

Bir Milyon Ton Güneş Paneli Nasıl Geri Dönüştürülür?

[Katja Maria Engel](#), Dr.-Ing., [Spektrum.de](#), 05.12.2024

Hazırlayan: Yüksel Atakan, Dr. Radyasyon Fizikçisi, Almanya, ybatakan4@gmail.com,
(Eklèmeler 3.Syf. en altta) 18.03.2025

Son yıllarda sayısız güneş enerjisi santrali kuruldu. Bu paneller değerli hammaddeler içeriyor, ancak yaklaşık 30 yıl sonra elektronik atık haline geliyorlar. Geri dönüşüm yöntemleri ise hâlâ deneme aşamasında.



Düz bir çatıdaki fırtına nedeniyle hasar görmüş güneş panelleri.

Hasarsız olanların bile yaklaşık 30 yıl sonra kullanım ömrü sona eriyor. Peki, o zaman onlarla ne yapılacak? Kimyager Andreas Obst, ofisinden çıkıp enstitünün arka bahçesine yürüdüğünde, özel bir güneş panelinin yanından geçiyor. Bu paneli, diğer araştırmacılarla birlikte, geri dönüşüm merkezinden getirilen eski ve parçalanmış güneş hücrelerinden üretti. Standart bir panel: Kristal silikondan yapılmış 60 hücre, %19,7 verimlilik oranına sahip. Yani fabrikadan yeni çıkan güneş hücrelerine kıyasla sadece birkaç puan geride.

Ancak Halle (Saale) kentindeki Fraunhofer Silikon-Fotovoltaik Merkezi'nin (CSP) bahçesinde duran bu 20 kilogramlık panel, Almanya'da yakında ortaya çıkacak atık miktarına kıyasla oldukça önemsiz görünüyor. Şu anda bile her yıl yaklaşık 10.000 ton eski güneş paneli geri dönüşüm tesislerine ulaşıyor. 2024 itibarıyla bu miktar altı katına çıkacak. Asıl büyük atık dalgası ise 2029 yılında, Almanya'daki ilk büyük güneş enerjisi yatırımlarının üzerinden 20 yıl geçtikten sonra gelecek. Fraunhofer Freiburg Güneş Enerjisi Sistemleri Enstitüsü'nden (ISE) Profesör Peter Dold'a göre, o dönemde Almanya'da yılda 400.000 ila 1 milyon ton güneş panelinin bertaraf edilmesi gerekecek. Ve bu rakam her yıl tekrarlanacak.

Dünya genelinde büyüyen bir atık sorunu

Tüm dünyada da önümüzdeki yıllarda çok daha fazla güneş paneli atık haline gelecek. 2040 yılına kadar dünya genelinde yaklaşık 27 milyon ton atıl güneş paneli olacağı tahmin ediliyor. Danışmanlık firması Rystad Energy'ye göre, en büyük atık yığını Çin'de birikecek; onu ABD, Japonya ve Hindistan takip edecek. Almanya ise güneş paneli atıkları sıralamasında beşinci sırada yer alıyor. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, 2050 yılına kadar dünya genelinde 80 milyon ton eski güneş paneli çöpe gidebilir. Bu miktar, dünyadaki tüm vahşi hayvanların toplam ağırlığına eşit.

Geri dönüşüm planları yavaş ilerliyor

Bu rakamlar sadece tahminlerden ibaret, çünkü atık miktarı büyük dalgalanmalar gösterebilir. Güneş panelleri zamanla eskimekle kalmıyor; tayfun, deprem ve sel gibi doğal afetler de ani kayıplara yol açabiliyor. Ayrıca, daha yüksek verimlilik sunan yeni nesil güneş panelleri nedeniyle, bazıları 20-30 yıllık ömürlerini tamamlamadan değiştirilme riski taşıyor.

Ancak tüm bu belirsizliklere ve yaklaşan büyük atık dalgasına rağmen, eski güneş panellerinin nasıl geri dönüştürüleceği konusunda çalışmalar oldukça yavaş ilerliyor. Japonya, Güney Kore, Çin ve Avustralya gibi ülkelerde güneş panelleri için ulusal çapta geri dönüşüm programları bile bulunmuyor. ABD’de ise daha çok bu atıkların mevcut atık düzenlemelerine nasıl entegre edileceği tartışılıyor. Çin ise ekonomik olarak uygulanabilir geri dönüşüm teknolojileri üzerinde çalışıyor.

Geri dönüşüm standartları yetersiz

Avrupa’da ise atık düzenlemeleri kısmen belirlenmiş durumda. Güneş panelleri, elektronik cihazlar kapsamında değerlendiriliyor ve WEEE (Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları) yönetmeliğine göre işleniyor. Ancak bu düzenlemeler şimdilik oldukça yüzeysel. Geri dönüşüm süreci genellikle panellerin sökülmesi, kabloların çıkarılması, alüminyum çerçevenin ayrılması ve camın geri kazanılmasından ibaret. Böylece toplam ağırlığın %85’inden fazlası geri dönüştürülerek yasal gereklilikler yerine getirilmiş sayılıyor. Ancak silisyum, gümüş, kalay, kurşun ve plastik gibi değerli bileşenler çoğunlukla çöpe gidiyor ya da yakılıyor.

Güneş panelleri neden geri dönüşüme uygun üretilmiyor?

