

Nanoteknoloji enerji tüketimini azaltıyor

# AYDINLATMADA LED DEVRİMİ

Kahraman Yapıcı-Fatma Bentli

*Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi Başkan Yardımcısı Yrd. Doç. Dr. Hilmi Volkan Demir ve öğrencileri Sedat Nizamoglu, Tuncay Özel ve Emre Sarı aydınlatma alanında devrim olarak nitelendirilebilecek bir bilimsel çalışmaya imza attılar.*

*Demir ekibinin nanoteknoloji ile ürettiği, nanokristalli LED'ler (Işık Yayan Diyot-Light Emitting Diode), ısıyı ışığa dönüştüren normal ampulün aksine, elektrik enerjisini doğrudan ışığa çeviriyor. Çalışma sayesinde "ampul değiştirmek" tarih olacak. Bu tür LED tabanlı ışık kaynaklarının ömrünün günde 12 saat aydınlatması koşulu ile en az 23 yıl sürmesi bekleniyor. Demir ve öğrencilerin çalışması dünyanın prestijli bilimsel yayın organlarından "Nanotechnology" Dergisi'nin 14 Şubat 2007 baskısında da kapak konusu oldu.*

*Yrd. Doç. Dr. Demir, çalışmanın önemini, "Şu an dünyada enerjinin yüzde 20'si aydınlatmada kullanılıyor. LED bazlı ışık kaynağıyla bu miktarı yüzde 50 azaltmak mümkün. Dünyada yaklaşık 2 milyar insansa elektriğe ulaşıyor, evlerinde güvensiz, sağlıklı, ışık kalitesi çok düşük yakıt bazlı aydınlatma sistemlerini kullanıyor. Elektrik gereksinimi çok az olan LED bazlı beyaz ışık kullanımıyla bu sorunlar azalabilir" sözleriyle ortaya koydu.*

*Mevcut ampullerin insan gözünün fark edemeyeceği kızıl ötesi alanları da aydınlatma dikkat çeken Demir, "Görmediğimiz bir dalga boyu aradığımız aydınlatmış oluyoruz ve verdiğimiz enerjinin çoğu ısı ile kayboluyor. İşi-*

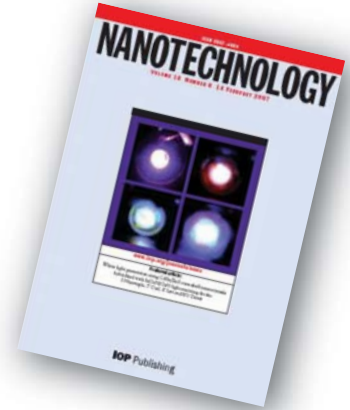
*mize yaramıyor. LED'lerde ise dalga boyunu kontrol edebilme olanağımız var. Bunların içerisinde kuantum yapıları var. Onların içeriklerini ve boyutlarını kontrol ederek hangi dalga boyunda ışık vereceklerini çok iyi ayarlıyoruz" diye konuştu.*

*DYO ile ortak çalışmada fotokatalitik yaklaşımla çalıştıkları "kendini temizleyen yüzeylerden" bahseden Demir, nanoteknolojik yüzeyin, kirlenmesinin ardından optik aktivasyonla kendi kendini temizleyebildiğini kaydetti. Demir, yüzeyin aynı zamanda kendisine temas eden küresel ısınma için tehdit oluşturan gazları da parçalayarak, yok ettiğini belirtti.*

*Nanoteknoloji ile gerçekleşmesi beklenen bilimsel ve teknolojik sıçramayı EMOEnerji Dergisi'ne anlatan Demir, nanoteknoloji ürünlerinin*

*bilgisayarlar gibi yaşamımızın bir parçası haline geleceğine işaret etti. Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde aygıtların tasarımından, üretilmesine kadar tüm aşamaların gerçekleştirilebildiği ve nanoteknoloji alanında önemli bir bilgi birikimi sağlandığını ifade eden Demir, nanoteknoloji alanında Türkiye'ye "beyin göçü" başladığına dikkat çekti.*

