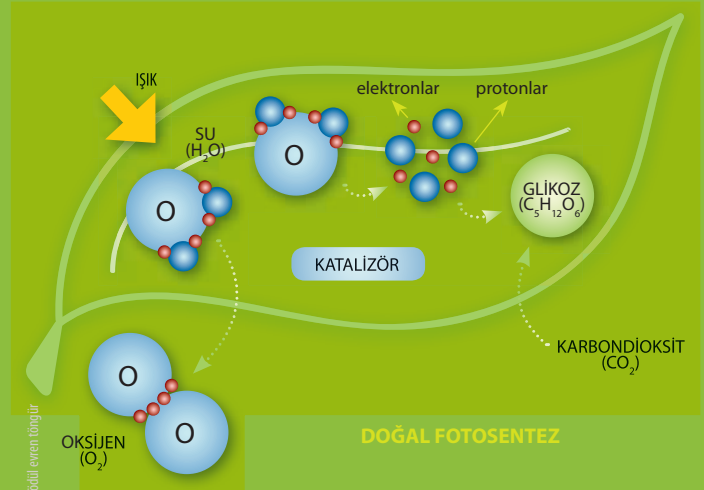


Doğal olarak gerçekleşen fotosentez işlemi sırasında güneş ışığı klorofillerdeki özel proteinler yardımıyla toplanır. Bundan sonraki süreçte bilim insanları araya girerek glikoz oluşması yerine elektrik akımı oluşmasına olanak veren sistemi yaratıyor. Fotosentezin gerçekleşmesinde önemli rol oynayan proteinlerin canlı kalabilmesi için su ve tuz molekülleri gerekli, ancak bu moleküller ortaya çıkan elektrik akımı için uygun değil. Çünkü elektronların akım üretebilmesi için kuru kalması gerekiyor. Uzmanlar bu duruma akıllıca bir çözüm bulmuş. Fotosentetik proteinlerin çevresini sararak onları ıslak ve çalışır durumda tu-

Yapay Fotosentez Mümkün mü?

Sürdürülebilir enerji kavramı her geçen gün daha da önem kazanmaya başladı. Birçok bilim insanı bitkilerin örnek alınması gerektiğinde hemfikir. Bitkilerin doğal fotosentez mekanizmasının temiz ve yeşil elektrik üretimine uyarlanması için yapılan bir hayli çalışma var. Bu iş sanıldığı kadar da kolay değil aslında. Çünkü normalde bitkiler yer yüzüne ulaşan güneş enerjisinin sadece % 3'ünü kullanarak bu enerjiyi kendileri için gerekli olan karbonhidratlara dönüştürebiliyor. Eğer güneş ışınları çok kuvvetli ise bitki kendini korumak amacıyla sistemin çalışmasını yaklaşık yarım saat içinde durduruyor. Fotosentezin gerçekleşmesine yardımcı olan doğal katalizörler çok çabuk bozulabiliyor ve bu nedenle sürekli yenilenmeleri gerekiyor. Üretilen karbonhidratlar ise tercih edilen bir yakıt çeşidi değil. Daha saf, daha temiz ve enerji yoğunluğu daha yüksek bir yakıtı ihtiyaç var. Hidrojen bu amaca uygun bir seçim. Çok fazla enerji depolayabiliyor. Tasarlanacak olan yapay fotosentez sisteminin doğal fotosentezden daha etkili, güçlü olması ve tabii ki bunun yanı sıra maliyetinin de düşük olması gerekiyor. Gerçekçi bir yapay fotosentez sistemini kullanmaya ne kadar yakınınız peki?

Yapay fotosentez ile istenilen enerji dönüşümünün gerçekleştirilmesi için şu iki şeyin mutlaka olması gerekiyor: Yaprığın görevini üstlenecek bir çeşit nanotüp içinde güneş ışığını toplamak ve su moleküllerini ayrıştırmak. Doğal fotosentezde ortaya çıkan en son ürün oksijen. Yapay fotosentezde ise bu son ürünün değişmesi gerekiyor. Sürecin sonunda sıvı hidrojen oluşmalı ki ya doğrudan yakıt olarak kullanılabilirsin ya da yakıt hücresine aktararak istenilen enerji dönüşümü gerçekleştirilebilirsin. Kurgulanan yapay fotosentez sistemlerinde, güneş ışığını yakalamak için bilinen fotovoltaik güneş gözelerine benzeyen bir alıcı anten sistemi oluşturmak gerekiyor. Yarıiletken metal oksit antenlerde, eksi yüklü elektronları toplamak amacıyla, artı yüklü de-



