

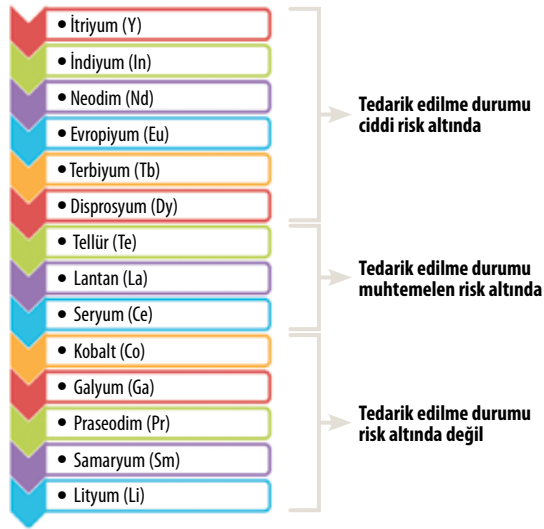


# Ender Bulunan, Duyulmamış Elementler: Tükeniyorlar ama Vazgeçilmezler

Modern hayatta farkında olmadan birçok materyale bağımlı olarak yaşıyoruz. Olmazsa olmaz dediğimiz birçok araç, gereç ve cihaz belki de birçoğumuzun ismini bile hiç duymadığı, doğada çok ender bulunabilen ya da yeryüzündeki bilinen kaynakları tükenmek üzere olan elementler kullanılarak yapılıyor. Peki bu elementler hangileri? Kaynaklar tükenmeye başladığı zaman ne yapacağız? Birçok ileri teknoloji ürünü, belirsiz bir gelecek ile mi karşı karşıya kalacak?



**T**ablet bilgisayarınızı uyku konumuna almak için açma kapama düğmesine dokunduğunuzda siz fark etmeseniz de metalik bir kimyasal element olan **evropyum (Eu)** ışıklar saçarak ekranda beliriyor. Bilgisayarınızı tekrar çalıştırmak için ekrana dokduğunuzda parmaklarınızı gelişi güzel bir şekilde **indiyum (In)** bazlı dokunmatik ekranda gezdiriyorsunuz. İnternette gezinmeye mi karar verdiniz? Birkaç saniye içinde bilgi **erbiyum (Er)** ile kaplanmış internet kablolarından ışık hızıyla geçerek önünüze akıyor. İnternette dolaşırken biraz da müzik mi dinlemek istiyorsunuz? Son teknoloji ürünü olan **neodim (Nd)** mıknatıslı kulaklıklarınızdan gelen müziğin sesiyle tempo tutmaya başladınız bile. Birçoğumuz için bunlar günlük rutinlerimizden olduğu halde çok azımız kullandığımız tüm bu ürünlerin bize sunduğu avantajların altında yatan materyallerdeki gelişmeleri merak ve takip ederiz. Ancak teknoloji harikası bu kişisel cihazların ve yeniliklerin hemen hemen hepsinin ortak bir noktası var; hepsi periyodik tablonun altlarında yer alan ve yerkürede ender olarak bulunan, pek de tanınmayan elementlere bel bağlıyor. Birçoğunuz **hafniyum (Hf)**, **erbiyum (Er)**, **tantalum (Ta)**, **teknetyum (Tc)** ve **disprosyum (Dy)** gibi kimyasal elementlerin adını belki de hiç duymadınız, ama çoğu şu anda kullandığınız aletler ve cihazlar sayesinde aslında sizlere pek de uzakta olmayabilirler. Tüm bu elementlerin isimlerini yakın gelecekte daha sık duymaya başlayacağız. Adı duyulmamış elementlere olan talep giderek o kadar artıyor ki talebin eldeki kaynakların üstüne çıkması ihtimali ile karşı karşıya kalabileceğimiz söyleniyor. Bunun nedeni olarak da insanların doymak bilmeyen bir iştahta teknolojik cihazların en son modellerini kul-



Temiz Yeşil Enerji Teknolojisinin Geleceğinin Bağlı Olduğu 14 Element

lanma arzusu ve günümüzde gittikçe popüler hale gelen yeşil enerji devrimi gösteriliyor. **Neodim** ve **disprosyumlu** manyetik mıknatıs teknolojisine dayanan tüm kulaklıklar ve bilgisayar sürücüler, güneş gözeleri, bunlara ek olarak rüzgâr türbinleri ve elektrikli hibrit araba motorları için hep bu ender bulunan elementlere ihtiyaç duyuluyor. Benzer şekilde, dokunmatik ekranların vazgeçilmezi olan **indiyum** da yeni nesil güneş gözeleri için gelecekte temel element olacağı benziyor.