Federal Çevre Ajansı’na göre, güneş panellerinde kullanılan çoğu hammadde kıt değil. Ancak yüksek saflıkta silisyum üretimi için 2000°C’nin üzerinde sıcaklıklara ulaşılması gerektiğinden, bu panelleri çöpe atmak ekonomik açıdan büyük bir israf. Silisyum, bir güneş panelinin en büyük bileşenidir ve bir ton güneş paneli atığında 25-50 kilogram arası silisyum bulunur. Ancak bunu geri kazanmak için yeniden yüksek enerji ve kimyasallar kullanılması gerekiyor.

Panellerin geri dönüşümünü zorlaştıran en büyük faktör, dayanıklı olmaları için tasarlanmış olmaları. Kum, kar, sıcak, soğuk ve nem gibi etkilere karşı korunmaları için sıkı bir şekilde lamine ediliyorlar. Ancak bu sağlam yapı, geri dönüşüm sırasında bileşenleri ayırmayı son derece zorlaştırıyor.

Yeni geri dönüşüm teknikleri

Fraunhofer araştırmacıları, güneş hücrelerinin geri kazanılabilirliğini test etmek için bir yöntem geliştirdi. İlk olarak paneller öğütülüyor, ardından cam ve silisyum elektrostatik yöntemlerle ayrılıyor. Daha sonra kimyasal aşındırma ile kaplamalar temizleniyor ve gümüş geri kazanılıyor. Son adımda, antireflektif kaplama ve yüzey emiteri kaldırılarak saf silisyum elde ediliyor. Bu malzeme daha sonra yeni güneş panelleri üretmek için kullanılabilir. Dresden merkezli Flaxres şirketi ise tamamen farklı bir yöntem kullanıyor. Güneş panellerini yüksek yoğunluklu ışık darbeleriyle ısıtarak plastik tabakaların ayrılmasını sağlıyor. Japonya’da ise 300°C’ye kadar ısıtılan bir bıçakla cam ve plastik tabaka ayrılıyor. Ancak bu yöntemlerin hiçbiri henüz ticari ölçekte uygulanabilir değil.

İkinci el kullanım bir çözüm olabilir mi?

Pek çok uzman, atık sorununun yalnızca geri dönüşümle çözülemeyeceğine inanıyor. Geri dönüşüm süreçlerini geliştirmenin yanı sıra, panellerin üretim aşamasında sökülmelerini kolaylaştıracak şekilde tasarlanması gerektiğini savunuyorlar. Hollanda ve Tayvan’daki araştırmacılar, panellerin daha kolay ayrılmasını sağlayacak "zayıf noktalar" eklemeyi test ediyor.

Ayrıca, geri dönüşüme gönderilen güneş panellerinin %10 ila %50’si aslında hâlâ çalışır durumda. Bu panellerin bazılarının verimliliği %80 seviyesinde. Almanya’da bu paneller ikinci kez sübvansede edilmediği için genellikle Afrika ve Doğu Avrupa’ya gönderiliyor. Ancak uzmanlar, bu uygulamanın büyük bir atık sorununu sadece başka bir yere taşıyabileceği konusunda uyarıyor.

Ekleme (Y.Atakan): 2018“deki yazımdan bir alıntı:

Güneş Işınlardan Elektrik Üretiminde hiç düşünülmeyen son..Milyonlarca Güneş Paneli Sonunda Ne Olacak?

İçlerinde cam, plastik, aliminyum ve silisyumun yanı sıra, kurşun, kadmiyum, antimon gibi zehirli maddeler de bulunan milyonlarca güneş paneli 25-30 yıl içinde hurdaya çıkınca, bunların çevreye olumsuz etkileri düşünülmeli ve depolanacağı yerler de geri dönüşümleri de şimdiden planlanmalı, ilgili yaptırımlar yönetmeliğe alınmalı.

Türkiye’de TUBA dahil hiç bir kurumun, güneş enerjisiyle ilgili teknik raporunda ele alınmayan bu konuyu ilk kez gündeme getiriyoruz.

Güneş ışınlarından elektrik üretimi, kaynağının tükenmemesi, bol ve ücretsiz olması, CO2 salınmaması, sadece santrallarda değil, binaların çatılarında da elektrik üretilmesi gibi olumlu yönleri nedeniyle hepimizin istediği bir elektrik üretim türü. Bu nedenlerle bugün tüm dünyada ve Türkiye’de güneş ışınlarından elektrik üretimi (özellikle fotovoltaiik yöntemle) tüm hızıyla ilerliyor. Bu konuda bizim de HBT’de yayımlanan bir dizi yazımız bulunuyor /1/.

Ancak değil sade vatandaş, bu dalda çalışan uzmanlar dahi - güneş panelleri ileride kullanım sürelerini doldurduğunda (ki bugün bile ülkemizde hurdaya çıkan çok sayıda panel vardır), **dünyada ortaya çıkacak milyarlarca hurda panelle ne yapılacak, bunlardaki kurşun, kadmiyum, antimon gibi zehirli maddelerle, cam, silisyum ve aliminyum gibi değerli maddeler geri dönüşümle tekrar kazanılacak mı,yoksa hurda panellerden çöp dağları mı ortaya çıkacak?**

Ayrıca zehirli maddelerin zamanla toprağa, bitkilere, sulara ve sonunda insana ulaşacağı da düşünülmüş ya da planlamış değil! Gelişmekte olanülkelerde hiç düşünülmeyen bu konu, gelişmiş ülkelerde son yıllarda düşünülmeye, bilimsel veteknolojik araştırmalar yapılmaya başlandı ama Japon’ya hükümeti bile hurda paneller konusunda bir planı, programı olmadığını açıkladı.

Yazının tümü için bkz: <https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/milyonlarca-gunes-paneli-sonunda-ne-olacak>