

# Nano Eğitim; Yarının Liderlerini Yetiştirmek...

Prof. Dr. Adil Denizli

TÜBA Asli Üyesi

Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü Biyokimya Ana Bilim Dalı

Prof. Dr. Handan Yavuz

Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü Biyokimya Ana Bilim Dalı



“Öğrenciler yükselen teknolojinin önderleridir. Genellikle mezun olduklarında nelere ihtiyaçları olduğunu bizden daha önce bilirler.”

Anette Hosoi, MIT.nano

Nanobilim ve nanoteknoloji bilim ve mühendislik alanında en hızlı gelişim gösteren konulardan birisidir ve enerji, tıp, çevre bilimleri, biyoteknoloji ve diğer alanlarda öncülük etmektedir. Bu alanların önemli bir ortak özelliği nanoölçekte çalışma ve algılama için kimya, fizik ve biyoloji gibi temel alanları birleştiren disiplinler arası bir konumda olmalarıdır. Nanoölçekli yapılar daha büyük benzerlerinden çok daha farklı özellikler gösterirler. Bu özelliklerin tümü bilim adamlarının cezbetmektedir ve nanoteknolojinin dünya ekonomisinin büyük bir parçasını oluşturacağı yönündeki algı artmaktadır.

Nanoteknolojinin özellikle ilginç olan bir yönü dünya çapındaki giderek artan etkisidir. Amerika Birleşik Devletleri nanoteknolojinin ilk öncüsüdür ve ulusal politikayı yönlendirmek üzere Ulusal Nanoteknoloji İnisiyatifinin gelişimini hızlandırmıştır. Amerika Birleşik Devletleri özellikle inovasyon anlamında öncü konumunu korumakla birlikte diğer ülkelerde de bu alanda hem bilimsel hem de teknoloji önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Avrupa Birliği’nin de nanoteknolojiyi bilimde öncelikli olarak konumlandığı Avrupa Komisyonu’nun desteklediği 1 milyar €’luk Graphene Flagship projesinden de anlaşılabilir. Ayrıca dünya çapında araştırma gruplarının uluslararası işbirlikleri söz konusudur. Tüm bunlar birlik-

te düşünüldüğünde bu belirteçler nanoteknoloji ve nanobilimde dünya çapındaki ekosistemi yansıtmaktadır.

Nanobilim araştırmaları ile ilgili diğer bir özgün karakteristik de temel bulgularla uygulama arasındaki sürenin olağanüstü kısa olmasıdır. Buna bağlı olarak da günümüzde nanobilim mezunlarının kolaylıkla iş bulabileceği çok sayıda nanoteknoloji temelli şirket görmektediriz.

Kurulan bilgi temelli şirketler disiplinler arası evrensel çeviriciler olarak çalışabilecek eleman arayışındadır. Hızla artan teknolojik gelişmeler geleneksel disiplinler arası sınırları belirsizleştirirken önceki uzmanlıkları da modası geçmiş kılmaktadır. Bu durum aynı zamanda hem “sert” hem de “yumuşak” doğal bilimler disiplinlerinin bazı özel konulara lisans düzeyinde yer vermesi gerekliliğini doğurmuştur.

Nanoteknolojinin toplumsal potansiyelinin tamamını yakalamak için nanobilim eğitimi ve öğretiminin, nanoteknolojinin dünya ölçeğinde küresel etkisine odaklanmak önemlidir. Nanoteknoloji eğitimi ve öğretimindeki tartışmaların çoğu sürekli değişen ve kaybolan geleneksel konularda temel öğrenme hedeflerini içeren eğitim programlarının tasarlanması üzerinedir. Aynı zamanda 21. yüzyılda başarılı olmak için nanoteknoloji eğitimi üzerinde sadece teknik ihtiyaçlar için değil aynı zamanda küresel ihtiyaçların da daha iyi karşılanması sağlayacak iyi eğitilmiş işgücünü elde etmek üzere yol haritasını ortaya koymak için daha fazla araştırma ve tartışma gereklidir.

## Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi

Eğitim, nanoteknoloji ve nanobilim alanlarında ilerleme ve küresel ekonomideki rolünü güçlendirmek için uzun süredir önemli bir etken olarak görülmektedir. Pek çok ülkede ortaöğretim seviyesinden lisansüstü seviyeye kadar tüm eğitim kademelerinde eğitim programları geliştirmeye artan bir ilgi söz konusudur. Nanobilimin disiplinler arası doğası gereği genel bir çaba mevcut derslerin arasına nanoteknoloji kavramlarını içeren yeni dersler entegre ederek standart müfredat geliştirmektir. Ders ve ders araçları geliştirme, öğretmenlerin eğitimi ve ilgili konuların da ayrıca düşünülmesi gereklidir.

Nanoölçekli yapılar daha büyük benzerlerinden çok daha farklı özellikler gösterirler. Bu özelliklerin tümü bilim adamlarını cezbetmektedir ve nanoteknolojinin dünya ekonomisinin büyük bir parçasını oluşturacağı yönündeki algı artmaktadır.