*Stanford Üniversitesi'nde doktora-sını tamamladıktan sonra Türkiye dönerek, Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde çalışmalarını yürüten Yrd. Doç. Dr. Hilmi Volkan Demir, genç bilim insanlarının önemli temsilcisi olarak değerlendiriliyor. Kamuoyunda "genç mucit" olarak tanınan Demir, EMOEnerji Dergisi'nin sorularını yanıtladı.*



### EMO Enerji: Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde kendi grubunuz içerisinde yürüttüğünüz çalışmalar hakkında bilgi verebilir misiniz?

**Demir:** Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde farklı çalışma gruplarımız var. Benim araştırma grubum Aygıt ve Sensörler Grubu (Demir Grubu) diye de geçiyor. Benim grubumda araştırma odağımızı, inovasyonu (yenilikçiliği) yüksek, çip (yonga) üstünde, hem fotonik ve optoelektronik hem radyo frekansında sensör ve aygıtlar oluşturuyor. Bunların içerisinde nano ve mikro yapılar var; bu aygıtları yaparken de hep son uygulamaya yönelik çalışıyoruz. Dolayısıyla malzemeden başlıyoruz. Onun fabrikasyonu, testi, sistem içine yerleştirilmesi süreçlerinin hepsini yapıyoruz ve aygıtı tamamlayana kadar işleme devam ediyoruz. Tüm basamakları merkezimizde yaptığımız için avantajlıyız ve inovasyonu daha da ön plana çıkarabiliyoruz.

Tabii bu, araştırma grup üyelerimizin ve öğrencilerimizin yoğun çalışması anlamına geliyor. Ancak bunun karşılığı, örneğin, şu an bizim grup üyelerinin yarısından çoğu buluş yaparak mucit oldu. Bunun için, yeni patent başvurularımız süreçte. Türkiye'den dünya literatürüne, bilim ve teknolojisine katkıda bulunacak yeni, yani dünyada ilk olan çalışmaları, yapmak bizim için önemli. Dolayısıyla üzerinde çalıştığımız konularımızı, çalışmalarımızı, çözümlerimizi ona göre seçiyoruz. Yani bizim çabamız ve iddiamız yaptığımız her şeyin ilk olması ya da ilgili konuda dünya rekoru kırılmasıdır. Yaklaşımımız, Türkiye'den dünyaya açılan bir pencere olmak. Grubumuz şu an 18 kişi. 3 tam zamanlı araştırma mühendisimiz var. Bunlar elektrik mühendisi ya da fizik mühendisi. Tam zamanlı olarak araştırma yapıyorlar. 2 tane doktoralı araştırmacımız var. Bir araştırmacımız Japonya'da doktorasını aldı. Daha sonra Fransa ve İngiltere'de çalıştı. Şimdi Türkiye'de bizimle çalışıyor. Ayrıca şimdilik uzaktan çalıştığımız Türkiye'ye gelecek olan Çin asıllı bir

araştırmacımız var. Şu anda Amerika'da çalışıyor ve bu gerçek anlamda beyin göçü. Yani bu zamana kadar biliyorsunuz genelde bizler dışarı giderdik; şimdi ümidimiz dışarıdan bize araştırmacı gelmesi. Biliyorsunuz, yurt dışına bilimsel anlamda çok iyi olamayan yerlere doktora ya da araştırma için gidenler var. Ancak şimdi Türkiye'de çok güzel altyapılar oluşuyor, dünya çapında başarılı araştırma yapan gruplar ve üniversiteler var ve bu çalışmalar ve üniversiteler dünya akademik çevrelerinde kabul görüyor. Bunlar, Türkiye'de dünya çapında doktora ve araştırma çalışması yapmak için gerçekten çok iyi fırsatlar.