likler var. Su molekülleri parçalandığında elektronlar anten tarafından toplanıyor, moleküler oksijen ve serbest protonlar oluşuyor. Antenin öteki ucunda toplanan elektronlardan ikisi protonlarla birleşerek moleküler hidrojen oluşturuyor. Katalizörler bu süreç için gereken enerjiyi azaltarak işlemi kolaylaştırıyor.

Yapay fotosentez sistemini asıl zorlayan unsur hidrojen açığa çıkacak kimyasal tepkime için gereken elektronları elde edebilmek, yani su moleküllerini parçalayabilmek. Su moleküllerinin parçalanması için yaklaşık 2,5 voltluk enerji gerekiyor. Bu da sistemin etkili çalışması için güneş ışığının fotonları ile kimyasal tepkime başlatabilecek bir katalizör gerektiğini gösteriyor. Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı katalizörler denenmiş. Bitkilerdeki doğal fotosentezde katalizör olarak önemli rol oynayan manganez elementinin tek bir atomu doğal süreci tetikleyerek su molekülünün parçalanmasını sağlıyor. Bazı yapay fotosentez sistemlerinde de doğayı yansıtan biyomimetik yaklaşım-

tan, minik peptit molekülleri yaratmışlar. Bu durumda açığa çıkan elektronlar olması gerektiği gibi kuru kalıyor. Bitkinin fotosentetik proteinlerini koruyan peptit moleküllerinin üzerine bir cam parçası ve iletken bir malzeme, altına ise bir yarı iletken ve elektrot yerleştiriliyor. Bu sandviç şeklindeki sistemin üzerine lazer ışığı gönderildiğinde, fotosentetik proteinler lazer fotonlarının serbest bıraktığı elektronları topluyor. Bu işlem sonucunda bitkinin yaprağında doğal olarak oluşması beklenen karbonhidrat yerine, yarı iletkenden geçen elektronların elektrotlara ulaşmasıyla elektrik akımı oluşuyor. Oluşan bu elektrik akımı şimdilik o

kadar da kuvvetli değil, ama fotosentetik proteinler ve peptit moleküllerinden oluşan sandviç sistemindeki katman sayısı artırıldıkça bu proteinlerin daha fazla güneş ışığı toplayacağı ve böylece daha kuvvetli akımlar oluşturulabileceğinden bahsediliyor. Bu sistem, laboratuvar ortamında yeşil bitkilerden elde edilen klorofilli su kullanılarak çalıştırılıyor.

Geçtiğimiz yıl Türkiye’de bir grup ortaokul öğrencisi de bitkilerdeki fotosentez olayını taklit ederek elektrik üreten bir güneş paneli geliştirdi. Mehmet Ozan Özceviz ve Halit Çetin isimli öğrenciler bu projeleri ile TÜBİTAK Ortaöğretim Öğrencileri Arası Araştır-

ma Projeleri Yarışması’nda fizik dalında Türkiye 2. oldu. Klorofil içeren herhangi bir bitkinin alkolle çalkalanmasıyla elde edilen klorofilli sudan alınan kloroplastları bakır ve çinko elektrotlarını kullanarak, ışığın yardımıyla elektronların hareket etmesi sonucu elektrik akımı üreten öğrenciler, oluşturdukları güneş paneli ile 12 voltluk güç sağlayabiliyor. Panelin büyüklüğünün artmasıyla üretilen elektriğin gücünün de artacağı belirtiliyor.