Verdiğimiz bütün bu örnekler, krizin dönüm noktasına yaklaştığımızın habercisi. Neden mi? ABD Enerji Komisyonu'nun 2010 yılı sonunda açıkladığı raporda 14 elementin temiz yeşil enerji teknolojisinin geleceği için çok önemli olduğu belirtiliyor. Bunlardan özellikle 6'sının tedarik edilme durumunun ciddi risk altında olduğu vurgulanıyor. Risk altında olan bu 6 elementten 5'i de çok ender bulunan elementlerden.

Grup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H 1.008																	He 4.003	
2	Li 6.941	Be 9.012											B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16	F 19	Ne 20.18	
3	Na 22.99	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95	
4	K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.39	Ga 69.72	Ge 72.59	As 74.92	Se 78.96	Br 79.9	Kr 83.8	
5	Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc 98	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3	
6	Cs 132.9	Ba 137.3	La 138.9	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.8	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197	Hg 200.5	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209	Po (210)	At (210)	Rn (222)	
7	Fr (223)	Ra (226)	Ac (227)	Rf (257)	Db (260)	Sg (263)	Bh (266)	Hs (269)	Mt (271)	Ds (272)	Rg (272)	Uub (285)	Uut (285)	Uuq (289)	Uup (289)	Uuh (292)	Uus (292)	Uuo 0	
6	Ce 140.1	Pr 140.9	Nd 144.2	Pm (147)	Sm 150.4	Eu 152	Gd 157.3	Tb 158.9	Dy 162.5	Ho 164.9	Er 167.3	Tm 168.9	Yb 173	Lu 175					
7	Th 232	Pa (231)	U (238)	Np (237)	Pu (242)	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (249)	Es (254)	Fm (253)	Md (256)	No (254)	Lr (257)					

**Tedarik edilme durumu ciddi risk altında**

İtiryum (Y)  
İndiyum (In)  
Neodim (Nd)  
Evropyum (Eu)  
Terbiyum (Tb)  
Disprosyum (Dy)

**Tedarik edilme durumu muhtemelen risk altında**

Tellür (Te)  
Lantan (La)  
Seryum (Ce)

**Tedarik edilme durumu risk altında olmayanlar**

Kobalt (Co)  
Galyum (Ga)  
Praseodim (Pr)  
Samaryum (Sm)  
Lityum (Li)

**Elementlerin tedarik edilme durumları**

**Ender Bulunan Elementler**

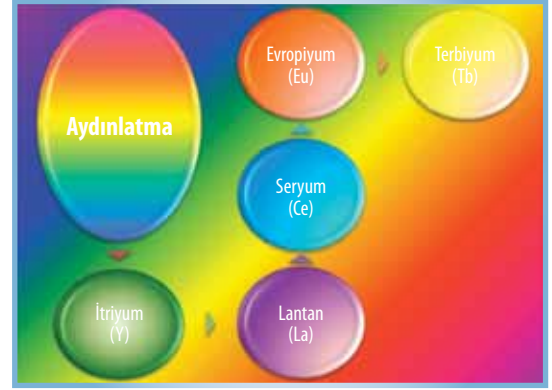
Skandiyum (Sc)  
Lütesiyum (Lu)  
Prometyum (Pm)  
Gadolinyum (Gd)  
Holmiyum (Ho)  
Erbiyum (Er)  
Tuliyum (Tm)  
İtiryum (Yb)  
Lantan (La)  
Seryum (Ce)  
Praseodim (Pr)  
Samaryum (Sm)  
Neodim (Nd)  
Evropyum (Eu)  
Terbiyum (Tb)  
Disprosyum (Dy)  
İtiryum (Y)