American Scientist Journal'da Bilkent Üniversite ile ilgili yayımlanan bir yazıda araştırma grubumuz ve çalışmalarını ile ilgili bilgi veriliyor. Bunun üzerine Amerika'dan Çin asıllı araştırmacı, bizim ile iletişime

"Tüm dünyada aydınlatmaya harcanan enerji miktarı yüzde 20 civarında. LED'lerin verimliliği ampullere göre, 1'e 10 mertebesinde daha iyi. Başka faktörler de göz önünde bulundurulursa LED kullanımı ile elektrik enerjisinde yüzde 50 kadar tasarruf imkanı sağlanabilir. Türkiye'de sadece sokak aydınlatmalarında bile yüzde 50 tasarruf, 187 milyon YTL gibi çok ciddi rakamlara karşılık geliyor. Ancak, teknik olarak, sokak aydınlatması için yüksek optik güç gerekiyor. İleriye yönelik yüksek optik güç elde edilmesi konusunda çalışmalar sürüyor."

geçti ve çok etkilendiğini söyleyerek, bizimle çalışmak istediğini ilettili. İşte onun üzerine başladık. Türkiye'de şu an mevcut olan altyapı ve proje desteklerini kullanarak da dünya çapında çalışma yapmak mümkün. Üniversitenin altyapısını ve olanaklarını kullanıyoruz. Kendimiz yeni altyapılar ekliyoruz. Fizik ve Elektrik Mühendisliği bölümlerinin laboratuvarlarını kullanıyoruz. Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde bulunan laboratuvarlarda Türkiye'de tek olan cihazlarımız var. Örneğin, GaN kristal büyütmesi için kullanılan cihazın yardımı ile atom üstüne atom koyarak bir malzeme yapmamız mümkün oluyor.

### EMO Enerji: Geçen yıl yakından görme fırsatım olmuştu.

**Demir:** Evet, bu bizim için önemli. Bu altyapı sayesinde tasarladığımız aygıtların malzemesini oluşturabiliyoruz. Bu altyapı, hocamız Prof. Dr. Ekmel Özbay tarafından kuruldu. Hocamızın sayesinde malzemeyi Bilkent'te büyütebiliyoruz. Sonrasında fabrika edip, aygıt haline getiriyoruz ve çalıştırıyoruz. Hepsini merkez bünyesinde, "kendi evimizde" yapmış oluyoruz. Dışarıya bağımlılık yok. O açıdan önemli.

### EMO Enerji: Enerji alanına yönelik çalışmalarınızın da olduğunu biliyoruz. Nanokristaller ile beyaz ışık üretimi projesi hakkında bilgi verirseniz, seviniriz. Beyaz ışığın enerji tüketimini ciddi oranda azaltması ve tungsten lambalarının yerini alması beklenebilir mi?

**Demir:** Çalışmalarımız kapsamında nanokristal katkılı beyaz ışık verebilen LED bazlı ışık kaynakları geliştirdik. Bu nanokristaller çok küçük. Boyutları yaklaşık 1 nanometreden 10 nanometreye doğru değişiyor. Bu çalışmamız TÜBİTAK tarafından destekleniyor. Ayrıca, Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı Nanofotonik Mükemmeliyet Ağı'nda (PHOREMOST) nanokristal katkılı aygıtlar konusunda çalışma lideri olarak çalışıyoruz.

Bu nanokristaller ile melezleştirdiğimiz LED'leri burada tasarlayıp, büyütüp, üretiyoruz. Yaptığımız çalışmanın önemli olduğunu düşünüyorum. Çünkü biliyorsunuz aydınlatmaya çok enerji harcıyoruz. Tüm dünyada aydınlatmaya harcanan enerji miktarı yüzde 20 civarında. Geliştirdiğimiz ledlerin verimliliği mevcutlara göre, 1'e 10 daha iyi. Başka faktörler de göz önünde bulundurulursa elektrik enerjisinde yüzde 50 kadar tasarruf imkanı sağlanabilir.