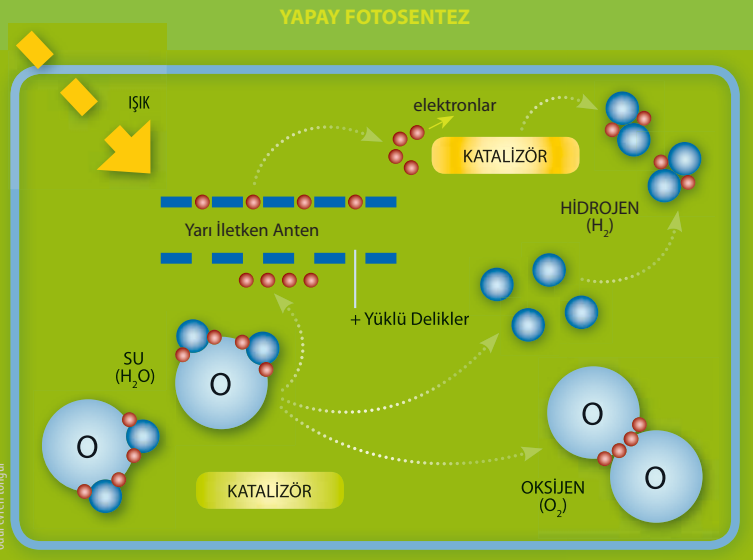
Bitki kaynaklı yakıt hücreleri dizüstü bilgisayarlara, cep telefonlarına ve başka elektrikli aletlere yerleştirilebilirse normalde kullanılan pillerin ömrünün uzaması sağlanabilir.

la manganez elementi kullanılıyor ancak bu sistem uzun ömürlü değil, kolayca bozulabiliyor. Kararlı bir metal olan titanyum dioksit de (TiO_2) etkili bir katalizör. Boya ile duyarlı hale getirilen TiO_2 güneş gözesi (*Graetzel cell*) 1990 yılından beri kullanılan bir katalizör. Son zamanlarda keşfedilen ve yapay fotosentez sistemini tetikleyen yeni bir katalizör de kobalt oksit (CoO). Özellikle endüstride aktif olarak kullanılıyor. Platin çok iyi çalışıyor, fakat maliyeti hayli yüksek. Nikel ve molibden sülfid de sıkça kullanılan katalizörlerden.

Ancak kullanılan tüm bu katalizörlerde gerçekleşen fotosentezin hızı bu süreci sınırlayan bir problem. Doğal fotosentezde bir saniye içinde bitkinin fizyolojik yapısına bağlı olarak 100-400 devir gerçekleşiyor, yani saniyede 100-300 su molekülü parçalanarak oksijen ve hidrojen açığa çıkıyor. Verim alınabilmesi için yapay fotosentezin hızının doğal fotosentezin hızına yaklaşması gerekiyor. İsveç’teki Kraliyet Teknoloji Enstitüsü Kimya Bölümü’nden bir grup araştırmacı geçtiğimiz günlerde saniyede 300 devir yapabilen bir yapay fotosentez sistemi geliştirdiklerini açıkladı (<http://www.nature.com/nchem/journal/v4/n5/full/nchem.1301.html>). Bu sistemde katalizör olarak moleküler rutenyum kullanıldı. Ulaşılan bu hızda gerçekleşen yapay fotosentezle, verimli elektrik enerjisi üretilebileceği söyleniyor. Özellikle güneş ışığının bolca bulunduğu yerlerde, geniş alanlara inşa edilecek tesislerde bu sistemin rahatlıkla kullanılabilirliği ve elektriğin çok ucuza üretilebileceği belirtiliyor.

Geçtiğimiz yıl Sun Catalytix firması suda çalışarak yapay fotosentez gerçekleştiren, kablosuz “yapay yaprak”

cihazını tanıttı. Bu sistemde nikel, molibden ve çinko karışımından oluşan katalizör hidrojeni açığa çıkarmak için, kobalt borat katalizörü ise oksijen için kullanılmış. Anten için kullanılan üç katmanlı silikon pahalya mal olmuş. Elde edilen hidrojenin maliyetinin ise kilogram başına 6-7 ABD doları olduğu belirtiliyor. Günümüzde metan gazından elde edilen hidrojenin maliyeti ise kilogram başına 2,5 ABD doları. Cihazın verimi henüz % 2,5, yani bir evin sadece bir günlük elektrik ihtiyacını ancak karşılayabiliyor. Yapay fotosentez çalışmaları hızla devam ediyor. Birçok kişi sistemin gerçek anlamda etkili bir şekilde kullanılması için daha en az 10 yıl geçmesi gerektiğini düşünüyor.