Bu pedagojik özelliklere ek olarak genel olarak nanobilim ve nanoteknolojinin yönü ve geleceği hakkında cevapsız sorular vardır. Bir öneri gelecek nesil bilim adamlarının eğitimi için etkin eğitim platformlarının geliştirilmesi olmuştur. Nanoteknoloji sektörünün başarılı gelişimi, farklı öğrenci gruplarını çekerek hazır yetenek havuzlarını oluşturmak için yetenek eğitimi, öğrencilerin teknik ve teknik olmayan farklı kariyerlere hazırlanmasını gerektirecektir. Daha yüksek düzeylerde nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi alışılagelmiş olarak araştırma pozisyonlarındaki bilim adamları ve mühendislerle odaklanmış olmakla birlikte ekonomik güç olarak nanoteknolojinin gelişimi daha geniş aralıkta farklı bilimsel ve bilimsel olmayan temelleri ve eğitim gereksinimlerini içermektedir. On yılı aşkın bir süredir nanobilim merkezleri farklı eğitim modellerinin denenmesi için bir platform sağlamakta ve gelecek programlara temel oluşturacak bir kütüphane sunmaktadır.

Çeşitli yazarlar geçen yıllarda Avrupa’da nanoteknoloji eğitimi envanteri konusunda yayınlar yapmışlardır. Veriler Avrupa üniversitelerindeki nanoteknolojiye olan ilgiyi yansıtmaktadır. Halihazırda Avrupa bilim, teknoloji, inovasyon politikası ajandası HORIZON 2020 programına odaklanmıştır (2014-2020). Bu yaklaşık 80 milyar €’luk program, mükemmel bilim, endüstriyel liderlik ve toplumsal büyük sorunları hedeflemektedir.

İhtiyaçlar tarafında ise çeşitli çalışmalar akademik ve endüstriyel işverenlerin nanoteknoloji öğretim ve eğitilmiş personel ihtiyaçlarını değerlendirmiştir. Bu anketlerin muhatapları genellikle yönetsel, akademik ve büyük ve küçük şirket temsilcilerinin bir karışımıdır (Çizelge 1).

Çizelge 1. İncelenen organizasyonlar

|                                            |                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diyalog ve iletişim</b>                 | Diyalog ve iletişim uzmanları<br>Sivil toplum<br>Medya<br>Politik ve toplumsal enstitüler                                                                                                                           |
| <b>Düzenleme</b>                           | Bakanlıklar (sağlık, çalışma, tüketici koruma vb.)<br>Avrupa Komisyonu (sağlık, çalışma, tüketici koruma vb.)<br>Onaylanmış kuruluşlar/müfettişler/otoriteler<br>Politik kuruluşlar<br>Uluslararası organizasyonlar |
| <b>Bilim-Teknoloji-İnovasyon birimleri</b> | Bakanlıklar (eğitim, bilim, ekonomi konuları)<br>Avrupa komisyonu (eğitim, bilim, ekonomi konuları)<br>Ulusal araştırma programları/ağları<br>Destek fonları<br>Endüstriyel kuruluşlar                              |

Temel soru şudur; “yakın ve orta gelecekte uzman çalışan gerektiren ve diğer işverenler (endüstriyel, akademik ve eğitimci olmayan) için nanoteknolojiye özgü hangi bilgi ve yetenekler gerekiyor ve gerekecektir?”

Bu soru daha alt sorulara da ayrılabilir;

Geçen 5 yılda nanoteknoloji alanında aktif olan işveren türleri ve yakın ve orta gelecekte devam edip edemeyecekleri;

Bu sektörlerin hangi tür nano-bağlantılı konularla ilgilendikleri;

Her bir kategori için hangi nanoteknoloji bilgisinin ve yeteneklerinin gerektiği;

Başka hangi soruların tartışılabileceği.

Nano-bağlantılı eğitim ve öğretim gerektiren organizasyonlar temelde “diyalog ve iletişim”, “düzenleme” ve “bilim, teknoloji ve inovasyon” olarak üçe ayrılabilir. Bu birimler nanoteknolojinin “ekosistemi” olarak adlandırılabilir ve her bir birimin kendi oyuncuları vardır. Bu kapsamda her bir birimin üstlendiği role göre nanoteknoloji eğitiminden beklentiler Çizelge 2-4’te özetlenmiştir.