Sokak aydınlatmaları için Türkiye'de harcanan enerji miktarı 2006 yılında 4 bin 515 gigavat saatmiş, karşılığında harcadığımız para ise 374 milyon 718 bin 421 YTL. Sadece sokak aydınlatmalarında bile yüzde 50 tasarruf, 187 milyon YTL gibi çok ciddi rakamlara karşılık geliyor. Şunu da söylemeliyim bilimsel olarak, sokak aydınlatması için yüksek optik güç gerekiyor. İleriye yönelik çalışmalarımız bu probleme değiniyor.

Şu an biliyorsunuz iki tür ışık kaynağı var. İlki Edison'un sistemini temel alan bizim ampul dediğimiz, ısıtma yoluyla ışıtan lambalar. Bir de flüoresan tekniği var. Flüoresan tekniğinde ışık üretmek için gazlı ortamdan elektrik geçiyoruz ve iyon oluşturuyor. İyon flüoresan

malzemeye çarpıyor, o ışık veriyor. Şimdi, bu iki yöntem de ileride bu tür LED bazlı ışık kaynaklarıyla tamamen değiştirilecek ve değiştirildiği zamanda bu yüzde 50 mertebesinde enerji tasarrufu sağlayacak.

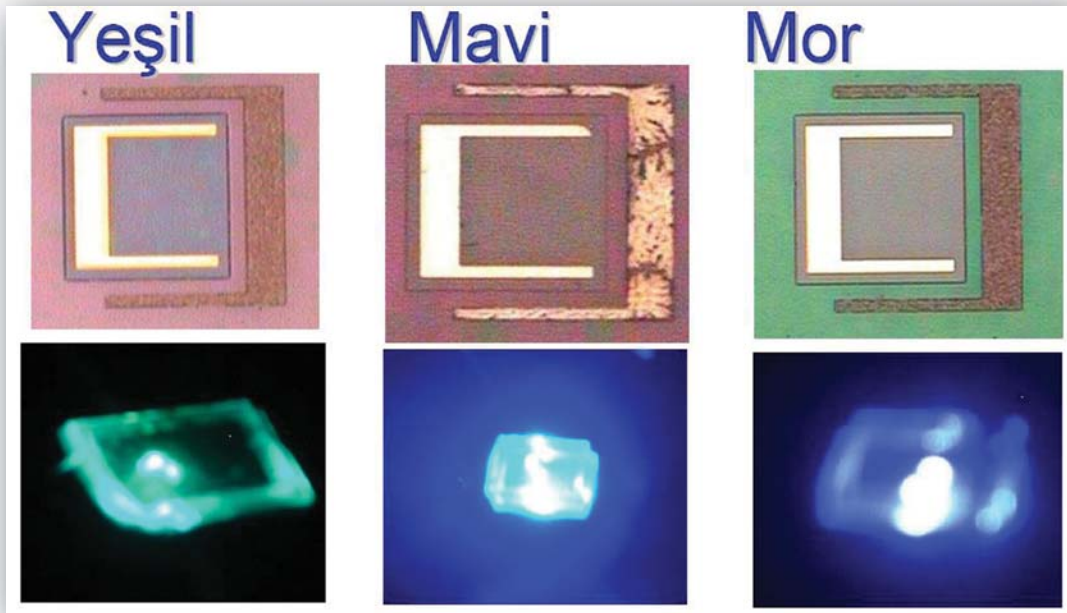
Bu gelişmiş ülkeler için çok kritik. Çünkü gelişmiş ülkelerde biliyorsunuz, örneğin Amerika'yı alırsak çok sabit bir büyüme söz konusu. Ama enerji kaynakları sınırlı. Dolayısıyla, bunun devam ettirilebilir, sürdürülebilir olması için şu an Amerika'da onların Enerji Bakanlığı bu tür LED bazlı çalışmalar için çok büyük yatırımlar yaptılar.