Ağaçların Ürettiği Elektrik Gücü

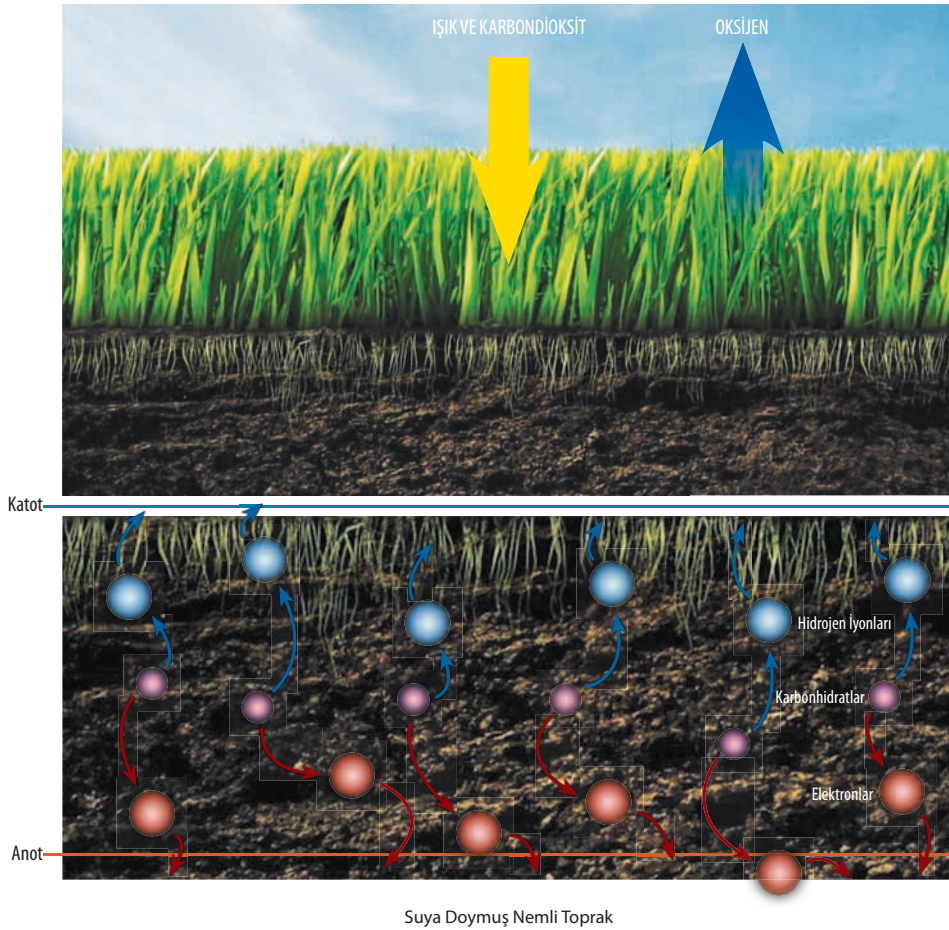
İlk yapılan çalışmalarda bitkilerden elde edilen elektrik gücünün küçük ölçekli olduğu dikkat çekiyor. Amerikalı mucit Gordon Wadle 2006 yılında bir ağacın gövdesine çaktığı alüminyum çividen toprağa saptığı bakır bir elektrotla doğru elektrik akımı üretmeyi başarır ve bu fikrin patentini alır. Birçok fizikçi bu olaya kuşkuyla bakmaya başlar. Ne de olsa elektrik akımı iki farklı metalin bir iletken ile bağlanması neticesinde bir metalden diğerine elektronların taşınmasıyla oluşacaktır. MIT’de fizik profesörü olan Andreas Mershin, MagCap mühendislik firmasının teşvikiyle bilirkişi olarak bitkilerden elektrik elde edilmesi olayını incelemeye karar verir. Saksıda yetişen küçük bir incir fidesi ile denemelerine başlayan bu araştırmacı, aynı metalden yapılmış elektrotları kullandığında ve bitkiyi etrafındaki tüm elektromanyetik etkileşimlerden koruduğunda bile devrenin akım oluşturduğunu görür. Bu durumdan hidrojen iyonlarının sorumlu olduğu anlaşılır. Sonuçlardan tatmin olan MagCap firması, bu fikri ticari bir uygulamaya dönüştürmek için Voltree Power adlı bir şirket kurar. Bu şirket 2009 yılında Amerika Ormancılık Servisi ve Arazi İşletme Şubesi için, tüm elektrik gücünü ağaçlardan sağlayan bir orman yangını izleme şebekesi kurarak işler duruma getirir. Fakat üçüncü yılda ağaçların sisteme yetecek kadar elektrik üretmekte yetersiz kaldığı ve fazladan panellerle desteklenmesi gerektiği anlaşılır. Ağaçların ürettiği elektrikle çalışan panellerin yanısıra güneş enerjisiyle çalışan paneller de sisteme ilave edilir. Şu anda hâlâ bu sistem kullanılıyor. Ama hikâye burada bitmiyor. ABD’deki uzmanlar ağaçların gövdelerine çivi çakmakla meşgulken Hollanda’da bir grup araştırmacı bitkilerin köklerinin etrafında yaşayan birtakım mikroorganizmaların özel bir yakıt hücresi içinde elektrik üretme kapasitesi olup olmadığını araştırmaya başlar.