## İleri Teknolojinin Temelini Oluşturan Elementler

Ender bulunan elementlerden **neodim**, ilk olarak "lazer pointer"larda yeşil ışığı oluşturmak için kullanıldı. Şimdilerde ise rüzgâr türbinlerinin ve elektrikli arabaların motorlarının çalışmasını sağlayan yüksek performanslı mıknatısların içinde yer alarak yeşil enerji teknolojisinin temelini oluşturuyor. Demir ve bor ile karıştırıldığında ise klasik demir mıknatıslardan 12 kat daha güçlü mıknatıslar yapılıyor. İşte bu yüzden günümüzde üretilen dizüstü bilgisayarlar bu kadar kompakt ve hafif, aynı zamanda çok daha fazla bilginin küçücük bir alanda saklanmasını da sağlıyorlar. Neodime olan talebin % 40'ı yeşil enerji teknolojisi kaynaklı. Kişisel cihazlara olan talebin de her geçen gün arttığını düşünecek olursak, ender bulunan bu elementin tedarik edilme durumunun neden risk altında olduğunu anlayabiliyoruz.

Temiz yeşil enerji teknolojisinde kullanılan yakıt hücresi, elektrokimyasal bir enerji dönüşüm aletidir. Dışarıdan sağlanan yakıt ve oksitleyici ile elektrik üretir. Yakıt hücresinin çalışma prensibi, kataliz temeline dayanır. Reaksiyona giren yakıtın elektron ve protonları ayrılır, elektronlar bir elektronik devre üzerinden akmaya zorlanır ve böylece elektrik akımı üretilmiş olur. Yakıt hücreleri, elektrikli ve hibrit

(melez) araçlarda güç kaynağı olarak kullanılır. Platin grubundaki elementlerden **rutenyum (Ru)**, **iridyum (Ir)**, **rodyum (Rh)**, **platin (Pt)**, **osmiyum (Os)** ve **palladyum (Pd)** gibi elementler yakıt hücrelerinin katalizör olarak kullanılır.



Ender bulunan elementler listesinde olan **disprosyum**, 300°C'nin üzerinde sıcaklığa dahi dayanıklı. Bu özelliği nedeniyle, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve yüksek performanslı manyetik mıknatısların geliştirilmesindeki temel madde olarak, rüzgâr türbinlerinden bilgisayar işlemcilerine kadar çok çeşitli ileri teknoloji tasarımında yerini alıyor. Çok geniş kullanım alanı olan bu ender elementin yerine geçebilecek bir başka element henüz keşfedilmedi. Dünya üzerinde tedarik edildiği tek ülke ise Çin. Bu nedenle, kaynağı açısından en riskli element.

Fiber optik kablolar, iletimi ışık hızıyla yani saniyede 300.000 km'lik bir hızla gerçekleştirir. Bu özellikleri nedeniyle uzak mesafelere veri aktarımı için tasarlanmışlardır. **Erbiyum**, fiber optik kabloların önemli bir bileşenidir. Erbiyum ile ilgili güzel haber ise, fiber optik kablolarına olan talebin henüz diğer teknolojilere olduğu kadar fazla olmaması. Şimdilik kaynaklar talebi karşılayacak durumda, yani nispeten rahat bir nefes alabiliriz.

Bakır madenciliğinde bir yan ürün olarak elde edilen **tellür (Te)**, kadmium tellür halinde güneş gözelerinin yapımında kullanılıyor. Günümüzde etkili güneş enerjisi dönüşüm verimliliklerinin artması sayesinde güneş gözelerinin önemi ve kullanımı gittikçe artıyor. Artan bu talep karşısında uzmanlar tellürün tedarik edilme durumunun muhtemelen 2025 yılından itibaren risk altında olabileceğini tahmin ediyor.

Elektriği ve ısıyı iletmeme özelliği sayesinde bilgisayar çiplerinin, akıllı telefonların ve dokunmatik ekranlı tablet bilgisayarların vazgeçilmezleri olan **hafniyum** ve **tantalum**, Dünya'nın kabuğunda bol





Thinkstock

miktarda ve hemen hemen her yerde bulunuyor. Bu elementler için endişe edilecek bir durum yok.