Bir de gelişmemiş ülkeler var. Orada aslında durum insanlık adına daha da kritik. Dünyada yaklaşık 2 milyar insanın elektriğe ulaşımı yok, elektrikleri yok. 2 milyar insan elektrikleri olmadığı için normal ev aydınlatmalarında yakıt tabanlı sistemler kullanıyorlar. Yakıt tabanlı aydınlatmanın problemleri var. Birincisi, sağlıklı değil. İkincisi, güvenli değil. Üçüncüsü, pahalı. Dördüncüsü de oluşan ışığın kalitesi kötü. Yani hem parayı çok veriyorsun hem de karşılığını almıyorsun. Şimdi, bunu çözmek için 1999 yılında "Light up the World" (Dünyayı Aydınlatalım) diye bir vakıf kuruldu. Vakıf, bu tür elektriği olma-

yan, teknolojilerin çok geri kalmış olduğu yerlerde bu tür LED bazlı ışık kaynakları kullanarak, çok az enerji kullanarak bunu yapmanın mümkün olduğunu savunuyor ve bunun örneklerini de yaptılar.

Dolayısıyla, bu tür ışık kaynakları enerji tasarrufu ile hem gelişmiş ülkeler hem de gelişen ülkeler için kritik. Bu tür bir yüksek enerji tasarrufu sağlayan ışık kaynağı oluşturduğunuz zaman daha az enerji terminaline ihtiyacınız var ve daha az enerji terminaline ihtiyacınız olduğu için başka yerlere daha çok yatırım yapabilirsiniz. O yüzden Amerika ve Avrupa'da bu çalışmalar çok önemseniyor.

Biz de farklı yönleriyle çalışıyoruz. Biz burada nanokristal katkıları ile melezleştirdiğimiz LED'lerimizin renk özelliklerini değiştirerek, beyaz ışık kaynakları yapabiliyoruz. Bizim bu elde ettiğimiz ışık kaynakları çok kaliteli. Kalite parametresi olarak kullanılan renk dönüşüm indeksi, mevcut ürünlerde (örneğin, fosforlu LED için) yüzde 70 iken bizim çalışmamızda bizim nanokristal katkılandırmasıyla yaptığımız LED'lerde, renk dönüşüm indeksinde yüzde 80 ve üstüne çıkabiliyoruz. O açıdan önemli. Artı, bu elde ettiğimiz beyaz ışığın operasyon noktasını, renk di-





yagramında, istediğimiz gibi oynatabiliyoruz. Mesala, daha “sıcak beyaz” aydınlatma yapma şansımız var. Daha sıcak beyaz görünmesini istiyorsanız, ona göre kaydığımız operasyon noktaları var. Daha soğuk beyaz görünmesini istiyorsanız onları ayarlamamız mümkün. Yani tam kontrollü bir şekilde yapabiliyoruz. Renk kalitesini daha yüksek yapabiliyoruz. Bu dünyada daha önce hiç yapılmamıştı, ilk kez gerçekleştirmiş olduk.

Bu çalışmamız Nanotechnology adlı saygın bilimsel bir dergi tarafından da kapak yapıldı. Nanoteknolojinin çok disiplinli yanına atıfta bulunan bu dergi, aynı zamanda uluslararası indekslere kabul edilen bu tarz ilk disiplinlerarası nanoteknoloji konulu dergidir. Öğrencilerim Sedat Nizamoğlu, Tuncay Özer ve Emre Sarı ile geliştirdiğimiz bu çalışma bu dergi de kapak oldu. Çalışma, dünyada ilk olduğu ve önemli bulunduğu için editörler bize bir jest yaptılar ve kapağa koydular, özellikli makale diye yayımladılar.