Bitki Kökleri Çözüm Olabilir mi?

Klasik yakıt hücreleri, örneğin hidrojen, yakıtını oksijen ile birleştirerek su ve elektrik üretir. Bu tür sistemler elektronları yakıttan çekip alabilmek için pahalı metallere, örneğin platinden yapılmış elektrotlara ihtiyaç duyar. Hollanda’daki Wageningen Üniversitesi’nden Bert Hamelers ve ekibi bu pahalı metallere aynı işi görmesi için toprakta, bitkilerin kökleri arasında yaşayan bakterilerin oluşturduğu enzimleri kullanmaya karar verir. Ekibin ihtiyacı olan şeyler: Kökleri çok derinlere gitmeyen yeşil bitkiler (çim, su kamışı vb.), güneş ışığı ve suya doymuş ıslak toprak. ıslak topraklarda gelişebilen kısa köklü bitkilerle çalışmak, kabloların ve elektrotların yerleştirilmesinde kolaylık sağlıyor. Ayrıca ıslak toprakta oksijen elementi sınırlı seviyelerde bulunuyor. Bu önemli bir husus, çünkü normalde oksijeni bol olan topraktaki bakteriler karbondioksit-

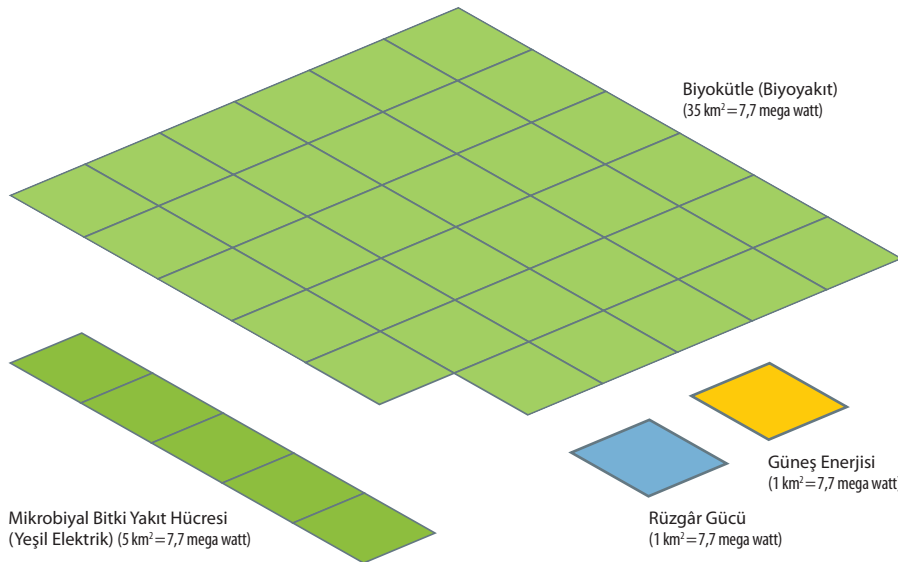
ları parçaladığı zaman açığa çıkan elektronlar oksijenle birleşerek su ve karbondioksit oluşturur. Fakat suya fazlasıyla doymuş ıslak topraklarda oksijen ya hiç yoktur ya da çok kısıtlıdır. Bu koşullarda anaerobik bakteriler karbondioksitin yanı sıra serbest protonlar ve elektronların açığa çıkmasını sağlarlar. Elektronlar normalde topraktaki sülfat ve nitratlarla etkileşir, ancak araştırmacılar bakterilerin oluşturduğu elektronları çekecek uygun elektrotları toprağa yerleştirerek bu sorunu da çözdü. Katot ve anot için grafiten yapılmış malzemeler kullanıldı. Olayı kısaca özetlemek gerekirse, her şey güneş enerjisi ve fotosentez ile başlar. Bitkiler Güneş’ten aldıkları enerjiyi organik maddeye dönüştürür ve oluşan organik maddenin neredeyse yarısı da bitki kökleri vasıtasıyla toprağa iletilir. Toprakta bakteriler organik maddeyi parçalayınca protonlar ve elektronlar atık madde olarak açığa çıkar. İşte bu elektronlar uygun elektrotlar vasıtasıyla toplanarak yan ürün olarak hem su hem de elektrik akımı üretilir (Şekil 1).