Dünyada doğal olarak bulunmayan ve sadece uranyumun parçalanması sonucu elde edilebilen **teknetyum (Tc)** elementinin izomerleri ileri teknoloji tıbbi görüntüleme işlemlerinde kullanılıyor. Yarılanma ömrü sadece 6 saat olan ve 99-m adı ile bilinen teknyum izomeri, hastanın görüntülenmek istenen bölgesine enjekte edilerek o bölgenin aydınlanması ve sonuçta hastanın radyasyona maruz kalma süresinin azalması sağlanıyor. Dünya genelinde yılda 30 milyon defa gerçekleştirilen bu tıbbi işlem için gereken teknyum elementinin tedarik edilme durumu da henüz tehlike altında değil.

İndiyumun kalay oksit alaşımı, hem elektriği iletmesi hem de ışığı geçirme özelliği nedeniyle düz ekran televizyonlarda ve dokunmatik ekranlı tüm cihazlarda kullanılıyor. İndiyum diğer metallerle karıştırıldığında geçirgenliğini kaybederek tersine

ışık toplayıcı özelliğe sahip oluyor. Bu özelliği sayesinde de kadmiyum tellür, bakır, selenyum ve **galyum (Ga)** ile birlikte yeni nesil güneş gözleminin yapılmasında kullanılıyor. Günümüzde indiyum tedarik edilme durumu ciddi risk altında olan elementler grubunda, ancak 2015 yılından itibaren indiyuma alternatif olabilecek iletken polimer ve nanotel teknolojilerinin geliştirilmesi ile artık bu elementin “muhtemelen risk altında olanlar” grubuna dahil edilebileceği belirtiliyor.

Aydınlatma teknolojisinde kullanılan **evropiyum (Eu)**, **terbiyum (Tb)** ve **itriyum (Y)** elementleri, fosfor gibi ışıldayan ve parıldayan sarı, yeşil, mavi, kırmızı renklerinden dolayı eğlence dünyasının vazgeçilmezleri arasında yerlerini koruyorlar. Yeni nesil verimli ve tasarruflu enerji kullanımlı aydınlatma kapsamında, LED teknolojisinde (**Light Emitting Diode**-Işık yayan diyot, elektrik enerjisini ışığa dönüştüren yarı iletken devre elemanları) kullanılıyorlar. Ender