Çizelge 2. Diyalog ve iletişim oyuncularının öğrenmek isteyebileceği konular

|                           |                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nanoteknoloji</b>      | Nanopartikül atıkları<br>Grafen, üçüncü-dördüncü nesil nanomalzemeler gibi yeni alanlar<br>Nanorisk yönetimi<br>Nanotoksikoloji<br>Nanomalzemeler<br>Nanobilim<br>Nanoteknolojinin yasal ve sosyal yönleri<br>Basın için nanoteknoloji   |
| <b>Doğal bilimler</b>     | Doğal bilimler eğitimi<br>Güvenlik<br>Maruz kalma mekanizmaları<br>Sürdürülebilir üretim<br>Fiziksel özellikler<br>Fiziksel/matematiksel eşitlikler<br>İklim değişimi<br>Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GMO’lar)<br>Yapay biyoloji |
| <b>Yönetim becerileri</b> | Yasal temeller<br>Düzenleme<br>Kimyasalların yönetimi<br>Çevresel diplomasi<br>Risk iletişimi<br>Bilim politikası                                                                                                                        |
| <b>Pratik beceriler</b>   | Medya eğitimi<br>İletişim                                                                                                                                                                                                                |

Temel soru şudur; "yakın ve orta gelecekte uzman çalışan gerektiren ve diğer işverenler (endüstriyel, akademik ve eğitimci olmayan) için nanoteknolojiye özgü hangi bilgi ve yetenekler gerekiyor ve gerekecektir ?"

Çizelge 3. Düzenleyicilerin öğrenmek isteyebileceği konular.

|                           |                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nanoteknoloji</b>      | Nanobilim<br>Nanomalzemeler<br>Nanotoksikoloji<br>Nanorisk yönetimi<br>Nanobesinler<br>Nanonun sosyal yönleri<br>Nanobilim ve nanoteknolojinin tarihi<br>Nanoyönetim<br>Nanoteknolojide toplumsal yükümlülükler            |
| <b>Doğal bilimler</b>     | Güvenlik<br>Maruz kalma mekanizmaları<br>Risk yönetimi<br>Diğer disiplinlerin terminolojisi<br>Fiziksel özellikler<br>Kalıcı organik kimyasallar<br>Yükselen ve birleşen teknolojiler<br>Yeni teknolojilerin risk yönetimi |
| <b>Yönetim becerileri</b> | Düzenleme<br>Kimyasalların yönetimi<br>Tedbir önerileri<br>Hükümetlerin nasıl çalışacağı                                                                                                                                   |
| <b>Pratik beceriler</b>   | İletişim<br>Ağ becerileri<br>Teknik etkinlik organizasyonu                                                                                                                                                                 |

Çizelge 4. Bilim-Teknoloji-İnovasyon öncülerinin öğrenmek isteyebileceği konular.

|                           |                                                                                                                     |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nanoteknoloji</b>      | Nanobilim<br>Nanomalzemeler<br>Nanorisk yönetimi<br>Nanonun sosyal yönleri<br>Nanoteknolojinin özgün teknik yönleri |
| <b>Doğal bilimler</b>     | Doğal bilimler eğitimi<br>Güvenlik<br>Diğer disiplinlerin terminolojisi                                             |
| <b>Yönetim becerileri</b> | Düzenleme<br>İnovasyon stratejileri<br>Ekonomi<br>Yönetim<br>Patentleme                                             |
| <b>Pratik beceriler</b>   | Zaman yönetimi<br>Program yönetimi<br>Finansal deneyim/bütçe<br>Kazanç becerileri                                   |

## Sonuç

Nanoteknoloji ile ilgili olarak bu bilgi ve yeteneklerin eğitimi için tercih edilen yollar değişkendir. Bu çalışmaları benimseyen organizasyonlar nadiren özgün nanoteknoloji eğitimi almış eleman çalıştırırlar. Ancak bazıları lisansüstü mezunu ve nano-ilgili alanlarda Ar-Ge deneyimi olanları işe almaktadırlar. Mevcut işverenler için farklı öğrenme yolları şunlarla ilgili olabilir:

özgün kurslar, konferanslar, personel için projeler;

iş üzerinde eğitim/yaparak öğrenme ve

organizasyon içinde/dışında ağ/soru uzmanları

Organizasyonlar üniversitelerde verilen nanoteknoloji müfredatı için bazı katkılar vermektedir. Öğrencilerin disiplinler arası takımlarda nasıl çalışılacağını öğrenmeleri gereklidir. Bu farklı disiplinlerden profesörler arasında kafe-tarzı tartışmalarda düşünülebilir. Bazı organizasyonlar üniversite müfredatına gerek seçeneğe bağlı gerek zorunlu sosyal ve ekonomik yönlerin dahil edilmesini tercih edebilir.

Görünüşe göre çalışmaların da nanomalzeme ve nanoteknoloji konularıyla karşı karşıya olan çalışanlar ve eğiticilerin eğitilmesi için birbirinden farklı açılardan bu çalışmalara dahil olmaları gerekiyor. Ayrıca bu birimlerin her biri için takip edilmesi ve doldurulması gereken büyük boşluklar bulunuyor.

## Kaynaklar

- Schönborn K.J., Höst, G.E., Palmerius K.E.L., Nano education with interactive visualization, NanoToday (2016) 11, 543-546.
- Malsch I., Nano-education from a European perspective: nano-training for non-R&D jobs, Nanotechnol Rev (2014) 3(2) 211-221.