Peki bu sistemin bitkilere bir zararı var mı? Yapılan çalışmalar şimdilik bitkilerin gelişmesinde herhangi bir gerileme olmadığını gösteriyor. Hatta kablolu bitkilerin diğer bitkilere göre daha iyi geliştiği bile gözlenmiş. Ama aksini savunanlar da var. Bitkilerin fotosentez yapabilmek amacıyla ürettiği elektriğin bir kısmının uzaklaştırılması ile fotosentezin etkisinin azalacağı, bunun sonucunda da daha az gıda üretileceği düşünülüyor.

Ekonomik Boyutu

Hollandada bitki kullanılarak üretilen elektrik enerjisi şu an için 500 miliwatt/m² civarında, yani şimdilik ancak bir cep telefonunu şarj etmeye yeterli. Bu elektriği üretebilmek için araştırmanın yapıldığı binanın çatısında 16 m²'lik bir çim alan kurulmuş. Çalışma başladığından beri geçen 5 yılda, üretilen enerji 50 kat artırılmış. Elde edilen enerjinin miktarı şimdilik bir evi çekip çevirmeye yetecek kadar değil, ama çalışmalar hızla devam ediyor. Araştırma ekibinde fizikçi, çevre biyoteknoloğu, çevre teknolojisi uzmanı, elektrik mühendisi, botanik uzmanı ve mikrobiyologlar yer alıyor. "Plant Power" isimli Avrupa Birliği projesinden 4 milyon avro destek alan aynı ekip, bitki yakıt hücrelerini ticari ürün haline getirmek için "Plant-e" adında bir de firma kurmuş. Hedefleri ise çok yakın bir gelecekte 3,2 W/m² bitkisel elektrik üretebilmek. Bu hedefi tutturmak o kadar da kolay değil. Üzerinde durulması gereken birkaç önemli husus var. Öncelikle toprağa daha fazla organik madde veren bitki türlerinin kullanılması gerekiyor. Örneğin şeker pancarı bu konuda çok etkin. Topraktaki organik maddeyi en iyi şekilde parçalayan ve elektronları açığa çıkaran bakteri karışımının çok iyi ayarlanması gerekiyor ki üretilen enerjinin miktarı artsın. Yakıt hücresinin ve özellikle elektronları yakalayacak elektrotların çok iyi tasarlanması gerekiyor. Hollandalı ekip, bitkilerin köklerinin geliştiği kısımda pozitif anot olarak grafit granülleri kullanmış. Ancak kullanılan bu anot, elektronları kato-