Thinkstock

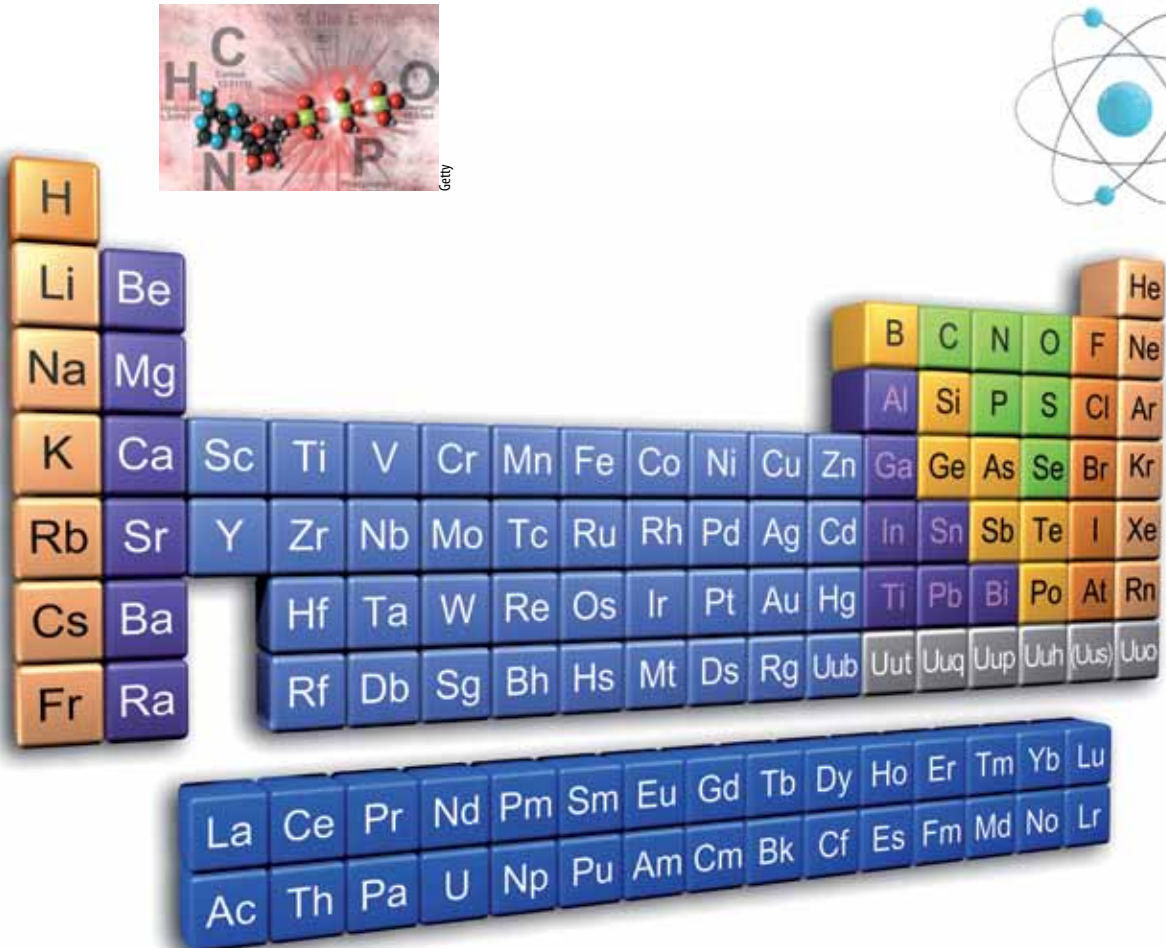


Thinkstock

## Elementlerin Periyodik Tablosu

Tek bir cins atomdan oluşmuş, kimyasal tekniklerle ayrıştırılmayan ya da farklı maddelere dönüştürülemeyen ve atom numarası ile ayırt edilen saf kimyasal maddelere element deniyor. Elementleri oluşturan bütün atomlar aynı parçacıklardan oluştuğu halde, elementleri birbirinden farklı kılan ve var olan sayısız çeşitlilikte maddeyi oluşturan şey atom çekirdeklerindeki proton sayısıdır. Bilinen elementlerin soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru artan atom numaralarına göre yerleştirildiği sistem, periyodik tablo olarak biliniyor. Her element 1 ya da 2 harften oluşan bir simgeyle ifade ediliyor ve bu simgenin ilk harfi her zaman büyük yazılıyor. Element simgelerinde genelde bu elementlerin İngilizce, Latince ya da eski dillerdeki adları temel alınmış. Bazılarına elementi bulan bilim adamının ismi, bir kısmına gezegenlerin ve yıldızların isimleri, bir kısmına da çeşitli kıta, şehir ve ülke isimleri verilmiş. Çoğu yapay olarak sentezlenen yeni elementlerin simgeleri ise 3 harften oluşuyor ve atom numaralarına karşılık gelen Latince rakamlar esas alınarak isimlendiriliyor. Günümüzde şu ana kadar 118 element tespit edilmiş durumda. Bu 118 elementten sadece ilk 94'ünün doğal olarak bulunduğu düşünülüyor.

Doğal olarak bulunan elementlerden 80'i sürekli kararlı durumda, bozulmadan kalabiliyor; diğerleri yani kararlı duruma gelinceye kadar bölünmeye devam eden elementler ise (örneğin çekirdekleri sabit olmayan, radyoaktif özellikteki uranyum, radyum ve radon gibi elementler) radyasyon yayıyor. Ayrıca, doğal olarak bulunanlardan çok daha büyük atom numarasına sahip ve nükleer tepkimelerin ürünleri şeklinde, teknolojik olarak üretilen elementler de var. Kimyasal ve fiziksel olarak birbirine benzeyen elementler periyodik tabloda dikey olarak aynı grupta yer alır. Tabloya bakıldığında, dikey olarak soldan sağa, sırasıyla en hafif gaz olan Hidrojen, Alkali Metaller, Toprak Alkali Metaller, Geçiş Metalleri, Metaller, Metaloidler, Ametaller, Halojenler ve Soygazlar yer alır. Toprakta eser miktarda bulunmaları nedeniyle "nadir toprak elementleri" olarak bilinen Lantanidler ve gene doğada çok ender bulunan Aktinidler tabloda en alttaki iki yatay sırada bulunur. Tabloda gri renkte gösterilen Transaktinidler ise uranyumdan daha büyüktür ve sadece nükleer reaktörlerde ya da parçacık hızlandırıcılarda elde edilebilirler.