#### **EMO Enerji: Mevcut lambaların çalışma ömrü ile sizin çalışmanızı kıyaslayabilir misiniz?**

**Demir:** Bizim şu an kullandığımız ampullerin ömürleri 1000 saat mertebesinde. Bu LED türü ışık kaynaklarında ise bu rakamı 100 bin saate çıkarmak mümkün. Varsayalım bir yerde günde 12 saat ışık kaynağını kullanıyorsunuz. Bu varsayım 365 günden bu 23 yıl yapıyor. Mevcut ampuller çok sık değiştiriliyor. Böyle bir ışık kaynağı ise 23 yıl çalışabiliyor. Başka avantajları da var. Tasarıma göre, genelde çok tanesi aynı pakete konuluyor. Öyle olunca bir tanesi bozulsun bile diğerleri orada olduğu için daha uzun süre dayanabilir. Örneğin ev aydınlatmasında kullanılan lambaları değiştirmeyeceğiz. Çünkü 23 yıl sonra zaten o ürünü kullanmayacağız. Yani biz şimdi lamba değiştirip duruyoruz, bu durum ortadan kalkacak.

Bu durum otomotiv sanayisi için de çok enteresan, çünkü iç aydınlatmanın ötesinde araçların dış aydınlatmaları, ön farları, arka farları LED’lerle yapılacak. 5 yıl içerisinde

bu değişim gerçekleşecek ve şu anda birçok otomobil firmasının bu konuya yoğunlaştığını biliyoruz.

Mevcut ampullerdeki temel problemlerden biri de, yaydığımız ısının aslında bizim görmediğimiz aralıkta da ışıması. Kızılötesinde de ışıması var. Biz onu görmüyoruz. Yani, görmediğimiz bir aralığı dalga boyu aralığını aydınlatmış oluyoruz ve ısı olarak büyük kayıp var. İşimize yaramıyor. Dolayısıyla oradan da enerji kaybımız var. LED’le aydınlatmada ise ışıdığı dalga boyunu çok iyi ayarlayabilirsiniz. Bizim ürettiğimiz LED’lerde dalga boyunu kontrol edebilme olanağımız var. Bunların içerisinde kuantum yapıları var. O kuantum yapılarının boyutları birkaç nanometre, onların içeriklerini ve boyutlarını kontrol ederek hangi dalga boyunda ışık vereceklerini çok iyi ayarlıyoruz.

#### **Küresel Isınmaya Nanoteknoloji Çözümü**

##### **EMO Enerji: Küresel ısınma için de herhalde önemli olsa gerek.**

**Demir:** Evet, yani küresel ısınma için de bu LED bazlı ışık kaynakları kritik. Enerji tasarrufu bu mertebede olunca o zaman daha az enerji üretmeye ihtiyacımız oluyor. 2025 yılında tüm dünyanın karbon emisyonunun bu tür LED bazlı ışık kaynaklarının kullanımından doğan enerji tasarrufu nedeniyle yaklaşık yıllık 300 milyon ton azalacağı düşünülüyor.

##### **EMO Enerji: Sonuçta son tüketiciye yansıtacak maliyet konusunda öngörünüz var mı?**

**Demir:** Evet, güzel bir soru. Zaten üzerinde çalışılan bölüm bu. Biz araştırma yapıyoruz. Direkt maliyet hesabı yapamıyoruz. Üretilecek ürün sayısı arttıkça maliyetler düşüyor. Amacımız bunların hepsini mali açıdan da karşılanabilir hale getirmek. Ama şu an daha başlangıcı olduğu için tabii ki bir ampulün fiyatı bizim ürettiklerimize kıyasla çok daha düşük. Ancak mavi LED ve sarı fosfor kullanılarak elde edilen beyaz ışığın toplam maliyeti,

doğru tasarımla şu andaki tekniklerin çok altına düşürülebilir. Ligt up the World Vakfı’nın bu tekniği tercihinin temel nedeni zaten maliyet.