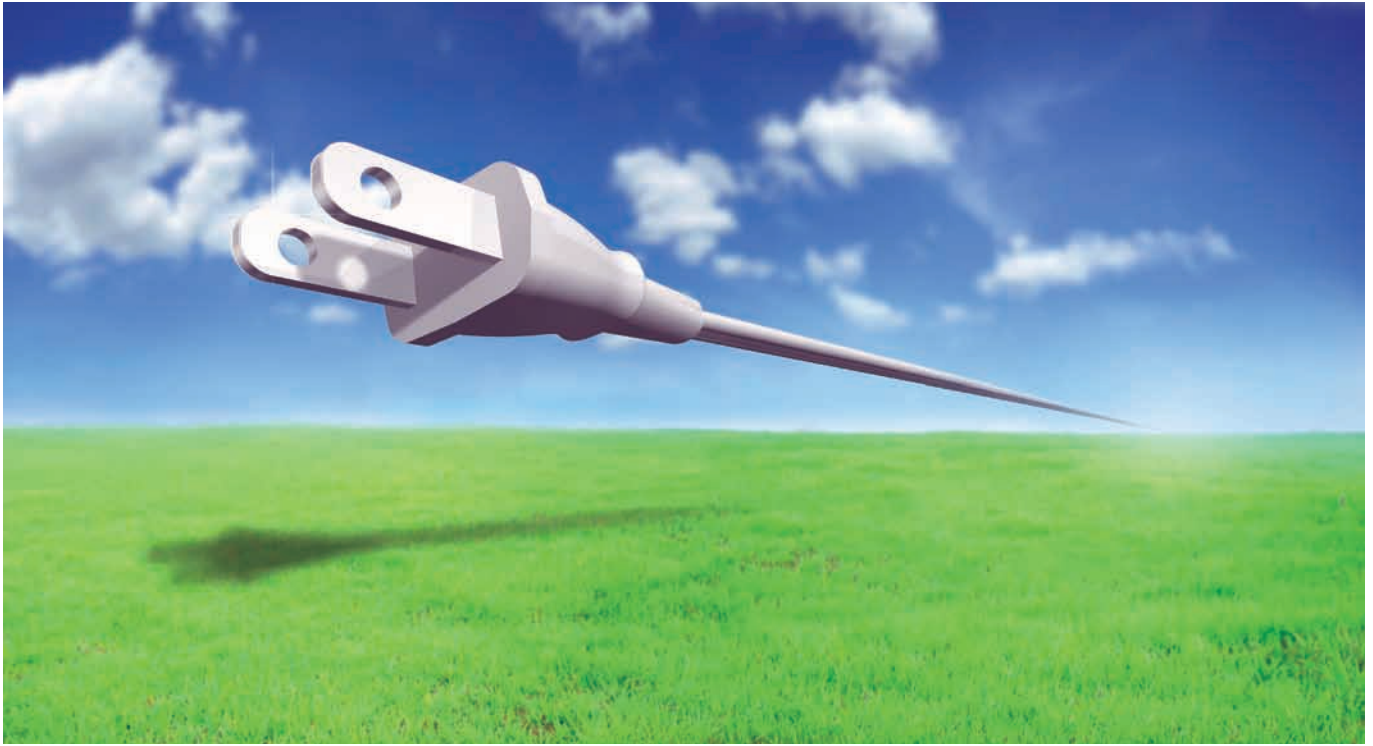


(Üstte) Şekil 1. Topraktaki elektrik akımı süreci:

Bitkiler güneş ışığını ve karbondioksiti özümseyerek dışarıya oksijen verir. Bitki kökleri toprağa organik maddeler, örneğin karbonhidrat salar. Toprakta bitki köklerine yakın yaşayan mikroorganizmalar karbonhidratları parçalayarak karbondioksit, elektron ve hidrojen iyonlarını açığa çıkarır. Elektronlar anot tarafından toplanırken, hidrojen iyonları katotlara doğru hareket eder ve orada oksijen ile birleşerek su oluşturur. Toprak altına yerleştirilen elektrotlar vasıtasıyla elektronlar toplanarak elektrik akımı üretilir.