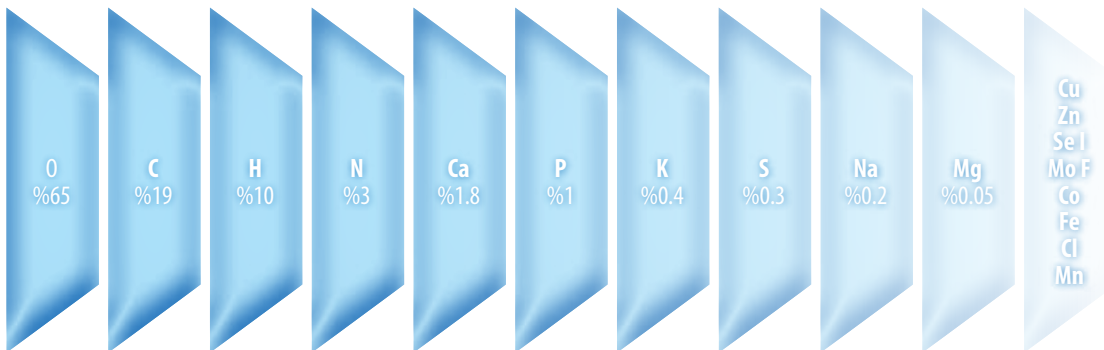


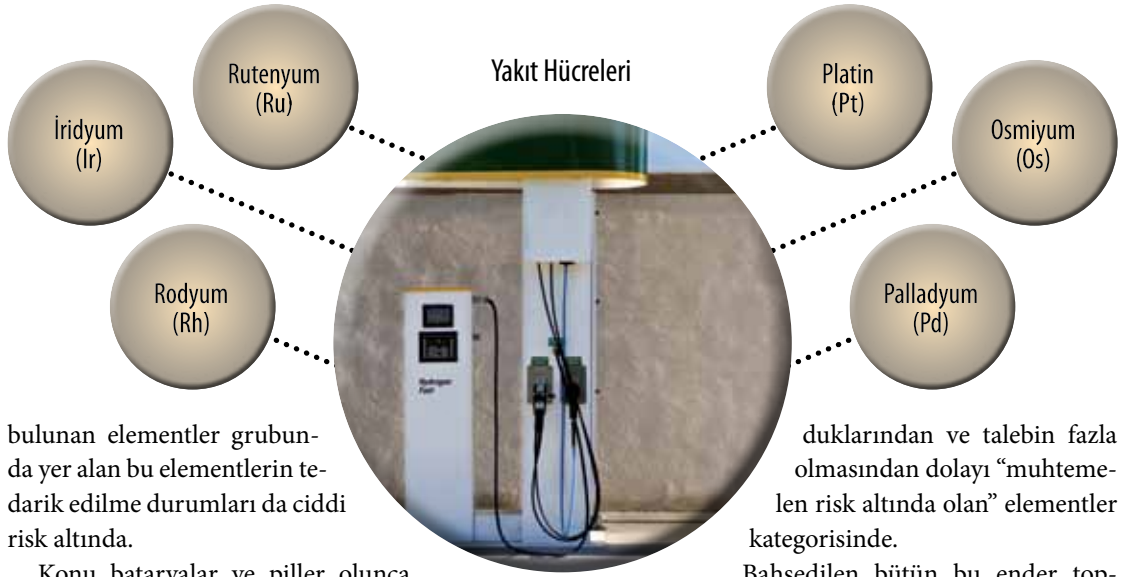


Thinkstock

## İnsan Vücudunun Vazgeçilmezi Olan ve Sağlıklı Yaşamı Simgeleyen Elementler

İnsan vücudunda bulunan ve hayatta kalmak için bağımlı olduğumuz elementler tabii çok önemlidir. Hidrojen, oksijen ve karbon vücudumuzu oluşturan başlıca elementlerdir ve yaşamın doğuşu için gereklidirler. Karbon, canlı varlıkların protein ve DNA yapısında yer alır. Hemoglobin üretmek için mutlaka demire gereksinim duyulur. Kobalt, B12 vitamini için gereklidir. Molibden, manganez ve vanadyum gibi elementler enzimlerin işlemini sağlar. Atom sayısı açısından bakıldığında, insan vücudundaki her 200 atomdan 126'sı hidrojen, 51'i oksijen, 19'u karbon, 3'ü nitrojendir. Kütleli olarak bakıldığında ise vücudumuzdaki hücrelerin % 65-90 oranında su içerdiğini görüyoruz. Bu nedenle kütlemin çoğunu oksijen oluşturuyor. İnsan kütleminin yaklaşık % 99'u oksijen, karbon, hidrojen, azot, kalsiyum ve fosfordan oluşuyor. Diğer elementler ise az miktarlarda bulunmalarına