Örneğin flüoresan aydınlatmada çok ciddi bir enerji kaybı var. Işık her tarafa yayılıyor. Bunu biraz olsun azaltmak için, yansıtıcı yüzeyler kullanılıyor. LED kullanımında ise ışığı doğru yönlendirebilmeniz mümkün. Doğru tasarımla enerji tasarrufunu yüzde 90, 95’lere çıkarmak mümkün olabilir. Bire bir her ampulü gidip LED’le değiştirmek yerine, aydınlatmayı tekrar planlamak verimliliği artırıyor. Konuya ilişkin araştırmalar sürüyor, şimdi LED’lerden daha çok optik güç (daha etkin aydınlatma) çıkaracak teknikler üzerinde çalışmalar yoğunlaşıyor.

#### **EMO Enerji: Fotokatalitik yaklaşımla elde ettiğiniz kendini temizleyen yüzeylere ilişkin çalışmanızdan bahseder misiniz? Yüzeylerin kendini temizliyor olmasının çevreye ne gibi katkıları oluyor?**

**Demir:** Bu konudaki çalışmalarını DYO ile birlikte yapıyoruz. Bizim DYO ile yaptığımız projede, fotokatalitik nano parçacık katkılı yüzeylerin optik olarak aktivasyonları ile temizlenme özellikleri üzerinde çalışıyoruz. Şu an ortak patent başvurularımız da var. Burada önemli olan nano parçacıkların çok iyi dağıtılabilmesini sağlamak. Kirli zeminin üzerinde optik aktivasyon ile temizlenmesini sağladık. Yüzde 90 ve üzeri gibi ciddi temizlenme oranlarına ulaştık. Bu kir, yüzeye yerleşen organik malzemeler, biyolojik atıklar olabilir, virüs olabilir.

Aslında bu çalışmanın en önemli sonuçlarından biri küresel ısınmayla bağlantılı. Bu nano kaplamanın etkileşim halinde olduğu hava ya da su içerisinde bulunan, örneğin karbondioksit, karbon monoksit, azot oksit gibi istenmeyen gazları da temizliyor. Yurtdışındaki bir araştırma enstitüsünün de bilimsel olarak gözlemediği, istenmeyen gazların temizlenebilmesi özelliği önümüzdeki yıllarda oldukça kıymetli olacak. Gerçekten küresel ısınmaya neden

olan gazların bu şekilde miktarlarını ciddi oranlarda azaltmak mümkün hale geldi.

DYO, nanoteknolojik ürün olan bu boyaları şu an Hollanda'ya, Belçika'ya, Lüksemburg'a ihraç ediyor. Avrupa ülkelerine boya satmak Türkiye için düşünilemeyecek bir şeydi. Bu noktaya gelmesinin temel nedeni ise nanoteknolojinin sağladığı katma değerdir. DYO ile ortak çalışmasında araştırma grubumdan öğrencilerim Sümeyra Tek, İbrahim Murat Soğan-çı ve Evren Mutluguin yer alıyor.

### Nanoteknoloji Büyük Sıçramaya Neden Olacak

**EMO Enerji: Katıldığınız bilimsel toplantılarda nanoteknolojinin modern insan yaşamını buhar makinelerinden ve bilgisayarlardan çok daha fazla etkilemesini beklediğinizi dile getiriyorsunuz. Bu konuyu biraz açabilir mısınız?**

**Demir:** Şimdi anlatacağım büyük ölçüde, Merrill Lynch adlı Amerika'da bağımsız ekonomik analiz yapan bir şirketin değerlendirmesi. İnsan hayatında büyük sıçramalara neden olan büyük bilimsel ve tekno-

lojik gelişmeler ancak yüzyılda 2 defa olabiliyor. 18'inci yüzyılda tekstil ve demir yolları var. Ardından otomobil, bilgisayar geliyor. Devrimsel kuvvetlerin sonuncusunun ise nanoteknoloji olması bekleniyor. Bilgisayar mikroelektronik teknolojisi de yavaş yavaş ilerleyen yıllardan sonra doygunluk dönemine girecek. Henüz başlangıç devresinde bulunan nanoteknoloji, bilgisayarlar gibi hayatımızın önemli bir parçası haline gelecek.