Şekil 2. Yeşil Elektrik ve Diğerleri:

- Rüzgâr gücü ve güneş enerjisi: 1 km²'lik alandaki rüzgâr türbinlerinin ve fotovoltaik (ışıelektiriksel) güneş gözesi panellerinin ürettiği elektrik miktarı yaklaşık 7,7 mega watt
- Mikrobiyal bitki yakıt hücresi: Aynı miktarda (7,7 mega watt) enerji elde etmek için yaklaşık 5 km²'lik bitki ve bakteri kaynaklı yakıt hücresi alanı gerekir.
- Biyokütle: 7,7 mega wattlık güç üretmek için kullanılacak biyoyakıt için gerekli bitkileri yetiştirmek için yaklaşık 35 km²'lik alan gerekiyor.



da çok hızlı bir şekilde iletiyor, bu da verim kaybına neden oluyor. Uzmanlar, bu sorunun etkili bir bakteri kültürü karışımının toprağa eklenmesi ile çözülebileceğini düşünüyor. Bu şekilde elektronlar, protonlar ve oksijen daha hızlı birleşerek su moleküllerini oluşturabilir. Son olarak da bu teknolojinin büyütülmesi ve uygulamaya konulması gerekiyor. Şu anda kullanılan ve deneme aşamasındaki sistem pratikte kullanılmaya başlandığında hedeflenen üretimin ancak yarısına ($1,6 \text{ W/m}^2$) ulaşılabilir. Bu miktar, günümüzde rüzgâr türbinleri ya da güneş panelleri kullanılarak elde edilen elektrik enerjisinin yaklaşık $1/5$ 'i kadar. Ancak bitkilerin elektrik gücünün biyoyakıtlardan üretilen güçten daha etkili olduğu bulunmuş (Şekil 2). Ayrıca bitki merkezli jeneratörler inşa etmek için güneş panelleri ya da rüzgâr türbinleri için gereken yüksek teknoloji ürünlerine ve karmaşık mühendislik bilgisine de ihtiyaç duyulmuyor. Bu sistemin en dikkat çekici yanlarından biri de güneş panellerinin aksine karanlıkta da elektrik üretmeye devam etmesi. Çatıya kurulan bitki jeneratörlerinin bir yılda 14 kilowatt saat/ m^2 elektrik üretebileceği düşünül-

üyor. Hollanda'da ortalama bir evin bir yılda kullandığı elektrik yaklaşık 3500 kW saat, yani 50 m^2 'lik çim alanla kaplanmış bir çatı bu ihtiyacın neredeyse % 20'sini karşılayabilir.



Sistemin yaratıcıları çatıdaki bitki jeneratörlerinin sadece elektrik üretmekle kalmayıp başka faydalar da sağlayacağını düşünüyor. Yeşil çatıya sahip bir evin başka ne tür avantajları olabilir? İlk aklımıza gelenleri hemen söyleyelim: En başta gözü yormayan aksine dinlendiren güzel bir görüntü, fazladan izolasyon, yağmur suyunu depolama sistemi ve yabani hayat için doğal bir yaşam alanı. İleride bu sistem çayırılık alanların bulunduğu nehir kıyılarına, pirinç ve su kamışı dikili tarım arazilerine taşınabilir.

Bu tür arazilerde bitkilerin elektrik üretilmesine uygun altyapı hazırlandığı takdirde üretim kapasitesinin çok daha fazla olacağı düşünülüyor. Özellikle pirinç ve su kamışı gibi sulak ortamlarda gelişen bitkiler anaerobik bakterilerin faaliyetleri neticesinde ortama fazlaca metan gazı salınmasına neden oluyor. Bu da atmosferdeki sera gazlarının oranını artırıyor. Dünyadaki metan salımının yaklaşık % 20'si pirinç tarlalarından oluyor. Uygun anotların toprağa yerleştirilmesi ile elektronlar metan gazı üretmek yerine elektrik üretmeye başlayarak dünyamıza faydalı bir hizmet sunmuş olacak.

Ama gene de elektriğin bitkilerden üretildiği bu sistemin, küresel elektrik enerjisi ihtiyacını karşılama yolunda diğer yenilenebilir yeşil enerji kaynakları ile rekabet edebilmesi için bir hayli yol alması gerekiyor.

Kaynaklar
<http://www.newscientist.com/article/mg21328512.300-power-plants-grow-your-own-electricity.html>
<http://www.newscientist.com/article/mg21428601.200-new-leaf-the-promise-of-artificial-photosynthesis.html>
<http://arstechnica.com/science/2008/04/plants-a-source-of-electrical-power/>
<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100413121336.htm>
<http://www.youtube.com/watch?v=Ku1-MOzkTE>
 (Plant-e: living plants generate electricity)
<http://www.theenvironmentalblog.org/2012/04/electricity-generating-plants/>