rağmen sağlıklı yaşamın devamı açısından çok önemli. Bu elementler yapımızda kendiliğinden yer aldıkları gibi onları hayatımız boyunca dışarıdan almaya da devam ediyoruz.



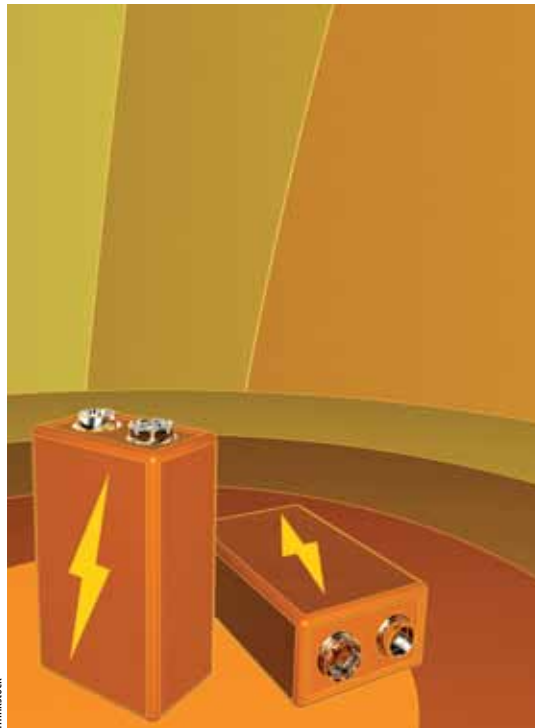


bulunan elementler grubunda yer alan bu elementlerin tedarik edilme durumları da ciddi risk altında.

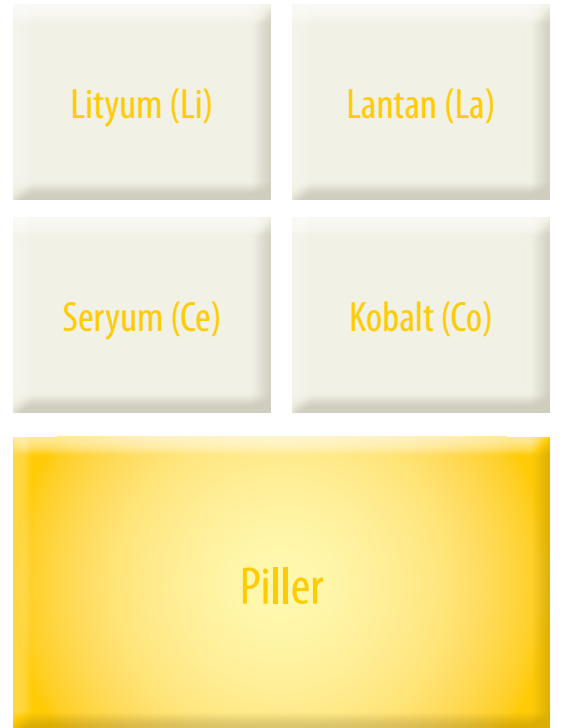
Konu bataryalar ve piller olunca ilk akla gelen element hiç şüphesiz **lityum (Li)** oluyor. Üstün enerji yoğunluğu kapasitesi sayesinde lityum iyonları dizüstü bilgisayarlarda, cep telefonlarında, ince ve kullanışlı olarak tasarlanan diğer tüm cihazlarda kullanılıyor. Fakat lityum fazla ısındığında patlayıcı olabiliyor. Bu yüzden elektrikli hibrit arabalarda kullanılması mümkün değil. İşte tam da bu noktada yeni nesil bataryaların ve pillerin üretiminde kullanılan **lanttan (La)** ve **seryum (Ce)** devreye giriyor. Bu elementler, nikel-metal-hidrür alaşımı pillerin negatif elektrotlarını oluşturuyor. Yeşil enerji teknolojisinde kullanılan lantan ve seryum, ender bulun-