Sanayi devrimlerine bakınca boyutların hep küçüldüğünü görüyoruz. Buhar makinesinden başlayarak makine imalat sanayi, otomasyon, bunlar hep metre, milimetre mertebesinde. Sonra bilgisayar teknoloji geldiği zaman bin kat küçültülüyor ve milimetreden bin kat küçülünce mikrometreye geliyor. Şimdi nanoteknoloji ile mikrometrenin binde bir olan nanometre mertebesine iniliyor. Ve bir nanometre dediğimiz zaman metrenin milyarda biri, yani 10 üzeri eksi 9. 1 nanometreye yaklaşık 2 ya da 3 atom sığabiliyor. Bu boyutlarda farklı kuantum özelliklerini ya da elektromanyetik özelliklerini çıkarıp, kullanabilmek önemli. Her oluşan yapının mutlaka kendisinin nanometrik olması gerekmiyor. İçinde nanometrik boyutlu yapılar var ve bu yeni bir özellikler katıyorsa, bu bir nanoteknoloji ürünüdür.

İnsanlık, teknoloji ilerledikçe daha küçük yapıları yapılabiliyor, bunları kontrollü üretebilir hale geliyor. Burası biz bilim insanları için ayrıca enteresan. Çünkü bu boyutlara gelince oda sıcaklığında kuantum etkilerini görmeye başlıyorsunuz ve bu tür nanometrik yapılar içeren malzemelerin özellikleri doğada yığın halinde bulunan malzemelerin özelliklerinden çok farklı hale getirilebilir. O açıdan önemli. Yani, o atlamayı, sıçramayı bununla yapabileceğiz. Burada önemli olan yeni işlevi kullanabilmek. Yani bu malzemeyi yapmak, aygıt yapmak, sistem yapmak. Bu boyuttan kaynaklanan yeni özelliği işlevsel olarak kullanmak.

Örneğin karbon nanotüplerini ele alırsak, 1 gram nanotüpün toplam yüzeyi bir futbol sahasını kaplayabiliyor. Üzerinde çalıştığımız nanokristallerle aynı malzemenin sadece boyunu farklılaştırarak, farklı renklerinden ışık vermesini sağlayabiliyoruz. Dünyada her yıl üretilen veriyi CD'lere depolasak ve CD'leri üst üste koymaya kalksak, 1000 kilometrelik bir sütun elde ederiz. İleride aynı veriyi bir kesme şekeri boyutunda nanoteknolojik malzemeye sığdırmak olası.

Mikro elektronik sanayinin üretimi için çok büyük yatırımlar gerekiyor. Nanoteknolojinin bu yönü de çok farklı. Konusuna göre, çok daha düşük yatırımlarla çok büyük farklar, katma değerler elde edilebilir.

**EMO Enerji: Türkiye'nin nanoteknoloji trenini kaçırıp kaçırmadığı konusunda neler söylenebilir?**

**Demir:** Araştırma olarak, çalışılan konuların bazılarında, gerçekten çok iyiyiz. Yapılan çalışmalar, yayınlar, uzmanlık ve bilgi üretimi açısından Türkiye'de belli bir noktayı yakaladık. Ancak sonuçta Türkiye'deki araştırmacı sayımız, hem üniversitelerde hem de özellikle şirketlerde sınırlı. Avrupa, Amerika veya Japonya ile karşılaştığımız zaman daha çok araştırmaya ve araştırmacıya ihtiyaç olduğu görülüyor. Türkiye'de daha çok belirli konulara odaklanarak çalışmak faydalı olacaktır. Türkiye için kritik olan bu odaklı çalışma konularını ve uzmanlık alanlarını artırmak önemlidir. ■