duklarından ve talebin fazla olmasından dolayı “muhtemelen risk altında olan” elementler kategorisinde.

Bahsedilen bütün bu ender toprak elementleri milyarda bir oranda bile olsa yerkürenin tabakalarında bir yerlerde bulunuyor, sadece tam olarak nerede oldukları bilinmiyor. Eskiden bu elementlerin bulunup bulunmaması o kadar da önemli değildi. Bu elementlerden bazıları çok miktarlarda kullanılan alüminyum, bakır ve çinko gibi başka elementler çıkarılırken yan ürün olarak belirli miktarlarda temin edilebiliyor. Örneğin bakır çıkarılırken yan ürün olarak yeni nesil güneş gözelerinin temel bileşenlerinden olan tellür nispeten ucuz bir fiyata elde ediliyor. Peki bu endişe niye? “Kritik Enerji Elementleri” raporu şu problemin altını çiziyor: Yakın gelecekte bu elementle-



Thinkstock







Thinkstock

re olan talep karşılayabileceğimiz miktarı aşınca ekonomi radikal bir şekilde değişecek. Talep arttıkça bu elementler için doğrudan maden işletmeciliği yapmak gerekecek, bu da maliyeti çok artıracak, üstelik bu elementler için daha tam olarak nereyi kazacağımızı bile bilmiyoruz. Rapora göre sorun sadece yüksek maliyet değil. Teknolojiyi doyurmak için gerekli olan, ama tedarik durumu risk altındaki ender elementler genelde maden cevherlerinde bir arada bulunuyor. Bu tür maden cevherleri aynı zamanda uranyum ve toryum gibi birtakım radyoaktif elementleri de barındırıyor. Radyoaktif bulaşmanın yarattığı çevre ve sağlık problemleri nedeniyle bu tür ender elementlerin madenciliklerinin yapılması tehlikeli olabiliyor. Örneğin ABD'deki tek ender element madeni bu sebepten kapatılmış. Dünya ülkeleri şu anda bu tür ender elementlerin temin edimesi açısından Çin'e bağımlı. Ancak Çin de kendi teknolojik ihtiyaçlarını öne sürerek 2005 yılından beri bu tür elementlerin ihracatını kısıtlıyor. Bu durumda uzmanların ortalığı velveleye

vermesi boşuna değilmiş gibi görünüyor. Uzmanlar, bu elementlerin teknolojideki yerini başka elementlerin almasının pek de mümkün olmadığını net bir şekilde söylüyor. Peki bunun çaresi nedir, bu duruma nasıl bir çözüm bulunabilir? Uzmanlar bu tür ender elementlerden yapılan aletlerin ve cihazların geri dönüşümünün artık daha etkili bir şekilde yapılması ve elementlerin geri kazanılması gerektiğini düşünüyor. Bu elementlerin tesadüfen hem de tüm ihtiyacı karşılayacak miktarlarda keşfedileceği günler de gelebilir, ancak o zamana kadar etkili ve güvenli bir şekilde uygulanacak bir geri dönüşüm teknolojisi tek çare gibi görünüyor.



**Kaynaklar**  
<http://www.energy.gov/news/documents/criticalmaterialsstrategy.pdf>  
<http://www.swissmetalassets.com>  
<http://www.newscientist.com/article/mg21028171.700-13-exotic-elements-we-cant-live-without.html>  
<http://www.minyanville.com/dailyfeed/2011/06/20/precious-metals-is-tellurium-the/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical\\_element](http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_element)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Periodic\\_table](http://en.wikipedia.org/wiki/Periodic_table)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Composition\\_of\\_the\\_human\\_body](http://en.wikipedia.org/wiki/Composition_of_the_human_body)